

Recommandations relatives au

# **TRANSPORT DES MARCHANDISES DANGEREUSES**

Manuel d'épreuves et de critères

*Cinquième édition révisée*



**NATIONS UNIES**  
New York et Genève, 2009

**NOTE**

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

ST/SG/AC.10/11/Rev.5

Copyright © Nations Unies, 2009

*Tous droits réservés.*

*Il est interdit de reproduire, de stocker dans un système de recherche de données ou de transmettre sous quelque forme ou par quelque moyen que ce soit, électronique, électrostatique, mécanique, enregistrement magnétique, photocopie ou autre, un passage quelconque de la présente publication, aux fins de vente, sans avoir obtenu au préalable l'autorisation écrite de l'Organisation des Nations Unies.*

PUBLICATION DES NATIONS UNIES
Numéro de vente : F.09.VIII.3
ISBN 978-92-1-239123-6
ISSN 1014-7179

## AVANT-PROPOS

Les "Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses, Manuel d'épreuves et de critères" complètent les "Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses, Règlement type" et le "Système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques (SGH)". Elles contiennent des critères, des méthodes d'épreuve et des procédures qu'il convient d'appliquer pour classer les marchandises dangereuses conformément aux dispositions des Parties 2 et 3 du Règlement type, et pour classer les produits chimiques qui présentent des dangers physiques selon le SGH.

Élaboré à l'origine par le Comité d'experts du transport de marchandises dangereuses du Conseil économique et social, qui a adopté la première version en 1984, le Manuel d'épreuves et de critères a été régulièrement mis à jour et modifié. Actuellement, sa mise à jour est effectuée sous l'égide du Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses et du système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques, qui remplace le comité d'origine depuis 2001.

La présente cinquième édition révisée comprend tous les amendements à la quatrième édition révisée adoptés par le Comité à ses deuxième et troisième sessions en 2004 et 2006 (publiés sous les symboles ST/SG/AC.10/11/Rev.4/Amend.1 et ST/SG/AC.10/11/Rev.4/Amend.2) et ceux adoptés à sa quatrième session en 2008 (ST/SG/AC.10/36/Add.2 et -/Corr.1).

Les nouveaux amendements contiennent entre autres des dispositions mises à jour pour les épreuves et le classement des piles au lithium métal et des piles au lithium ionique (sous-section 38.3), de nouvelles méthodes d'épreuves applicables au matériel de transport (quatrième partie), un test supplémentaire pour l'attribution du code de classification 1.4S à certains objets (section 16, épreuve sur un colis sans confinement), une nouvelle épreuve pour déterminer, aux fins de classement, s'il faut considérer les matières pyrotechniques comme étant des compositions éclair (appendice 7), ainsi que diverses autres dispositions mises à jour.



## TABLE DES MATIÈRES GÉNÉRALE

<u>Section</u>	<u>Page</u>
1. INTRODUCTION GÉNÉRALE (Introduction, Plan du Manuel, Ordre de prépondérance des caractéristiques de danger, Sécurité, Conditions générales relatives aux épreuves, Méthodes d'épreuve recommandées et Communication des données) .....	1
<b>PREMIÈRE PARTIE : PROCÉDURES DE CLASSEMENT, ÉPREUVES ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES ET OBJETS EXPLOSIBLES DE LA CLASSE 1</b> .....	<b>7</b>
10. INTRODUCTION À LA PREMIÈRE PARTIE (Objet, Domaine d'application, Procédure d'acceptation dans la classe 1, Procédure d'affectation à une division de la classe 1, Exemple de rapports d'épreuve) .....	13
11. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 1 (pour déterminer si une matière a des propriétés explosives) .....	31
12. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 2 (pour déterminer si une matière est trop insensible pour être classée dans la classe 1) .....	51
13. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 3 (pour déterminer si une matière est stable à la chaleur et n'est pas trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée) .....	71
14. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 4 (pour déterminer si un objet, un objet emballé ou une matière emballée sont trop dangereux pour le transport) .....	127
15. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 5 (pour déterminer si une matière peut être affectée à la Division 1.5) .....	133
16. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 6 (pour affecter une matière ou un objet aux Divisions 1.1, 1.2, 1.3 ou 1.4 ou pour l'exclure de la classe 1) .....	149
17. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 7 (pour déterminer si un objet peut être affecté à la Division 1.6) .....	165
18. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 8 (pour déterminer si une émulsion, une suspension ou un gel de nitrate d'ammonium servant à la fabrication d'explosifs de mine (ENA) est suffisamment insensible pour être classé dans la division 5.1 et pour déterminer si cette matière peut être transportée en citernes) .....	185
<b>DEUXIÈME PARTIE : PROCÉDURES DE CLASSEMENT, ÉPREUVES ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES AUTORÉACTIVES DE LA DIVISION 4.1 ET AUX PEROXYDES ORGANIQUES DE LA DIVISION 5.2</b> .....	<b>207</b>
20. INTRODUCTION À LA DEUXIÈME PARTIE (Objet, Domaine d'application, Procédure préliminaire, Procédure de classement, Exemples de rapports d'épreuve) .....	213
21. ÉPREUVES DE LA SÉRIE A (pour déterminer s'il y a propagation de la détonation) .....	227
22. ÉPREUVES DE LA SÉRIE B (pour déterminer s'il peut y avoir détonation dans l'emballage) .....	243

**TABLE DES MATIÈRES GÉNÉRALE (suite)**

<b><u>Section</u></b>	<b><u>Page</u></b>
23. ÉPREUVES DE LA SÉRIE C (pour déterminer s'il peut y avoir propagation de la déflagration).....	247
24. ÉPREUVES DE LA SÉRIE D (pour déterminer s'il y a déflagration rapide dans le colis) .....	259
25. ÉPREUVES DE LA SÉRIE E (pour déterminer quelle est la réaction au chauffage sous confinement) .....	261
26. ÉPREUVES DE LA SÉRIE F (pour déterminer la puissance explosive) .....	279
27. ÉPREUVES DE LA SÉRIE G (pour déterminer s'il peut y avoir explosion sous l'effet de la chaleur dans le colis) .....	303
28. ÉPREUVES DE LA SÉRIE H (pour déterminer la température de décomposition auto-accélérée ou point de décomposition exothermique).....	309
<b>TROISIÈME PARTIE : PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX CLASSE 2, CLASSE 3, CLASSE 4, DIVISION 5.1, CLASSE 8 ET CLASSE 9 .....</b>	<b>331</b>
30. INTRODUCTION À LA TROISIÈME PARTIE (Objet, Domaine d'application) .....	337
31. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX AÉROSOLS INFLAMMABLES DE LA CLASSE 2.....	339
32. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES EXPLOSIBLES DÉSENSIBILISÉES LIQUIDES ET AUX LIQUIDES INFLAMMABLES DE LA CLASSE 3 .....	355
33. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS À LA CLASSE 4.....	367
34. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES COMBURANTES DE LA DIVISION 5.1.....	385
35. <i>Section réservée pour les procédures de classement, les méthodes d'épreuve et les critères relatifs à la classe 6.....</i>	<i>397</i>
36. <i>Section réservée pour les procédures de classement, les méthodes d'épreuve et les critères relatifs à la classe 7.....</i>	<i>399</i>
37. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES DE LA CLASSE 8.....	401
38. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS À LA CLASSE 9.....	405

**TABLE DES MATIÈRES GÉNÉRALE (suite)**

<b><u>Section</u></b>	<b><u>Page</u></b>
<b>QUATRIÈME PARTIE :MÉTHODES D'ÉPREUVES APPLICABLES AU MATÉRIEL DE TRANSPORT.....</b>	419
40. INTRODUCTION À LA QUATRIÈME PARTIE (Objet, Domaine d'application) .....	423
41. ESSAI DYNAMIQUE DE RÉSISTANCE AUX IMPACTS LONGITUDINAUX DES CITERNES MOBILES ET DES CONTENEURS À GAZ À ÉLÉMENTS MULTIPLES (CGEM) .....	425
 <b>APPENDICES</b>	
Appendice 1 CARACTÉRISTIQUES DES DÉTONATEURS NORMALISÉS.....	437
Appendice 2 MÉTHODE BRUCETON ET ESSAI DE COMPARAISON DES ÉCHANTILLONS.....	441
Appendice 3 CAVITATION DES ÉCHANTILLONS .....	445
Appendice 4 CORRESPONDANTS NATIONAUX POUVANT FOURNIR DES PRÉCISIONS SUR LES ÉPREUVES .....	449
Appendice 5 EXEMPLE DE MÉTHODE D'ESSAI POUR LE DIMENSIONNEMENT DES DISPOSITIFS DE DÉCOMPRESSION .....	451
Appendice 6 PROCÉDURES DE PRÉSÉLECTION .....	457
Appendice 7 ÉPREUVE HSL DES COMPOSITIONS ÉCLAIR.....	463





## SECTION 1

### INTRODUCTION GÉNÉRALE

*NOTA : La présente introduction générale s'applique uniquement aux première, deuxième et troisième parties du Manuel d'épreuves et de critères et à ses appendices 1 à 7. Au cours de sa seconde session (10 décembre 2004), le Comité d'experts du transport des marchandises dangereuses et du système général harmonisé de classification et d'étiquetage des produits chimiques a décidé d'ajouter au Manuel une nouvelle quatrième partie relative aux méthodes d'épreuves applicables au matériel de transport.*

#### 1.1 Introduction

1.1.1 L'objet de ce document est de présenter le système ONU de classement de certaines catégories de marchandises dangereuses et de décrire les méthodes d'épreuve et procédures jugées les plus utiles pour fournir aux autorités compétentes l'information nécessaire au classement correct des matières et objets présentés au transport. Le Manuel d'épreuves et de critères devrait être utilisé en relation avec la dernière version des Recommandations relatives au transport des marchandises dangereuses (ci-après désignées "Recommandations") et du Règlement type annexé à ces Recommandations (ci-après désigné "Règlement type").

1.1.2 Il faut remarquer que le Manuel d'épreuves et de critères n'est pas une formulation concise de procédures d'épreuve aboutissant infailliblement à un classement correct des produits. Cela suppose donc que l'autorité chargée des épreuves soit compétente, et cela lui laisse la responsabilité du classement. L'autorité compétente pourra renoncer à exécuter certaines épreuves, modifier les conditions d'épreuve, et prescrire des épreuves supplémentaires si elle le considère nécessaire pour obtenir une évaluation fiable et réaliste des risques présentés par un produit. Dans certains cas, on peut appliquer une procédure de présélection à échelle réduite pour décider s'il y a lieu ou non d'exécuter des épreuves de classement à pleine échelle. Des exemples de procédures figurent dans l'introduction à certaines séries d'épreuves ainsi que dans l'appendice 6.

#### 1.2 Plan du Manuel

1.2.1 Les dispositions relatives aux procédures de classement, aux méthodes d'épreuve et aux critères se rattachent à trois parties :

Première partie : celles qui ont trait à l'affectation des matières ou objets explosibles à la classe 1.

Deuxième partie : celles qui ont trait à l'affectation des matières autoréactives à la division 4.1 et des peroxydes organiques à la division 5.2.

Troisième partie : celles qui ont trait à l'affectation des matières ou objets à la classe 2, classe 3, classe 4, division 5.1, classe 8 ou classe 9.

La troisième partie comprend certaines procédures de classement, des méthodes d'épreuve et des critères qui figurent également dans le Règlement type. On trouvera également dans le Manuel plusieurs appendices concernant les informations communes à différents types d'épreuves, les correspondants nationaux pour les conditions d'épreuves, un exemple de méthode de dimensionnement des dispositifs de décomposition d'urgence pour les citernes mobiles destinées au transport des peroxydes organiques et des matières autoréactives, ainsi que les procédures de présélection.

1.2.2 Le système d'attribution des codes identifiant les épreuves est celui indiqué dans le tableau 1.1.

**Tableau 1.1 : CODES DÉSIGNANT LES ÉPREUVES**

Partie du Manuel	Série d'épreuves	Type	Numéro	Exemple de code d'identification
1ère	1 - 8	a), b), etc.	i), ii), etc. <sup>a</sup>	2 a) i)
2ème	A - H	-	1, 2, etc.	A.1
3ème	L - T	-	1, 2, etc.	L.1

<sup>a</sup> *Lorsqu'un type d'épreuve ne comprend qu'une seule épreuve, les chiffres romains ne sont pas utilisés.*

1.2.3 Chaque épreuve est affectée d'un code unique et est décrite comme suit :

- x.1 Introduction
- x.2 Appareillage et matériels
- x.3 Mode opératoire (avec indication des observations à effectuer et des données à recueillir)
- x.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats
- x.5 Exemples de résultats

*NOTA : Il n'est pas normalement donné d'exemples de résultats pour les épreuves sur les objets, car ces résultats s'appliquent spécifiquement à l'objet éprouvé et ne permettent pas de contrôler la validité de la procédure d'épreuve. Pour ce qui est des résultats d'épreuve sur les matières, ils peuvent différer de ceux cités en exemple si la forme physique, la composition, le degré de pureté, etc. de la matière est lui-même différent. Les résultats cités ne doivent donc pas être considérés comme des normes.*

**Figures** x.1, x.2, x.3, etc. (schémas et dessins relatifs à l'appareillage, etc.)

*NOTA : Sauf autre mention, les cotes indiquées sur les figures sont en millimètres.*

### 1.3 Ordre de prépondérance des caractéristiques de danger

1.3.1 On pourra se baser sur le tableau dans le paragraphe 2.0.3.3 du chapitre 2.0 du Règlement type pour déterminer la classe dont relèvent les matières, mélanges ou solutions présentant plus d'un risque qui ne sont pas répertoriés dans la liste des marchandises dangereuses du chapitre 3.2 du Règlement type. Pour ces marchandises, cependant, le plus rigoureux des divers groupes d'emballage correspondant à ces risques a prépondérance sur les autres, quel que soit l'ordre de prépondérance des risques indiqué au tableau du paragraphe 2.0.3.3 du chapitre 2.0 du Règlement type.

1.3.2 Le tableau d'ordre de prépondérance des caractéristiques de danger du chapitre 1 ne s'applique pas aux matières et objets énumérés ci-après, car leur caractéristique principale de danger a dans tous les cas prépondérance :

- Matières et objets de la classe 1;
- Gaz de la classe 2;
- Matières explosibles désensibilisées liquides de la classe 3;
- Matières autoréactives et matières explosibles désensibilisées solides de la division 4.1;
- Matières pyrophoriques de la division 4.2;
- Matières de la division 5.2;
- Matières de la division 6.1 ayant une toxicité à l'inhalation correspondant au groupe d'emballage I;
- Matières de la division 6.2;
- Matières de la classe 7.

1.3.3 Les matières autoréactives, à l'exception de celles du type G, qui donnent un résultat positif dans l'épreuve d'échauffement spontané s'appliquant à la division 4.2, ne doivent pas être classées dans cette dernière mais dans la division 4.1 (voir le paragraphe 2.4.2.3.1.1 du Règlement type). Les peroxydes organiques du type G ayant des propriétés d'une autre classe ou division (par exemple : le No ONU 3149) doivent être classés conformément aux dispositions relatives à cette classe ou division.

## **1.4 Sécurité**

1.4.1 Afin de garantir la sécurité du personnel de laboratoire, le fabricant ou le demandeur, pour toute nouvelle matière à classer, devrait fournir toutes les données de sécurité dont il dispose sur cette matière (données de toxicité par exemple).

1.4.2 Surtout lorsqu'une matière est présumée avoir des propriétés explosives, il est indispensable, pour garantir la sécurité du personnel de laboratoire, d'exécuter des épreuves préliminaires à petite échelle avant de manipuler de plus grandes quantités. Ces essais viseront à déterminer la sensibilité de la matière aux sollicitations mécaniques (choc et frottement) ainsi qu'à la chaleur et à la flamme.

1.4.3 Lors de l'exécution des épreuves impliquant un amorçage de matières ou d'objets potentiellement explosibles, on devra respecter un délai de sécurité suffisant, fixé par l'organisme responsable des épreuves, après l'amorçage.

1.4.4 Des précautions spéciales doivent être prises lors du maniement d'un échantillon ayant été soumis à des essais car ces derniers peuvent avoir causé des modifications rendant la matière plus sensible ou instable. Pour cette raison, les échantillons ayant subi des essais doivent être détruits le plus tôt possible après ceux-ci.

## **1.5 Conditions générales relatives aux épreuves**

1.5.1 Les dispositions énoncées dans les méthodes d'épreuve doivent être suivies d'aussi près que possible. Si un paramètre n'y est pas spécifié, on devra appliquer les conditions énoncées ici. S'il n'est pas indiqué de tolérance dans les dispositions d'épreuves, la précision à respecter sera fonction du nombre de décimales après la virgule pour toute dimension indiquée (1,1 signifiant une valeur comprise entre 1,05 et 1,15). Si les conditions lors de l'épreuve s'écartent de celles prescrites, la raison doit en être donnée dans le rapport d'épreuve.

1.5.2 La composition de l'échantillon éprouvé doit être aussi proche que possible de celle de la matière qu'il est prévu de transporter. La teneur en substance active et en diluant doit être indiquée dans le rapport d'épreuve avec une précision au moins égale à  $\pm 2\%$  en masse. L'existence de facteurs susceptibles d'influer sensiblement sur le résultat d'une épreuve, humidité par exemple, doit être indiquée avec la plus grande précision possible dans le rapport d'épreuve.

1.5.3 Tout l'appareillage d'essai entrant en contact avec la matière soumise à l'épreuve doit être construit en matériaux non susceptibles d'influer sur les résultats de celle-ci, notamment par effet de catalyse. S'il subsiste un risque de cette nature, on doit prendre des précautions particulières pour éviter que les résultats ne puissent en être affectés (passivation des matériaux par exemple); les précautions prises doivent être précisées dans le rapport.

1.5.4 Les épreuves doivent être exécutées dans des conditions (température, densité, etc.) qui sont représentatives des conditions de transport prévues. Si les conditions de transport ne correspondent pas aux conditions d'épreuve énoncées, il pourra être nécessaire d'exécuter des épreuves supplémentaires spécialement conçues pour tenir compte des conditions de transport à prévoir (température plus élevée par exemple). Les conditions physiques relatives à l'échantillon, lorsqu'elles sont pertinentes (résultats dépendant de la granulométrie par exemple), doivent être indiquées dans le rapport d'épreuve.

## **1.6 Méthodes d'épreuve recommandées**

1.6.1 On trouve dans le Manuel des descriptions des méthodes d'épreuve et des critères à utiliser pour obtenir les informations nécessaires pour attribuer un classement correct. Dans certains cas, il existe plus d'une méthode d'épreuve pour une propriété donnée. Grâce à des travaux comparatifs entre ces épreuves, il a été possible d'en identifier une qui peut être recommandée parmi les autres méthodes d'épreuve équivalentes. Les méthodes d'épreuve recommandées pour le classement des matières et objets explosibles (première partie du Manuel) sont énumérées dans le tableau 1.2, et pour le classement des matières autoréactives et peroxydes organiques (deuxième partie du Manuel) au tableau 1.3. Toutes les méthodes d'épreuve mentionnées dans la troisième partie du Manuel sont des méthodes d'épreuve recommandées car il en existe seulement une pour chaque propriété. Les autres épreuves d'un groupe sont considérées comme variantes admises et peuvent continuer d'être utilisées pour le classement.

1.6.2 Sur la base également des résultats de travaux comparatifs, certaines épreuves ont été supprimées. Étant donné cependant que certains pays disposent de bases de données utilisant comme référence le numéro d'épreuve, la numérotation des épreuves telle qu'elle figurait jusqu'ici dans le Manuel n'a pas été modifiée, sauf lorsque des méthodes d'épreuve existantes ont été réaffectées à d'autres types.

1.6.3 À terme, l'objectif est de disposer d'une seule méthode d'épreuve ONU, ou combinaison d'épreuves, pour chaque propriété. Il est cependant impossible de le faire dans tous les cas actuellement, tant que les méthodes recommandées n'auront pas été plus largement utilisées.

1.6.4 Tout pays ou organisme proposant de nouvelles méthodes d'épreuve en vue de leur inclusion dans le Manuel devrait être en mesure de prouver que la nouvelle méthode représente un progrès notable par rapport à la méthode existante recommandée. Dans un tel cas, la nouvelle méthode pourra être ajoutée à la liste comme variante, jusqu'à ce qu'elle ait été mise à l'essai par les laboratoires d'autres pays.

**Tableau 1.2 : MÉTHODES D'ÉPREUVE RECOMMANDÉES POUR LES MATIÈRES ET OBJETS EXPLOSIBLES**

Série	Type	Code	Nom
1	a)	1 a)	Épreuve d'amorçage de la détonation de l'ONU
1	b)	1 b)	Épreuve de Koenen
1	c)	1 c) i)	Épreuve pression/temps
2	a)	2 a)	Épreuve d'amorçage de la détonation de l'ONU
2	b)	2 b)	Épreuve de Koenen
2	c)	2 c) i)	Épreuve pression/temps
3	a)	3 a) ii)	Épreuve au mouton de choc BAM
3	b)	3 b) i)	Épreuve de frottement BAM
3	c)	3 c)	Épreuve de stabilité thermique à 75 °C
3	d)	3 d)	Épreuve de combustion à petite échelle
4	a)	4 a)	Épreuve de stabilité thermique pour les objets non emballés et les objets emballés
4	b)	4 b) i)	Épreuve de chute en tube d'acier pour les liquides
4	b)	4 b) ii)	Épreuve de chute de 12 m pour les objets non emballés, les objets emballés et les matières emballées
5	a)	5 a)	Épreuve de sensibilité à l'amorce
5	b)	5 b) ii)	Épreuve de passage de la déflagration à la détonation (USA)
5	c)	5 c)	Épreuve du feu extérieur pour les matières de la division 1.5
6	a)	6 a)	Épreuve sur un seul colis
6	b)	6 b)	Épreuve sur une pile de colis
6	c)	6 c)	Épreuve du feu extérieur (brasier)
6	d)	6 d)	Épreuve sur un colis sans confinement
7	a)	7 a)	Épreuve de sensibilité à l'amorce pour MDEPS
7	b)	7 b)	Épreuve d'amorçage de la détonation pour MDEPS
7	c)	7 c) ii)	Épreuve de friabilité
7	d)	7 d) i)	Épreuve de l'impact de balle pour MDEPS
7	e)	7 e)	Épreuve du feu extérieur pour MDEPS
7	f)	7 f)	Épreuve de chauffage lent pour MDEPS
7	g)	7 g)	Épreuve du feu extérieur pour objets de la division 1.6
7	h)	7 h)	Épreuve de chauffage lent pour objets de la division 1.6
7	j)	7 j)	Épreuve de l'impact de balle pour objets de la division 1.6
7	k)	7 k)	Épreuve sur une pile pour objets de la division 1.6
8	a)	8 a)	Épreuve de stabilité à la chaleur pour les émulsions de nitrate d'ammonium (ENA)
8	b)	8 b)	Épreuve d'amorçage de la détonation pour les ENA
8	c)	8 c)	Épreuve de Koenen
8	d)	8 d)	Épreuves du tube avec évent <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Ces épreuves visent à déterminer si la matière peut être transportée en citernes.

**Tableau 1.3 : MÉTHODES D'ÉPREUVE RECOMMANDÉES POUR LES MATIÈRES AUTORÉACTIVES ET LES PEROXYDES ORGANIQUES**

Séries d'épreuve	Code d'épreuve	Nom de l'épreuve
A	A.6	Épreuve de détonation de l'ONU
B	B.1	Épreuve de détonation dans un colis
C	C.1	Épreuve pression/temps
C	C.2	Épreuve de déflagration
D	D.1	Épreuve de déflagration dans un colis
E	E.1	Épreuve de Koenen
E	E.2	Épreuve de la bombe des Pays-Bas
F	F.4	Épreuve de Trauzl modifiée
G	G.1	Épreuve d'explosion sous l'effet de la chaleur dans un colis
H	H.1	Épreuve de TDAA des États-Unis (pour colis)
H	H.2	Épreuve de stockage adiabatique (pour colis, GRV et citernes)
H	H.4	Épreuve de stockage avec accumulation de chaleur (pour colis, GRV et petites citernes)

## 1.7 Communication des données

1.7.1 Le classement des nouvelles matières et des nouveaux objets dans la liste du chapitre 3.2 du Règlement type se fait sur la base des données transmises au Comité par les gouvernements, les organisations intergouvernementales et les autres organisations internationales sur la fiche de renseignements (figure 1 des Recommandations). Des données supplémentaires sont nécessaires pour le classement :

- des matières et objets de la classe 1 (voir 10.5);
- des matières autoréactives de la division 4.1 (voir 20.5);
- des peroxydes organiques de la division 5.2 (voir 20.5).

1.7.2 Lorsque les épreuves sont exécutées sur des matières ou objets emballés, le rapport d'épreuve doit indiquer la quantité de matière ou le nombre d'objets par colis et le type et les caractéristiques de l'emballage.

## **PREMIÈRE PARTIE**

# **PROCÉDURES DE CLASSEMENT, ÉPREUVES ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES ET OBJETS EXPLOSIBLES DE LA CLASSE 1**





## TABLE DES MATIÈRES DE LA PREMIÈRE PARTIE

**NOTA 1 :** Dans la liste qui suit, le pays ou l'organisme d'origine de chaque méthode d'épreuves est indiqué entre parenthèse après le nom de celle-ci.

**2 :** La méthode d'épreuves recommandée pour chaque type d'épreuve est indiquée par des caractères **gras** et par un astérisque dans la table des matières (voir à la sous-section 1.6 de l'Introduction générale).

<u>Section</u>	<u>Page</u>
<b>10. INTRODUCTION À LA PREMIÈRE PARTIE</b> .....	13
10.1 OBJET .....	13
10.2 DOMAINE D'APPLICATION .....	13
10.3 PROCÉDURE D'ACCEPTATION DANS LA CLASSE 1 .....	14
10.3.1 Généralités .....	14
10.3.2 Types d'épreuve .....	14
10.3.3 Application des méthodes d'épreuves .....	17
10.4 PROCÉDURE D'AFFECTATION À UNE DIVISION DE LA CLASSE 1 .....	18
10.4.1 Généralités .....	18
10.4.2 Types d'épreuve .....	18
10.4.3 Application des méthodes d'épreuves .....	22
10.5 EXEMPLES DE RAPPORTS D'ÉPREUVE .....	23
<b>11. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 1</b> .....	31
11.1 INTRODUCTION .....	31
11.2 MÉTHODES D'ÉPREUVE .....	31
11.3 CONDITIONS D'ÉPREUVE .....	31
11.4 SÉRIE 1, TYPE a) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	32
11.4.1 <b>Épreuve 1 a) * Épreuve d'amorçage de la détonation (ONU)</b> .....	32
11.5 SÉRIE 1, TYPE b) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	35
11.5.1 <b>Épreuve 1 b) * Épreuve de Koenen (D)</b> .....	35
11.6 SÉRIE 1, TYPE c) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	41
11.6.1 <b>Épreuve 1 c) i) * Épreuve pression/temps (GB)</b> .....	41
11.6.2 Épreuve 1 c) ii) Épreuve d'inflammation interne (USA) .....	48
<b>12. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 2</b> .....	51
12.1 INTRODUCTION .....	51
12.2 MÉTHODES D'ÉPREUVE .....	51
12.3 CONDITIONS D'ÉPREUVE .....	51
12.4 SÉRIE 2, TYPE a) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	52
12.4.1 <b>Épreuve 2 a) * Épreuve d'amorçage de la détonation (ONU)</b> .....	52
12.5 SÉRIE 2, TYPE b) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	55
12.5.1 <b>Épreuve 2 (b) * Épreuve de Koenen (D)</b> .....	55
12.6 SÉRIE 2, TYPE c) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	61
12.6.1 <b>Épreuve 2 c) i) * Épreuve pression/temps (GB)</b> .....	61
12.6.2 Épreuve 2 c) ii) Épreuve d'inflammation interne (USA) .....	68

**TABLE DES MATIÈRES DE LA PREMIÈRE PARTIE**  
**(suite)**

<u>Section</u>	<u>Page</u>
<b>13. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 3</b> .....	71
13.1 INTRODUCTION . . . . .	71
13.2 MÉTHODES D'ÉPREUVE.....	71
13.3 CONDITIONS D'ÉPREUVE.....	71
13.4 SÉRIE 3, TYPE a) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	72
13.4.1 Épreuve 3 a) i) Épreuve au mouton de choc du "Bureau of Explosives" (USA).....	72
13.4.2 <b>Épreuve 3 a) ii) * Épreuve au mouton de choc BAM (D)</b> .....	77
13.4.3 Épreuve 3 a) iii) Épreuve d'impact Rotter (GB).....	85
13.4.4 Épreuve 3 a) iv) Épreuve au mouton de choc de 30 kg (F) .....	93
13.4.5 Épreuve 3 a) v) Épreuve d'impact à l'appareil type 12 modifié (C).....	97
13.4.6 Épreuve 3 a) vi) Épreuve de sensibilité à l'impact (RUS) .....	101
13.5 SÉRIE 3, TYPE b) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	108
13.5.1 <b>Épreuve 3 b) i) * Épreuve de frottement BAM (D)</b> .....	108
13.5.2 Épreuve 3 b) ii) Épreuve sur machine à frottement rotatif (GB).....	113
13.5.3 Épreuve 3 b) iv) Épreuve de frottement avec impact (RUS) .....	116
13.6 SÉRIE 3, TYPE c) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	121
13.6.1 <b>Épreuve 3 c) * Épreuve de stabilité thermique à 75 °C (F/USA)</b> .....	121
13.7 SÉRIE 3, TYPE d) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	124
13.7.1 <b>Épreuve 3 d) * Épreuve de combustion à petite échelle (F/USA)</b> .....	124
 <b>14. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 4</b> .....	 127
14.1 INTRODUCTION . . . . .	127
14.2 MÉTHODES D'ÉPREUVE.....	127
14.3 CONDITIONS D'ÉPREUVE.....	127
14.4 SÉRIE 4, TYPE a) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	127
14.4.1 <b>Épreuve 4 a) * Épreuve de stabilité à la chaleur pour les objets non emballés et les objets emballés (USA)</b> .....	127
14.5 SÉRIE 4, TYPE b) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	129
14.5.1 <b>Épreuve 4 b) i) * Épreuve de chute dans un tube en acier pour les liquides (F)</b> .....	129
14.5.2 <b>Épreuve 4 b) ii) * Épreuve de chute de 12 mètres pour les objets non emballés et les objets et matières emballés (USA)</b> .....	131

**TABLE DES MATIÈRES DE LA PREMIÈRE PARTIE**  
**(suite)**

<u>Section</u>	<u>Page</u>
<b>15. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 5</b> .....	133
15.1 INTRODUCTION.....	133
15.2 MÉTHODES D'ÉPREUVE.....	133
15.3 CONDITIONS D'ÉPREUVE.....	133
15.4 SÉRIE 5, TYPE a) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	134
15.4.1 <b>Épreuve 5 a) * Épreuve de sensibilité à l'amorce (D/USA)</b> .....	134
15.5 SÉRIE 5, TYPE b) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	138
15.5.1 Épreuve 5 b) i) Épreuve de passage de la déflagration à la détonation (F).....	138
15.5.2 <b>Épreuve 5 b) ii) * Épreuve de passage de la déflagration à la détonation (USA)</b> .....	141
15.5.3 Épreuve 5 b) iii) Épreuve de passage de la déflagration à la détonation (RUS).....	144
15.6 SÉRIE 5, TYPE c) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	147
15.6.1 <b>Épreuve 5 c) * Épreuve du feu extérieur (brasier) pour matières de la division 1.5 (ONU)</b> .....	147
<b>16. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 6</b> .....	149
16.1 INTRODUCTION.....	149
16.2 MÉTHODES D'ÉPREUVE.....	149
16.3 CONDITIONS D'ÉPREUVE.....	150
16.4 SÉRIE 6, TYPE a) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	151
16.4.1 <b>Épreuve 6 a) * Épreuve sur un seul colis (ONU)</b> .....	151
16.5 SÉRIE 6, TYPE b) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	154
16.5.1 <b>Épreuve 6 b) * Épreuve sur une pile de colis (ou d'objets) (ONU)</b> .....	154
16.6 SÉRIE 6, TYPE c) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	156
16.6.1 <b>Épreuve 6 c) * Épreuve du feu extérieur (brasier) (ONU)</b> .....	156
16.7 SÉRIE 6, TYPE d) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	162
16.7.1 <b>Épreuve 6 d) * Épreuve sur un colis sans confinement (ONU)</b> .....	162

**TABLE DES MATIÈRES DE LA PREMIÈRE PARTIE**  
(suite)

<u>Section</u>	<u>Page</u>
<b>17. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 7</b> .....	165
17.1 INTRODUCTION. . . . .	165
17.2 MÉTHODES D'ÉPREUVE.....	165
17.3 CONDITIONS D'ÉPREUVE.....	166
17.4 SÉRIE 7, TYPE a) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	167
17.4.1 <b>Épreuve 7 a) * Épreuve de sensibilité à l'amorce pour les MDEPS (D/USA)</b> .....	167
17.5 SÉRIE 7, TYPE b) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	168
17.5.1 <b>Épreuve 7 b) * Épreuve d'amorçage de la détonation pour les MDEPS (USA)</b> .....	168
17.6 SÉRIE 7, TYPE c) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	171
17.6.1 Épreuve 7 c) i) Épreuve d'impact "Susan" (USA) .....	171
17.6.2 <b>Épreuve 7 c) ii) * Épreuve de friabilité (F)</b> .....	175
17.7 SÉRIE 7, TYPE d) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	176
17.7.1 <b>Épreuve 7 d) i) * Épreuve de l'impact de balle pour MDEPS (USA)</b> .....	176
17.7.2 Épreuve 7 d) ii) Épreuve de friabilité (F).....	177
17.8 SÉRIE 7, TYPE e) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	178
17.8.1 <b>Épreuve 7 e) * Épreuve du feu extérieur pour les MDEPS (ONU)</b> .....	178
17.9 SÉRIE 7, TYPE f) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE.....	179
17.9.1 <b>Épreuve 7 f) * Épreuve de chauffage lent pour les MDEPS (USA)</b> .....	179
17.10 SÉRIE 7, TYPE g) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	181
17.10.1 <b>Épreuve 7 g) * Épreuve du feu extérieur pour les objets de la division 1.6 (ONU)</b> .....	181
17.11 SÉRIE 7, TYPE h) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	182
17.11.1 <b>Épreuve 7 h) * Épreuve de chauffage lent pour les objets de la division 1.6 (USA)</b> .....	182
17.12 SÉRIE 7, TYPE j) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	183
17.12.1 <b>Épreuve 7 j) * Épreuve de l'impact de balle pour les objets de la division 1.6 (USA)</b> ...	183
17.13 SÉRIE 7, TYPE k) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	184
17.13.1 <b>Épreuve 7 k) * Épreuve sur une pile d'objets pour les objets de la division 1.6 (ONU)</b> .	184
 <b>18. ÉPREUVES DE LA SÉRIE 8</b> .....	 185
18.1 INTRODUCTION. . . . .	185
18.2 MÉTHODES D'ÉPREUVE.....	185
18.3 CONDITIONS D'ÉPREUVE.....	185
18.4 SÉRIE 8, TYPE a) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	185
18.4.1 <b>Épreuve 8 a) *Épreuve de stabilité à la chaleur pour le nitrat d'ammonium en émulsion, suspension ou gel</b> .....	185
18.5 SÉRIE 8, TYPE b) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	189
18.5.1 <b>Épreuve 8 b) * Épreuve d'amorçage de la détonation pour les ENA</b> .....	189
18.6 SÉRIE 8, TYPE c) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	195
18.6.1 <b>Épreuve 8 c) * Épreuve de Koenen</b> .....	195
18.7 SÉRIE 8, TYPE d) : DISPOSITIONS D'ÉPREUVE .....	201
18.7.1 <b>Épreuve 8 d) i) * Épreuve du tube avec événement</b> .....	201
18.7.2 <b>Épreuve 8 d) ii) * Épreuve modifiée du tube avec événement</b> .....	204

## SECTION 10

### INTRODUCTION À LA PREMIÈRE PARTIE

#### 10.1 Objet

10.1.1 La première partie du Manuel d'épreuves et de critères présente le système ONU de classement des matières et objets explosibles. Elle définit notamment les procédures et critères d'épreuve considérés comme les plus utiles aux autorités compétentes pour un classement correct des matières et objets explosibles aux fins du transport. Ce texte est à utiliser conjointement avec les diagrammes de décision décrivant les procédures de classement (figures 10.1, 10.2, 10.3 et 10.4), les conditions générales relatives aux épreuves énoncées dans la sous-section 1.5 et les méthodes d'épreuves décrites dans les sections 11 à 18 du présent Manuel d'épreuves et de critères.

10.1.2 Les marchandises de la classe 1 sont affectées à l'une des six divisions de risque correspondant à la nature du risque qu'elles présentent (voir le paragraphe 2.1.1.4 du Règlement type) et à l'un des 13 groupes de compatibilité auxquels sont affectés les matières et objets explosibles. La procédure générale de classement d'une matière ou d'un objet examiné en vue de son classement dans la classe 1 est représentée schématiquement à la figure 10.1. Cette procédure comprend deux étapes. Dans la première, on détermine qu'une matière ou qu'un objet peut effectivement exploser et que sa stabilité et sa sensibilité, tant chimiques que physiques, sont acceptables pour le transport. Pour garantir un classement uniforme entre autorités compétentes différentes, celles-ci devront, en se guidant sur le diagramme de décision de la figure 10.2, analyser systématiquement les résultats des épreuves en fonction des critères d'interprétation applicables. Si la matière ou l'objet est provisoirement accepté dans la classe 1, on doit alors passer à la seconde étape, qui consiste à l'affecter à la division appropriée en suivant la procédure représentée schématiquement à la figure 10.3. L'affectation à un groupe de compatibilité ne se fait pas sur la base de résultats d'épreuves, sauf pour les groupes N et S. Dans le cas de ce dernier, l'autorité compétente peut décider de renoncer aux épreuves, si un classement est possible par analogie sur la base des résultats d'épreuves obtenus pour un objet comparable.

10.1.3 Les méthodes d'épreuves permettent d'évaluer le risque des matières et objets explosibles, en fonction de quoi l'autorité compétente pourra leur attribuer le classement qui convient pour le transport.

#### 10.2 Domaine d'application

10.2.1 Les produits nouveaux qui sont présumés avoir des propriétés explosives ou qui sont conçus pour leur effet explosif doivent d'abord faire l'objet d'un examen en vue de leur classement dans la classe 1. Pour les matières telles que les matières autoréactives de la division 4.1 ou les peroxydes organiques de la division 5.2, on se référera à la deuxième partie du présent Manuel. Dans ce contexte, on entend par produit nouveau un produit qui, de l'avis de l'autorité compétente, répond à l'une des définitions suivantes :

- a) Une matière explosive nouvelle ou une combinaison ou un mélange nouveaux de matières explosibles, destinés à un usage explosif ou pyrotechnique, considérés comme sensiblement différents d'autres combinaisons ou mélanges déjà classés;
- b) Une matière ou un objet nouveaux, non destinés à un usage explosif, ayant, ou étant présumés avoir, des propriétés explosives (voir le paragraphe 2.1.1.5 du Règlement type);
- c) Un nouveau modèle d'objet contenant une matière explosive ou un objet contenant une nouvelle matière explosive ou une combinaison ou un mélange nouveaux de matières explosibles; ou

- d) Un nouveau modèle d'emballage pour une matière ou un objet explosibles, y compris un nouveau modèle d'emballage intérieur ou une nouvelle disposition des objets; une modification relativement mineure d'un emballage intérieur ou extérieur, en effet, peut avoir un effet critique et transformer un risque relativement faible en un risque d'explosion en masse.

La procédure de classement doit être appliquée avant que le produit nouveau ne soit présenté au transport.

10.2.2 Le producteur ou le demandeur, pour le classement d'un produit nouveau, doivent communiquer des renseignements suffisants concernant les noms et les caractéristiques de toutes les matières explosibles contenues dans le produit, ainsi que les résultats de toutes les épreuves pertinentes exécutées.

### **10.3 Procédure d'acceptation dans la classe 1**

#### **10.3.1 Généralités**

10.3.1.1 La procédure d'acceptation vise à déterminer si un produit tel qu'il est présenté au transport est susceptible d'appartenir à la classe 1. À cette fin, on contrôle qu'une matière provisoirement acceptée en classe 1 n'est pas trop insensible pour relever de la classe 1 ou trop dangereuse pour être transportée, ou encore qu'un objet ou qu'un objet emballé n'est pas trop dangereux pour le transport.

#### **10.3.2 Types d'épreuve**

10.3.2.1 Les épreuves utilisées pour déterminer si une matière doit être provisoirement acceptée dans la classe 1 sont groupées en quatre séries, numérotés de 1 à 4; les résultats à ces épreuves permettent de répondre aux questions de la figure 10.2.

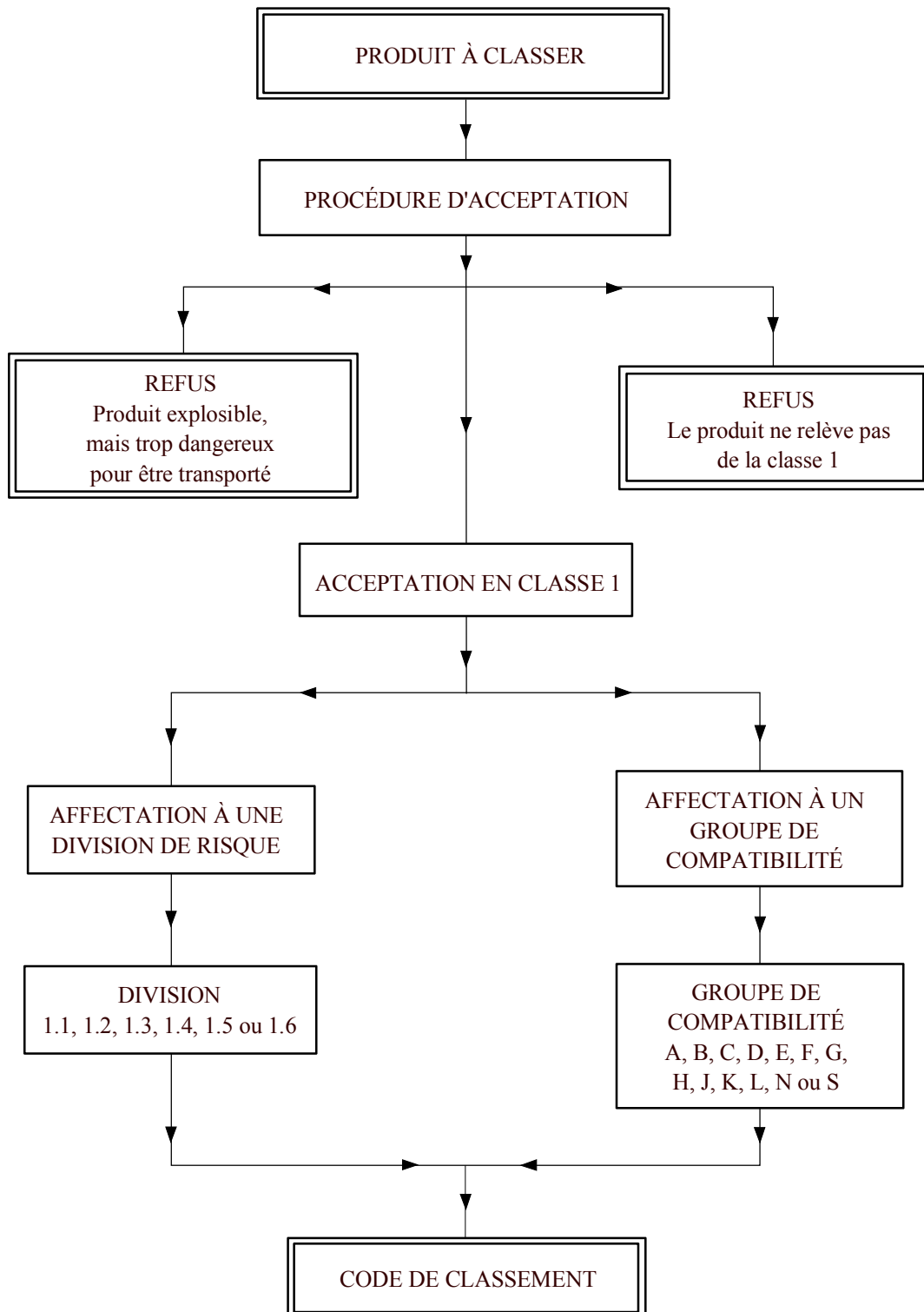
10.3.2.2 La réponse à la question "S'agit-il d'une matière explosible ?" (case 4 de la figure 10.2) est fonction des définitions nationales et internationales d'une matière explosible et des résultats aux trois types d'épreuve de la série 1 permettant de déterminer les effets explosifs éventuels. Les trois types d'épreuve utilisés sont :

- Type 1 a) épreuve d'excitation avec relais détonant et confinement définis pour déterminer l'aptitude de la matière à propager une détonation;
- Type 1 b) épreuve pour déterminer l'effet du chauffage sous confinement;
- Type 1 c) épreuve pour déterminer l'effet de l'inflammation sous confinement.

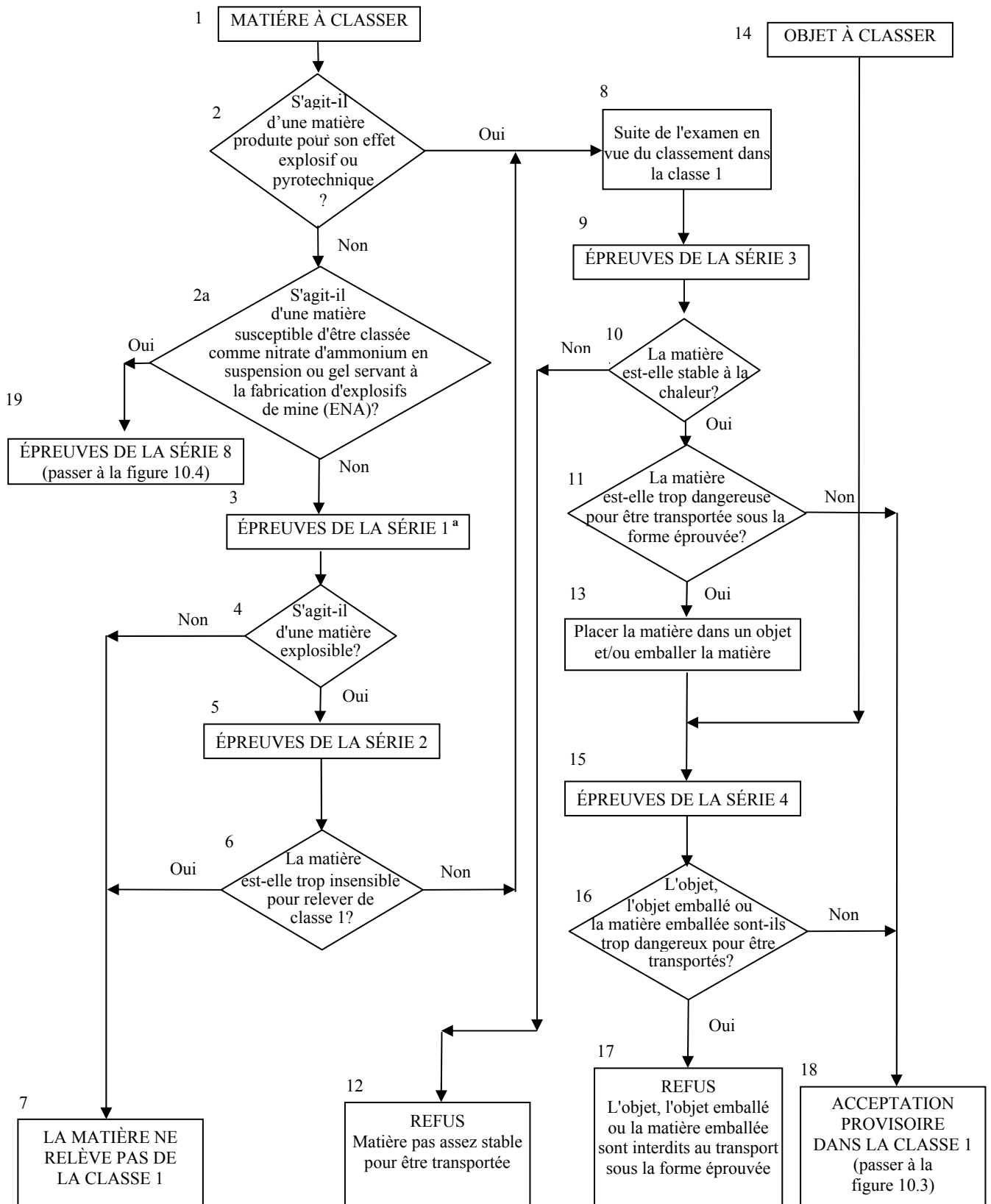
10.3.2.3 Les épreuves de la série 2 sont utilisées pour répondre à la question "La matière est-elle trop insensible pour relever de la classe 1 ?" (case 6 de la figure 10.2). Le dispositif d'essai y est pratiquement le même que celui utilisé pour les épreuves de la série 1, mais avec des critères d'épreuve moins sévères. Pour les épreuves d'amorçage de la détonation dites "gap test", par exemple, l'amorçage se fait à travers une barrière d'épaisseur non nulle. Les trois types d'épreuve utilisés sont les suivants :

- Type 2 a) épreuve d'excitation avec relais détonant et confinement définis pour déterminer la sensibilité à une onde de choc;
- Type 2 b) épreuve pour déterminer l'effet du chauffage sous confinement;
- Type 2 c) épreuve pour déterminer l'effet de l'inflammation sous confinement.

**Figure 10.1 : PROCÉDURE GÉNÉRALE DE CLASSEMENT D'UNE MATIÈRE OU D'UN OBJET DANS LA CLASSE 1**



**Figure 10.2 : PROCÉDURE D'ACCEPTATION TEMPORAIRE D'UNE MATIÈRE OU D'UN OBJET DANS LA CLASSE 1**



<sup>a</sup> Aux fins de classement, commencer par les épreuves de la série 2.



10.3.2.4 Les épreuves de la série 3 sont utilisées pour déterminer la réponse aux questions "La matière est-elle stable à la chaleur ?" (case 10 de la figure 10.2) et "La matière est-elle trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée ?" (case 11 de la figure 10.2); il s'agit d'épreuves visant à déterminer la sensibilité de la matière aux sollicitations mécaniques (choc et frottement), ainsi qu'à la chaleur et à la flamme. Les quatre types d'épreuve utilisés sont :

- Type 3 a) épreuve au mouton de choc pour déterminer la sensibilité à l'impact;
- Type 3 b) épreuve de frottement ou de frottement avec choc pour déterminer la sensibilité au frottement;
- Type 3 c) épreuve de chauffage pour déterminer la stabilité à la chaleur;
- Type 3 d) épreuve d'inflammation pour déterminer la réaction d'une matière à l'inflammation.

10.3.2.5 Les épreuves de la série 4 sont utilisées pour répondre à la question "L'objet, l'objet emballé, ou la matière emballée sont-ils trop dangereux pour être transportés ?" (case 16 de la figure 10.2). Les conditions à prendre en compte à cet égard sont les températures extrêmes, les taux élevés d'humidité relative, les vibrations, les chocs et les chutes. Les deux types d'épreuve utilisés sont les suivants :

- Type 4 a) épreuve de stabilité thermique pour les objets;
- Type 4 b) épreuve destinée à déterminer les risques résultant d'une chute.

### 10.3.3 *Application des méthodes d'épreuves*

10.3.3.1 L'ordre de numérotation des séries d'épreuves 1 à 4 correspond à l'ordre dans lequel les résultats doivent être évalués, mais non à celui dans lequel les épreuves doivent être exécutées. ***Afin de réduire les risques pour le personnel d'épreuve, il est vivement recommandé d'exécuter certains essais préliminaires sur de petites quantités de matière avant d'aborder les essais avec de plus grandes quantités.*** Les résultats de ces essais préliminaires peuvent aussi être pris en compte dans la procédure de classement.

10.3.3.2 La procédure d'acceptation pour les matières conçues pour avoir un effet explosif commence par les épreuves des types 3 a), 3 b), 3 c) et 3 d), qui visent à déterminer si la matière est trop sensible pour le transport sous la forme éprouvée. Si cette matière a un comportement instable à la chaleur, c'est-à-dire qu'elle donne un résultat positif à l'épreuve du type 3 c), elle n'est pas admise au transport. Si elle donne un résultat positif aux épreuves des types 3 a), 3 b) ou 3 d), elle peut être soit placée dans un objet, soit flegmatisée, soit emballée pour réduire sa sensibilité aux sollicitations externes. On peut citer comme exemple à cet égard les explosifs primaires mouillés à l'eau et les explosifs primaires mis sous étui dans des détonateurs. Les objets nouveaux ainsi obtenus doivent être soumis à la série d'épreuves 4, et les liquides ou les matières solides emballées à une épreuve du type 4 b), pour déterminer s'ils présentent une sécurité suffisante pour le transport comme matières de la classe 1. Les matières flegmatisées doivent être à nouveau soumises à la série d'épreuves 3 aux mêmes fins. Si une matière conçue pour avoir un effet explosif donne un résultat négatif à toutes les épreuves de la série 3, ou si un objet conçu pour avoir un effet explosif donne un résultat négatif à toutes les épreuves de la série 4, on leur applique alors la procédure d'affectation à une division.

10.3.3.3 Bien qu'en principe les épreuves de la série 1 servent à déterminer si une matière non conçue pour avoir un effet explosif a en fait des propriétés explosives potentielles, il peut être indiqué, dans ce cas aussi, de commencer le programme d'épreuves par la série 3. Celle-ci est exécutée sur des échantillons relativement petits, qui réduisent les risques encourus par le personnel d'épreuve. Si les résultats de la série 3 indiquent que la matière est trop sensible pour le transport sous la forme éprouvée, les mesures en vue de réduire sa sensibilité aux sollicitations externes, mentionnées au paragraphe 10.3.3.2, devraient être appliquées. Si par contre ces résultats indiquent que la matière n'est pas trop sensible pour le transport, l'étape suivante consiste à exécuter les épreuves de la série 2, qui permettent de déterminer si la matière est trop insensible pour être classée dans la classe 1. L'exécution des épreuves de la série 1, à ce stade de la procédure d'acceptation, n'a plus de raison d'être car la série 2 répond à la question qui se pose quant au degré d'insensibilité de la matière. La série 1 permet de répondre aux questions ayant trait à la nature explosive de la matière. La procédure d'affectation à une division de la classe 1 doit être appliquée aux matières qui donnent un résultat positif aux épreuves de la série 2 mais un résultat négatif à celles de

la série 3. Il est important de noter qu'une matière qui a donné un résultat positif aux épreuves de la série 2 peut cependant, si elle est emballée de la manière appropriée, être classée comme n'appartenant pas à la classe 1, à deux conditions : elle ne doit pas être conçue pour avoir un effet explosif, et elle ne doit pas manifester de risque explosif lors des épreuves de la série 6 dans le cadre de la procédure d'affectation.

10.3.3.4 Tous les objets ou objets emballés contenant des matières qui ont donné un résultat positif à une épreuve du type 3 a), 3 b) ou 3 d) doivent être soumis aux épreuves de la série 4. Si l'objet ou les objets emballés donnent un résultat négatif à l'épreuve du type 4 a), ils sont alors soumis à l'épreuve du type 4 b). Les matières emballées ne sont soumises qu'à l'épreuve du type 4 b) seulement. Tout résultat positif à l'un des deux types d'épreuves 4 a) ou 4 b) entraîne le refus. Le produit, cependant, peut être modifié et soumis à nouveau aux épreuves. Si l'autorité compétente soupçonne que le produit peut être soumis en pratique à des sollicitations autres que celles utilisées dans les types d'épreuve 4 a) et 4 b) et qu'il risque d'en résulter des effets dangereux, des renseignements ou épreuves supplémentaires pourront être nécessaires (voir le nota dans le paragraphe 2.1.3.3.1 du Règlement type).

10.3.3.5 Si des objets contiennent des composants de régulation inertes, coûteux, ils peuvent être remplacés par des composants inertes de masse et de volume semblables.

## **10.4 Procédure d'affectation à une division de la classe 1**

### **10.4.1 Généralités**

10.4.1.1 Les marchandises de la classe 1 sont affectées à l'une des six divisions de risque, selon le type de risque qu'elles présentent (voir le paragraphe 2.1.1.4 du Règlement type). La procédure d'affectation (figure 10.3) s'applique à toutes les matières et tous les objets susceptibles d'appartenir à la classe 1, sauf ceux qui sont à classer d'office dans la division 1.1. Une matière ou un objet doivent être affectés à la division qui correspond aux résultats des épreuves auxquelles la matière ou l'objet, tels qu'ils sont présentés au transport, ont été soumis. D'autres résultats d'essais, ainsi que des informations provenant d'accidents réels, peuvent aussi être pris en considération. Comme l'indique la case 36 de la figure 10.3, l'autorité compétente peut juger qu'un objet est exclu de la classe 1 en se basant sur les résultats d'épreuve et sur la définition de la classe 1.

### **10.4.2 Types d'épreuve**

10.4.2.1 Les épreuves utilisées pour l'affectation à une division sont groupées en trois séries portant les numéros 5 à 7, dont les résultats doivent permettre de répondre aux questions de la figure 10.3. Une autorité nationale ne devrait pas modifier les conditions des épreuves des séries 5, 6 et 7 si elle n'est pas en mesure de justifier cette décision devant les autres pays.

10.4.2.2 Pour répondre à la question "S'agit-il d'une matière explosible très peu sensible présentant un risque d'explosion en masse ?" (case 21 de la figure 10.3), on se fonde sur les résultats de trois types d'épreuve de la série 5, à savoir :

- Type 5 a) épreuve d'excitation par onde de choc visant à déterminer la sensibilité à une sollicitation mécanique intense;
- Type 5 b) épreuve visant à déterminer la tendance au passage de la déflagration à la détonation;
- Type 5 c) épreuve visant à déterminer si une matière explose lorsqu'elle est soumise, en grande quantité, à un feu intense.

10.4.2.3 Les résultats de quatre types d'épreuve de la série 6 sont utilisés pour déterminer quelle division parmi les divisions 1.1, 1.2, 1.3 et 1.4 correspond le mieux au comportement d'un produit lorsque le chargement est exposé à un feu d'origine interne ou externe, ou à une explosion d'origine interne (cases 26, 28, 30, 32 et 33 de la figure 10.3). On se base également sur les résultats de ces épreuves pour déterminer si un produit peut être affecté au groupe de compatibilité S (division 1.4) ou s'il devrait le cas échéant être exclu de la classe 1 (cases 35 et 36 de la figure 10.3). Ces quatre types d'épreuve sont :

- Type 6 a) épreuve sur un seul colis pour déterminer s'il y a explosion du contenu;
- Type 6 b) épreuve sur une pile de colis de matière explosible ou de colis d'objets explosibles, ou encore sur une pile d'objets explosibles non emballés, pour déterminer si une explosion se propage d'un colis ou d'un objet non emballé à l'autre;
- Type 6 c) épreuve sur une pile de colis de matière explosible ou colis d'objets explosibles, ou encore sur une pile d'objets explosibles non emballés pour déterminer s'il y a explosion en masse ou risque de projections dangereuses, de rayonnement calorifique intense ou de combustion violente ou encore tout autre effet dangereux en cas d'incendie; et
- Type 6 d) épreuve sur un colis, sans confinement, d'objets explosibles auxquels la disposition spéciale 347 du chapitre 3.3 du Règlement type s'applique, pour déterminer si une inflammation accidentelle ou un amorçage accidentel du contenu entraîne des effets dangereux à l'extérieur du colis.

10.4.2.4 La réponse à la question "S'agit-il d'un objet explosible extrêmement peu sensible ?" (case 40 de la figure 10.3) est donnée par les épreuves de la série 7; toute matière susceptible d'être classée dans la division 1.6 doit subir chacune des 10 épreuves de la série avec un résultat négatif. Les épreuves des six premiers types (7 a) à 7 f)) servent à déterminer s'il s'agit d'une matière détonante extrêmement peu sensible (MDEPS) et celles des quatre derniers types (7 g) à 7 k)) si un objet contenant une MDEPS peut être affecté à la division 1.6. Les dix types d'épreuves sont :

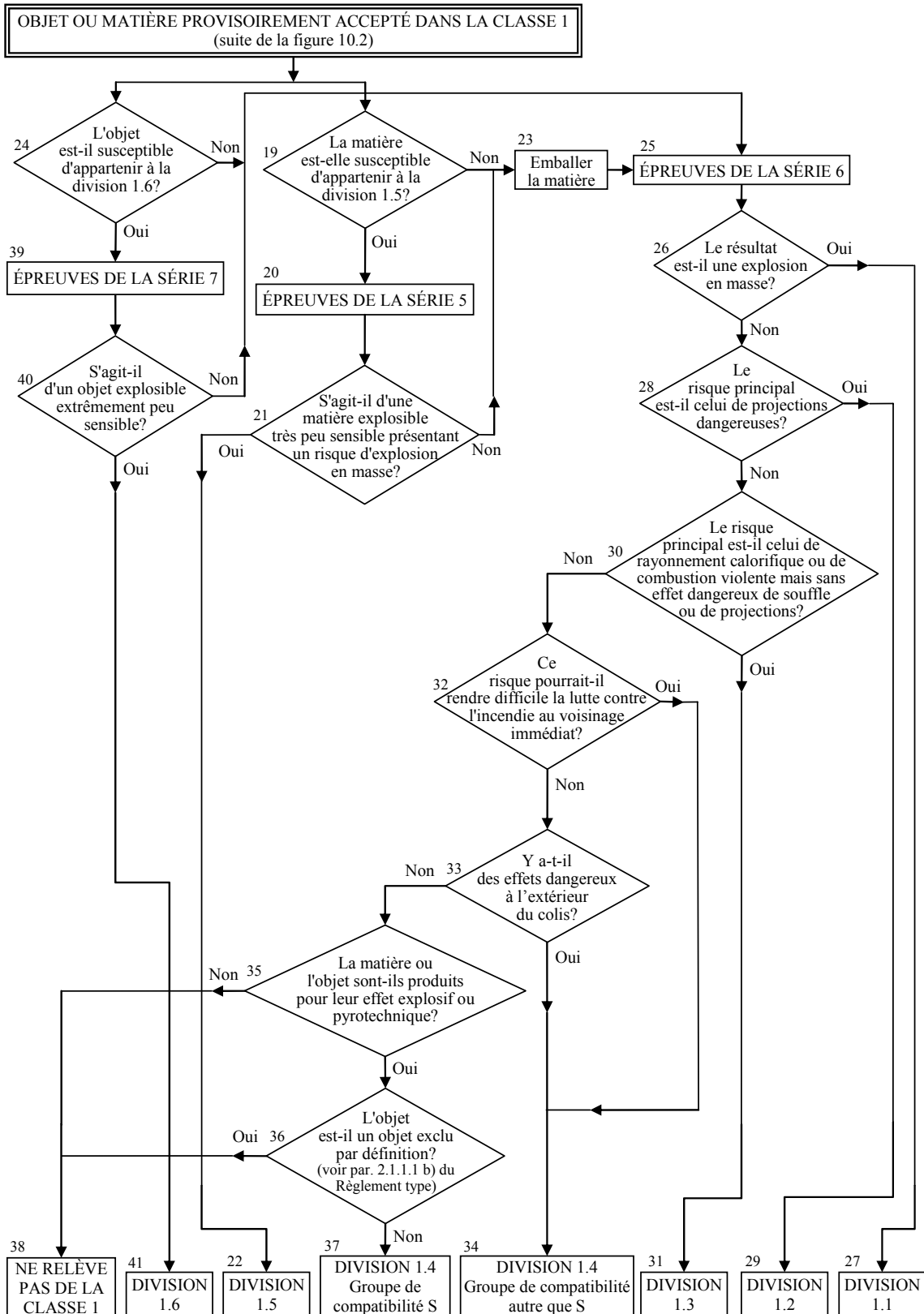
- Type 7 a) épreuve d'excitation par onde de choc pour déterminer la sensibilité à une sollicitation mécanique intense;
- Type 7 b) épreuve d'excitation avec relais détonant et confinement défini pour déterminer la sensibilité à une onde de choc;
- Type 7 c) épreuve visant à déterminer l'aptitude de la matière explosible à se dégrader dangereusement sous l'effet d'un impact;
- Type 7 d) épreuve visant à déterminer la réaction d'une matière explosible à l'impact et à la perforation par un projectile d'énergie donnée;
- Type 7 e) épreuve visant à déterminer la réaction à un feu extérieur d'une matière explosible confinée;
- Type 7 f) épreuve visant à déterminer la réaction d'une matière explosible soumise à une température externe qui augmente lentement jusqu'à 365 °C;
- Type 7 g) épreuve visant à déterminer la réaction à un feu extérieur d'un objet tel qu'il est présenté au transport;
- Type 7 h) épreuve visant à déterminer la réaction d'un objet soumis à une température externe qui augmente lentement jusqu'à 365 °C;
- Type 7 j) épreuve visant à déterminer la réaction d'un objet à l'impact et à la pénétration par un projectile d'énergie donnée;
- Type 7 k) épreuve visant à déterminer si la détonation d'un objet amorce une détonation dans un objet adjacent identique.

10.4.2.5 Il est répondu à la question "S'agit-il d'une matière susceptible d'être classée comme nitrate d'ammonium en émulsion, suspension ou gel servant à la fabrication d'explosifs de mine (ENA)?" (case 2 a) de la figure 10.2) au moyen des épreuves de la série 8, chaque matière susceptible de l'être devant être soumise aux trois épreuves de la série. Les trois types d'épreuves sont les suivants :

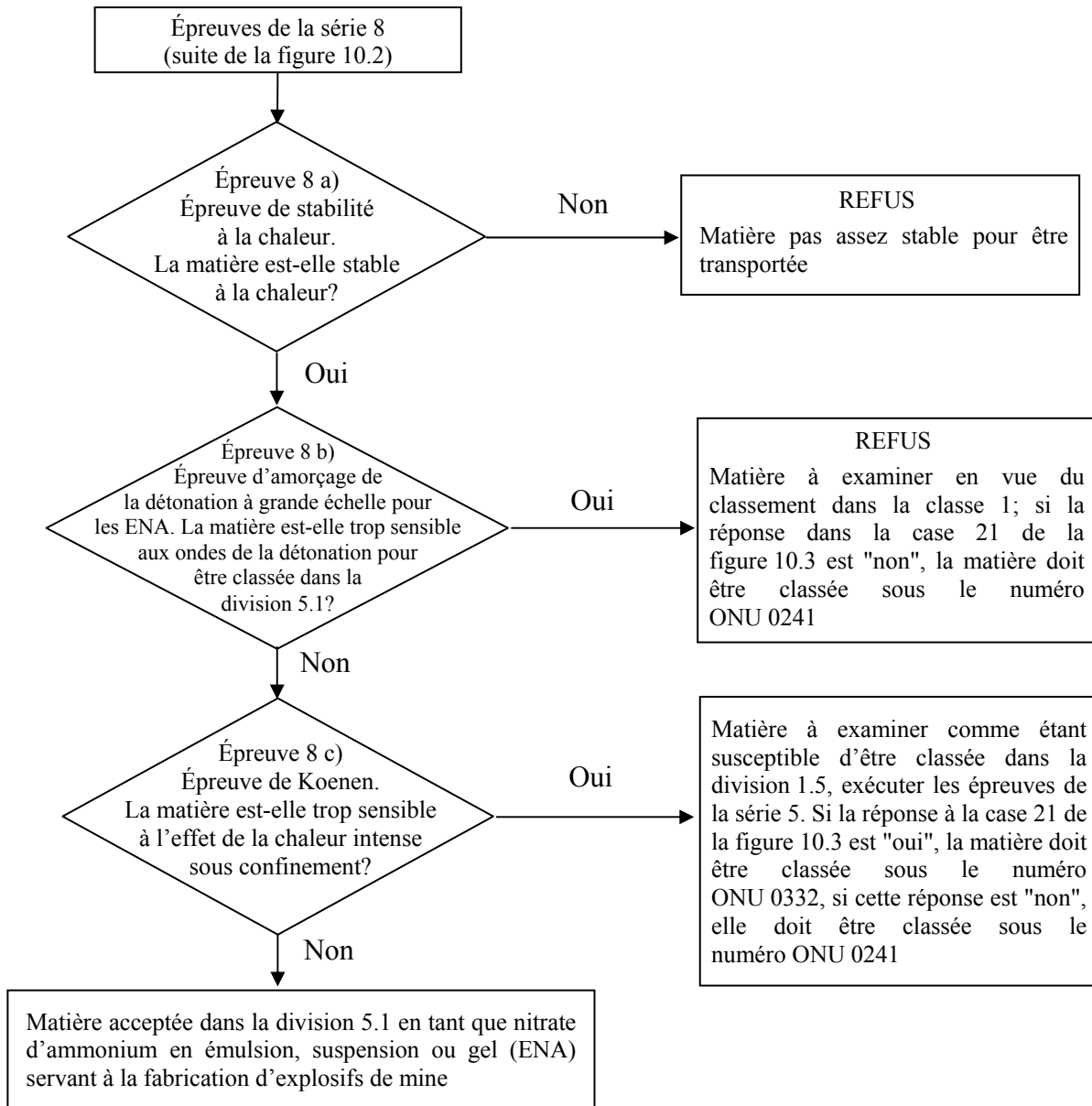
- Type 8 a) épreuve pour déterminer la stabilité de la chaleur;
- Type 8 b) épreuve d'excitation par onde de détonation pour déterminer la sensibilité à une onde de choc violent;
- Type 8 c) épreuve pour déterminer l'effet du chauffage sous confinement;

La série d'épreuves 8 d) figure dans la présente section en tant que méthode visant à déterminer si une matière peut être transportée en citerne.

**Figure 10.3 : PROCÉDURE D'AFFECTATION À UNE DIVISION DE LA CLASSE 1**



**Figure 10.4 : PROCÉDURE POUR LES NITRATES D'AMMONIUM EN ÉMULSION, SUSPENSION OU GEL (ENA) SERVANT À LA FABRICATION D'EXPLOSIFS DE MINE**



### 10.4.3 *Application des méthodes d'épreuves*

10.4.3.1 Des explications sur certains termes utilisés pour l'affectation à une division et à un groupe de compatibilité sont données dans le glossaire de l'appendice B du Règlement type (explosion en masse, matière pyrotechnique, totalité du chargement, totalité du contenu, explosion, explosion de la totalité du contenu).

10.4.3.2 Pour déterminer si une matière peut être affectée à la division 1.5, les épreuves à exécuter sont les épreuves de la série 5. Seules les matières qui donnent un résultat négatif aux trois épreuves peuvent être classées dans la division 1.5.

10.4.3.3 Les épreuves de la série 6 doivent être exécutées sur les colis de matières ou objets explosibles dans l'état et la forme dans lesquels ils sont présentés au transport. La disposition géométrique des produits doit être représentative de la méthode d'emballage et des conditions de transport réelles, et devrait correspondre au cas le plus défavorable. Pour les objets explosibles qu'il est prévu de transporter sans emballage, les épreuves doivent être exécutées sur les objets non emballés. Tous les types d'emballage contenant des matières ou objets doivent être soumis aux épreuves, excepté si :

- a) Le produit, y compris son emballage éventuel, peut être affecté sans incertitude à une division par l'autorité compétente sur la base de résultats d'autres épreuves ou de renseignements disponibles par ailleurs;
- b) Le produit, y compris son emballage éventuel, est affecté à la division 1.1.

10.4.3.4 Les épreuves des types 6 a), 6 b), 6 c) et 6 d) doivent obligatoirement être exécutées dans cet ordre. Par contre, elles ne sont pas toujours toutes nécessaires. On peut renoncer à l'épreuve du type 6 a) si les objets explosibles sont transportés sans emballage ou si l'emballage contient un seul objet. On peut également renoncer à l'épreuve du type 6 b) si, dans l'épreuve du type 6 a) :

- a) Aucun dommage extérieur n'est causé à l'emballage par la détonation et/ou l'inflammation interne;
- b) Le contenu du colis n'explose pas, ou explose si faiblement que l'on peut exclure la possibilité d'une propagation de l'effet explosif d'un colis à l'autre dans l'épreuve du type 6 b).

On peut renoncer à exécuter l'épreuve du type 6 c) si, lors de l'épreuve du type 6 b), il y a explosion pratiquement instantanée de la quasi-totalité du contenu de la pile. Dans un tel cas, le produit est affecté à la division 1.1.

L'épreuve de type 6 d) sert à déterminer si le classement dans la division 1.4, groupe de compatibilité S, est approprié, et n'est utilisée que si la disposition spécial 347 du chapitre 3.3 du Règlement type s'applique.

Les résultats des épreuves 6 c) et 6 d) indiquent si le classement du produit dans la division 1.4, groupe de compatibilité S, est approprié. Dans le cas contraire, le produit est classé dans la division 1.4, mais dans un groupe de compatibilité autre que le groupe S.

10.4.3.5 Si une matière donne un résultat négatif (-) (pas de propagation de la détonation) pour l'épreuve du type a) de la série 1, il n'est pas nécessaire d'exécuter l'épreuve 6 a) avec un détonateur. Si une matière donne un résultat négatif (-) (pas de déflagration ou déflagration lente), dans une épreuve du type c) de la série 2, il n'est pas nécessaire d'exécuter l'épreuve 6 a) avec un inflammateur.

10.4.3.6 On utilisera les épreuves des types 7 a) à 7 f) pour déterminer si l'explosif est une matière détonante extrêmement peu sensible, puis les épreuves des types 7 g), 7 h), 7 j) et 7 k) pour déterminer si les objets contenant la MDEPS peuvent être affectés à la division 1.6.

10.4.3.7 Les types d'épreuves 8 a) à 8 c) doivent être utilisés en vue d'établir si une émulsion, une suspension ou un gel de nitrate d'ammonium servant à la fabrication d'explosifs de mine (ENA) peut être affecté à la division 5.1. Les matières qui ne satisfont pas à l'une des épreuves peuvent être considérées comme susceptibles d'appartenir à la classe 1 conformément à la figure 10.4.

10.4.3.8 Si des objets contiennent des composants de régulation inertes, coûteux, ils peuvent être remplacés par des composants inertes de masse et de volume similaires.

## **10.5 Exemples de rapports d'épreuve**

10.5.1 Des exemples de rapports d'épreuve, et de l'utilisation des diagrammes de décision des procédures d'acceptation dans la classe 1 et d'affectation à une division, dans le cas du tert-butyltrinitroxyène (No ONU 2956) sont présentés dans les figures 10.5 à 10.8.

10.5.2 Un modèle de formule de rapport d'épreuve pour les objets est présenté dans la figure 10.9.

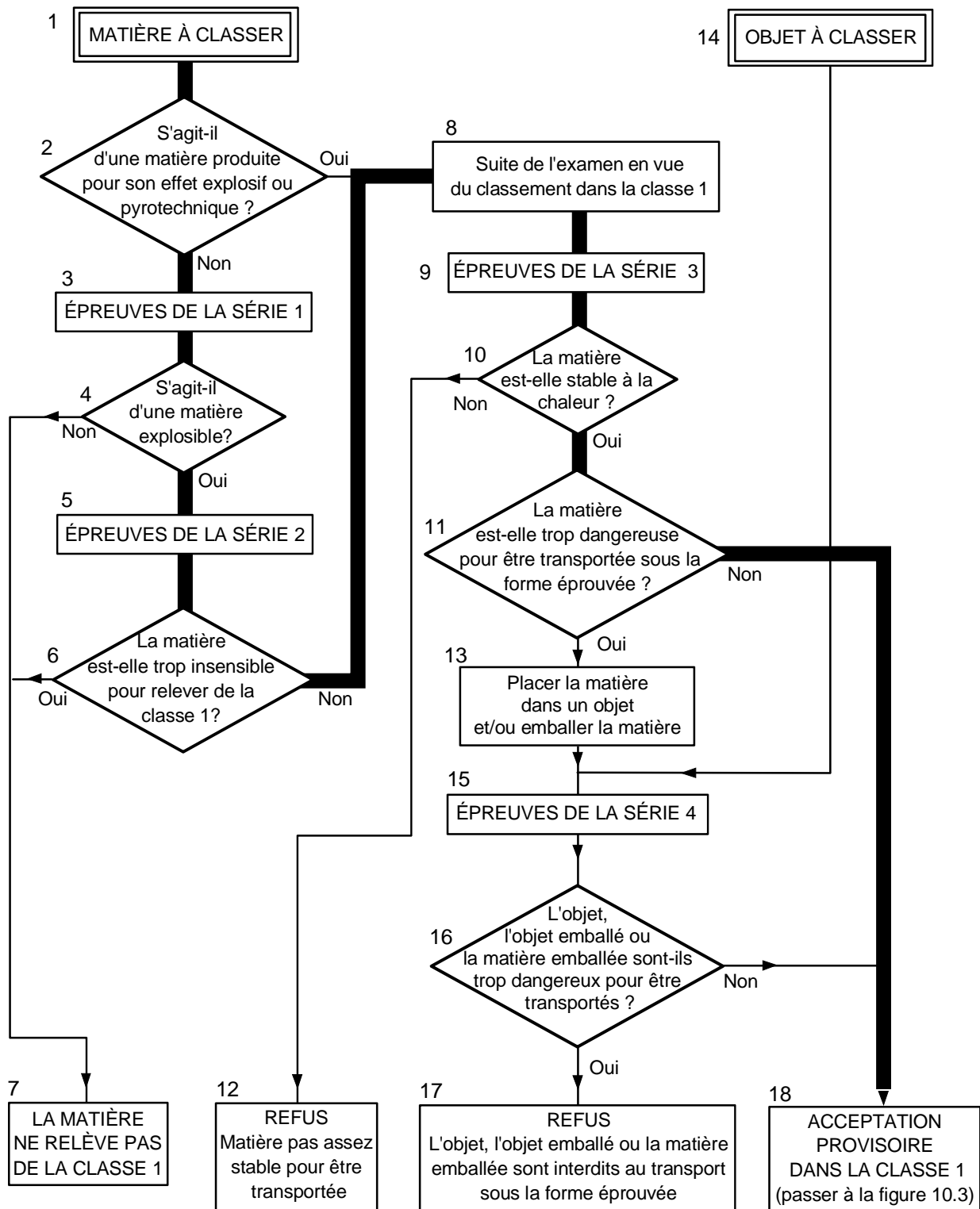
**Figure 10.5 : EXEMPLE DE RÉSULTATS DE L'APPLICATION DE LA PROCÉDURE D'ACCEPTATION DANS LA CLASSE 1**

<b>1.</b>	<b>Nom de la matière</b>	:	tert-BUTYL-5 TRINITRO-2,4,6 m-XYLÈNE (MUSC-XYLÈNE)
<b>2.</b>	<b>Renseignements généraux</b>		
2.1	Composition	:	tert-Butyltrinitro-2,4,6 m-xylène à 99 %
2.2	Formule chimique	:	C <sub>12</sub> H <sub>15</sub> N <sub>3</sub> O <sub>6</sub>
2.3	Forme physique	:	Fine poudre cristalline
2.4	Couleur	:	Jaune pâle
2.5	Masse volumique apparente	:	840 kg/m <sup>3</sup>
2.6	Granulométrie	:	< 1,7 mm
<b>3.</b>	<b>Case 2</b>	:	S'agit-il d'une matière produite pour son effet explosif ou pyrotechnique ?
3.1	Réponse	:	Non
3.2	Sortie	:	Aller à la case 3
<b>4.</b>	<b>Case 3</b>	:	Épreuves de la série 1
4.1	Aptitude à la détonation	:	Épreuve d'amorçage de la détonation de l'ONU (épreuve 1 a))
4.2	Conditions	:	Température ambiante
4.3	Observations	:	Longueur de fragmentation 40 cm
4.4	Résultat	:	"+", il y a détonation
4.5	Effet du chauffage sous confinement	:	Épreuve de Koenen (épreuve 1 b))
4.6	Conditions	:	Masse de l'échantillon 22,6 g
4.7	Observations	:	Diamètre limite 5,0 mm Type de fragmentation "F" (délai de réaction : 52 s; durée de réaction : 27 s)
4.8	Résultat	:	"+", il y a certains effets explosifs lors d'un chauffage sous confinement
4.9	Effet de l'inflammation sous confinement	:	Épreuve pression/temps (épreuve 1 c) i))
4.10	Conditions	:	Température ambiante
4.11	Observations	:	Pas d'inflammation
4.12	Résultat	:	"-", il n'y a pas d'inflammation sous confinement
4.13	Sortie	:	Aller à la case 4
<b>5.</b>	<b>Case 4</b>	:	S'agit-il d'une matière explosible ?
5.1	Réponse d'après les épreuves de la série 1	:	Oui
5.2	Sortie	:	Aller à la case 5
<b>6.</b>	<b>Case 5</b>	:	Épreuves de la série 2
6.1	Sensibilité à l'onde de choc	:	Épreuve d'amorçage de la détonation de l'ONU (épreuve 2 a))
6.2	Conditions	:	Température ambiante
6.3	Observations	:	Pas de détonation
6.4	Résultat	:	"-", la matière n'est pas sensible à l'onde de choc
6.5	Effet du chauffage sous confinement	:	Épreuve de Koenen (épreuve 2 b))
6.6	Conditions	:	Masse de l'échantillon 22,6 g



6.7	Observations	:	Diamètre limite 5,0 mm Type de fragmentation "F" (délai de réaction : 52 s; durée de réaction: 27 s)
6.8	Résultat	:	"+", effets violents lors du chauffage sous confinement
6.9	Effet de l'inflammation sous confinement	:	Épreuve pression/temps (épreuve 2 c) i))
6.10	Conditions	:	Température ambiante
6.11	Observations	:	Pas d'inflammation
6.12	Résultats	:	"-", il n'y a pas de réaction lors d'une inflammation sous confinement
6.13	Sortie	:	Aller à la case 6
<b>7.</b>	<b>Case 6</b>	:	La matière est-elle trop insensible pour relever de la classe 1 ?
7.1	Réponse d'après les épreuves de la série 2	:	Non
7.2	Conclusion	:	Suite de l'examen en vue du classement dans la classe 1 (case 8)
7.3	Sortie	:	Aller à la case 9
<b>8.</b>	<b>Case 9</b>	:	Épreuves de la série 3
8.1	Stabilité à la chaleur	:	Épreuve de 48 heures à 75 °C (épreuve 3 c))
8.2	Conditions	:	Masse de l'échantillon 100 g; 75 °C
8.3	Observations	:	Il n'y a pas d'inflammation, d'explosion, d'échauffement spontané ni de décomposition visible
8.4	Résultat	:	"-", la matière est stable à la chaleur
8.5	Sensibilité à l'impact	:	Épreuve au mouton de choc BAM (épreuve 3 a) ii))
8.6	Conditions	:	Échantillon dans l'état de réception
8.7	Observations	:	Énergie limite d'impact : 25 J
8.8	Résultats	:	"-", la matière n'est pas trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée
8.9	Sensibilité au frottement	:	Épreuve de frottement BAM (test 3 b) i))
8.10	Conditions	:	Échantillon dans l'état de réception
8.11	Observations	:	Force limite > 360 N
8.12	Résultat	:	"-", la matière n'est pas trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée
8.13	Aptitude au passage de la déflagration à la détonation	:	Épreuve de combustion à petite échelle (épreuve 3 d))
8.14	Conditions	:	Température ambiante
8.15	Observations	:	S'enflamme et brûle lentement
8.16	Résultat	:	"-", la matière n'est pas trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée
8.17	Sortie	:	Aller à la case 10
<b>9.</b>	<b>Case 10</b>	:	La matière est-elle stable à la chaleur ?
9.1	Réponse d'après l'épreuve 3 c)	:	Oui
9.2	Sortie	:	Aller à la case 11
<b>10.</b>	<b>Case 11</b>	:	La matière est-elle trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée ?
10.1	Réponse d'après les épreuves de la série 3	:	Non
10.2	Sortie	:	Aller à la case 18
<b>11.</b>	<b>Conclusion</b>	:	LA MATIÈRE EST PROVISOIREMENT ACCEPTÉE DANS LA CLASSE 1
11.1	Sortie	:	La matière est soumise à la procédure d'affectation à une division de la classe 1

**Figure 10.6 : PROCÉDURE D'ACCEPTATION TEMPORAIRE  
DU TERT-BUTYLTRINITROXYLÈNE DANS LA CLASSE 1**

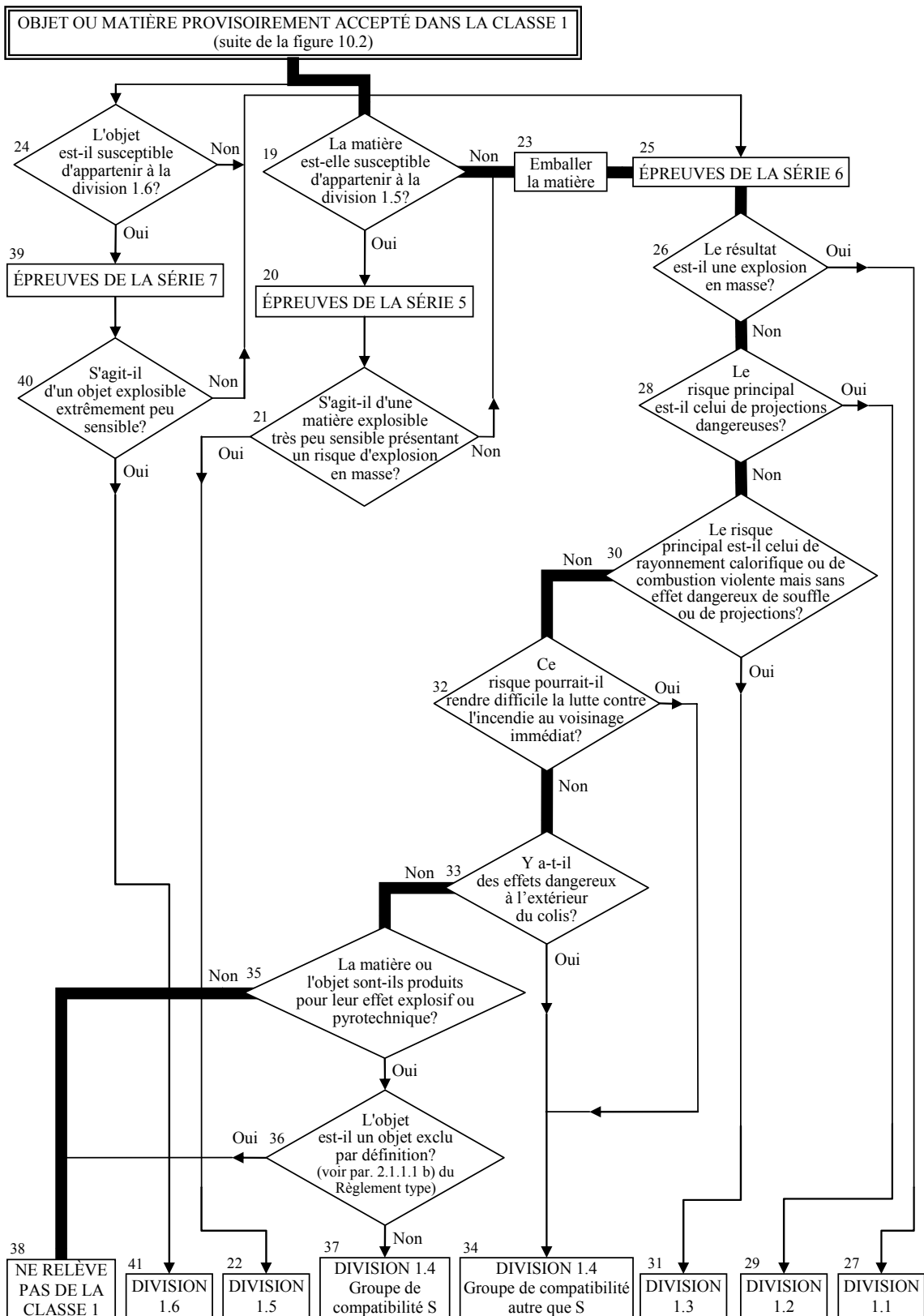


**Figure 10.7: EXEMPLE DE RÉSULTATS DE L'APPLICATION DE LA PROCÉDURE D'AFFECTATION À UNE DIVISION DE LA CLASSE 1**

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <b>1. Case 19</b>                                  | : | La matière est-elle susceptible d'appartenir à la division 1.5 ?  |
| 1.1 Réponse  | : | Non   |
| 1.2 Résultat                                       | : | Emballer la matière (case 23)   |
| 1.3 Sortie   | : | Aller à la case 25  |
| <b>2. Case 25</b>                                  | : | Épreuves de la série 6  |
| 2.1 Effet de l'amorçage à l'intérieur du colis     | : | Épreuve 6 a) avec détonateur  |
| 2.2 Conditions                                     | : | Température ambiante; fût en carton de 50 kg  |
| 2.3 Observations                                   | : | Il y a seulement décomposition localisée autour du détonateur   |
| 2.4 Résultat                                       | : | Pas de réaction significative   |
| 2.5 Effet de l'inflammation à l'intérieur du colis | : | Épreuve 6 a) avec un inflammateur   |
| 2.6 Conditions                                     | : | Température ambiante; fût en carton de 50 kg  |
| 2.7 Observations                                   | : | Il y a seulement décomposition localisée autour de l'inflammateur   |
| 2.8 Résultat                                       | : | Pas de réaction significative   |
| 2.9 Effet de propagation entre colis               | : | L'épreuve du type 6 b) n'est pas nécessaire, car il n'y a pas d'effet extérieur au colis dans l'épreuve 6 a)  |
| 2.10 Effet d'un feu intense                        | : | Épreuve 6 c)  |
| 2.11 Conditions                                    | : | 3 fûts en carton de 50 kg, montés sur un bâti, au-dessus d'un brasier de lattes de bois entrecroisées   |
| 2.12 Observations                                  | : | Il y a seulement combustion lente avec dégagement de fumée noire  |
| 2.13 Résultat                                      | : | Pas d'effet pouvant gêner la lutte contre l'incendie  |
| 2.14 Sortie  | : | Aller à la case 26  |
| <b>3. Case 26</b>                                  | : | Le résultat est-il une explosion en masse ?   |
| 3.1 Réponse d'après les épreuves de la série 6     | : | Non   |
| 3.2 Sortie   | : | Aller à la case 28  |
| <b>4. Case 28</b>                                  | : | Le risque principal est-il celui de projections dangereuses ?   |
| 4.1 Réponse d'après les épreuves de la série 6     | : | Non   |
| 4.2 Sortie   | : | Aller à la case 30  |
| <b>5. Case 30</b>                                  | : | Le risque principal est-il celui de rayonnement calorifique intense ou de combustion violente, mais sans effet dangereux de souffle ou de projections ? |
| 5.1 Réponse d'après les épreuves de la série 6     | : | Non   |
| 5.2 Sortie   | : | Aller à la case 32  |
| <b>6. Case 32</b>                                  | : | Existe-t-il néanmoins un léger risque en cas d'inflammation ou d'amorçage ?   |
| 6.1 Réponse d'après les épreuves de la série 6     | : | Non   |
| 6.2 Sortie   | : | Aller à la case 35  |

- 7. Case 35** : La matière ou l'objet sont-ils produits pour leur effet explosif ou pyrotechnique ?
- 7.1 Réponse : Non
- 7.2 Sortie : Aller à la case 38
  
- 8. Conclusion** : LA MATIÈRE NE RELÈVE PAS DE LA CLASSE 1
- 8.1 Sortie : Un classement dans une autre classe et division est à examiner.

**Figure 10.8 : PROCÉDURE D'EXCLUSION DU TERT-BUTYLTRINITROXYLÈNE DE LA CLASSE 1**



**Figure 10.9 : MODÈLE DE FORMULE DE RAPPORT D'ÉPREUVE POUR LES OBJETS**

Méthode d'épreuve		Date du rapport		Numéro de référence	
Dénomination de l'objet		Numéro de lot		Date de fabrication	

CARACTÉRISTIQUES DE CONSTRUCTION ET CONTENU (joindre schémas, etc...)

EMBALLAGE (s'il y a lieu)

PRÉTRAITEMENT OU CONDITIONNEMENT (s'il y a lieu)

CONFIGURATION D'ÉPREUVE (y compris toute variation par rapport aux procédures du Manuel)

CONDITIONS D'ESSAI

Température ambiante : °C Humidité relative : %

OBSERVATIONS

RÉSULTAT D'ÉPREUVE

CONCLUSION

## SECTION 11

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE 1

**11.1 Introduction**

11.1.1 À la question "S'agit-il d'une matière explosible ?" (case 4 de la figure 10.2), on répond d'après les définitions nationales et internationales d'une matière explosible et les résultats de trois types d'épreuves servant à déterminer les effets explosifs éventuels. La réponse à la question de la case 4 est "oui" si un résultat positif (+) est obtenu pour l'un quelconque des trois types d'épreuves.

**11.2 Méthodes d'épreuve**

La série d'épreuve 1 comprend trois types d'épreuves :

- Type 1 a) pour déterminer s'il y a aptitude à la détonation;
- Type 1 b) pour déterminer l'effet du chauffage sous confinement;
- Type 1 c) pour déterminer l'effet de l'inflammation sous confinement.

Les méthodes d'épreuve de cette série actuellement utilisées sont énumérées au tableau 11.1.

**Tableau 11.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE 1**

Code	Nom de l'épreuve	Section
1 a)	Épreuve d'amorçage de la détonation de l'ONU <sup>a</sup>	11.4.1
1 b)	Épreuve de Koenen <sup>a</sup>	11.5.1
1 c) i)	Épreuve pression/temps <sup>a</sup>	11.6.1
1 c) ii)	Épreuve d'inflammation interne	11.6.2

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

**11.3 Conditions d'épreuve**

11.3.1 Étant donné l'effet important de la masse volumique apparente de la matière sur les résultats de l'épreuve du type 1 a), elle devrait toujours être enregistrée. La masse volumique apparente des matières solides devrait être déterminée par mesure du volume du tube et de la masse de l'échantillon.

11.3.2 S'il s'agit d'un mélange dont les composants peuvent se séparer au cours du transport, on doit lors de l'épreuve placer l'amorce au contact du composant potentiellement le plus explosif.

11.3.3 Les épreuves doivent être exécutées à la température ambiante, sauf s'il est prévu de transporter la matière dans des conditions susceptibles de modifier son état physique ou sa densité.

11.3.4 Si le transport d'un liquide est envisagé dans des conteneurs-citernes ou des grands récipients pour vrac d'une capacité supérieure à 450 l, une variante avec cavitation de l'épreuve du type 1 a) doit être exécutée (voir la disposition spéciale 26 dans le chapitre 3.3 du Règlement type).

11.3.5 Pour les matières organiques et les mélanges de matières organiques dont l'énergie de décomposition est supérieure ou égale à 800 J/g, il n'est pas nécessaire d'exécuter l'épreuve de la série 1, type a) si le résultat de l'épreuve de tir au mortier balistique Mk.III d (épreuve F.1), de l'épreuve du mortier

ballistique (épreuve F.2) ou à l'épreuve de Trauzl BAM (épreuve F.3) avec amorçage par un détonateur normalisé No 8 (voir appendice 1) est "Réaction nulle". Dans ce cas, le résultat de l'épreuve de la série 1, type a) est réputé être négatif (-). Si le résultat de l'épreuve F.1, F.2 ou F.3 est "Réaction significative", le résultat de l'épreuve de la série 1, type a), est réputé être positif (+). Dans ce cas, un résultat négatif (-) ne peut être obtenu qu'en exécutant l'épreuve de la série 1, type a).

#### **11.4 Série 1, type a) : Dispositions d'épreuve**

##### **11.4.1 Épreuve 1 a) : Épreuve d'amorçage de la détonation de l'ONU**

###### *11.4.1.1 Introduction*

Cette épreuve est utilisée pour déterminer l'aptitude à la détonation d'une matière confinée dans un tube en acier, soumise à l'effet d'un relais détonant.

###### *11.4.1.2 Appareillage et matériels*

###### **11.4.1.2.1 Matières solides**

Le dispositif d'essai est représenté à la figure 11.4.1.1. L'échantillon est placé dans un tube en acier au carbone sans soudure étiré à froid de  $40 \pm 2$  mm de diamètre extérieur, d'une épaisseur de paroi de  $4,0 \pm 0,1$  mm et d'une longueur de  $400 \pm 5$  mm. Si la matière éprouvée risque de réagir avec l'acier, l'intérieur du tube doit être protégé par un revêtement de résine fluorocarbonée. Le fond du tube est fermé par deux couches de feuille de polyéthylène de 0,08 mm, tendues fermement (jusqu'à déformation plastique) sur le fond du tube et maintenue en place avec des anneaux de caoutchouc et de la bande autocollante. Pour les matières qui réagissent avec le polyéthylène, on peut utiliser de la feuille de PTFE. Le relais est une charge de 160 g d'hexocire (95/5) ou de pentolite (50/50), de  $50 \pm 1$  mm de diamètre et d'environ 50 mm de longueur, et ayant une masse volumique de  $1\,600 \pm 50$  kg/m<sup>3</sup>. La charge d'hexocire peut être constituée d'un ou plusieurs éléments comprimés, pour autant que la charge totale réponde aux conditions; la charge de pentolite est coulée. Une plaque témoin en acier doux de  $3,2 \pm 0,2$  mm d'épaisseur de  $150 \pm 10$  mm de côté est placée à l'extrémité supérieure du tube d'acier et séparée de celui-ci par des cales de  $1,6 \pm 0,2$  mm d'épaisseur.

###### **11.4.1.2.2 Matières liquides**

Le dispositif d'essai pour les liquides est le même que pour les matières solides. Si une variante avec cavitation de l'épreuve est exécutée (voir le paragraphe 11.3.4), on peut utiliser une des méthodes de cavitation indiquées dans l'appendice 3.

###### *11.4.1.3 Mode opératoire*

**11.4.1.3.1** Le tube est rempli de matière jusqu'en haut. Pour les matières solides, on obtient la densité de chargement voulue en frappant à petits coups sur le tube jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de tassement visible. On détermine la masse de l'échantillon et, s'il s'agit d'une matière solide, on calcule la masse volumique apparente d'après le volume interne du tube mesuré. La densité de l'échantillon devrait être aussi proche que possible de celle la matière transportée.

**11.4.1.3.2** Le tube est alors installé en position verticale et la charge relais est placée directement contre la feuille de plastique qui ferme le fond du tube. Le détonateur est placé contre la charge et mis à feu. Deux essais sont exécutés, à moins qu'une détonation ne soit observée au premier.

###### *11.4.1.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Les résultats de l'épreuve sont évalués en fonction du type de fragmentation du tube et de la perforation ou non de la plaque témoin. Pour le classement, on retient le résultat d'essai le plus défavorable.



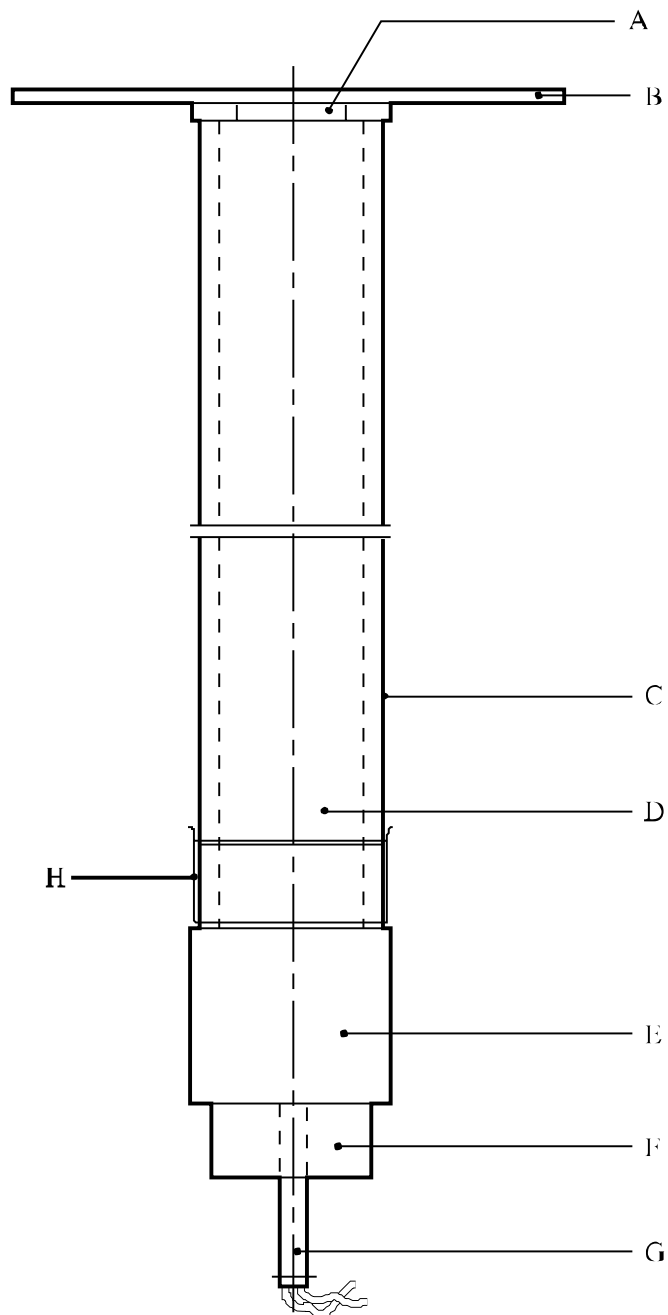
On considère que le résultat de l'essai est positif (+) et que la matière est apte à détoner, dans l'un ou l'autre des cas suivants :

- Le tube est entièrement fragmenté;
- Un trou est percée à travers la plaque témoin.

Tout autre résultat est considéré comme négatif (-) et la matière comme inapte à détoner.

#### 11.4.1.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique apparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Longueur fragmentée (cm)</b>	<b>Plaque témoin</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'ammonium en granulés	800	40	bombée	+
Nitrate d'ammonium 200 µm	540	40	percée	+
Nitrate-fioul 94/6	880	40	percée	+
Nitrométhane	1 130	40	percée	+
Nitrométhane/méthanol, 55/45	970	20	bombée	-
Pentite/lactose, 20/80	880	40	percée	+
Pentite/lactose, 10/90	830	17	intacte	-
Perchlorate d'ammonium 200 µm	1 190	40	percée	+
Tolite coulée	1 510	40	percée	+
Tolite en paillettes	710	40	percée	+
Eau	1 000	< 40	bombée	-



---

(A)	Cales de séparation	(B)	Plaque témoin
(C)	Tube d'acier	(D)	Matière à éprouver
(E)	Relais d'amorçage	(F)	Support du détonateur
(G)	Détonateur	(H)	Feuille de plastique

---

**Figure 11.4.1.1 ÉPREUVE D'AMORÇAGE DE LA DÉTONATION DE L'ONU**

## 11.5 **Séries 1, type b) : Dispositions d'épreuve**

### 11.5.1 **Épreuve 1 b) : Épreuve de Koenen**

#### 11.5.1.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer la sensibilité des matières solides et des liquides à l'effet d'un chauffage intense sous fort confinement.

#### 11.5.1.2 *Appareillage et matériels*

11.5.1.2.1 Le dispositif d'essai est constitué par une douille en acier non réutilisable avec dispositif de fermeture réutilisable, installée dans une enceinte de chauffage et de protection. La douille est obtenue par emboutissage d'une tôle d'acier répondant à la norme DC04 (EN 10027-1), ou la norme équivalente A620 (AISI/SAE/ASTM) ou la norme équivalente SPCEN (JIS G 3141). Ses cotes sont indiquées à la figure 11.5.1.1. À son extrémité ouverte, la douille comporte un rebord. Le disque à lumière, à travers lequel s'échappent les gaz de décomposition de l'échantillon, est en acier au chrome résistant à la chaleur. Les diamètres de lumière disponibles sont les suivants : 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 5,0 - 8,0 - 12,0 et 20,0 mm. Les cotes de la bague filetée et de l'écrou (qui forment le dispositif de fermeture) sont indiquées à la figure 11.5.1.1.

Pour le contrôle qualité des douilles en acier, 1 % des douilles de chaque lot de production doit être soumis au contrôle qualité et les données suivantes doivent être vérifiées:

- a) La masse des douilles doit être de  $26,5 \pm 1,5$  g, les douilles utilisées à chaque séquence d'épreuve ne doivent pas présenter une différence de masse de plus de 1 g;
- b) La longueur des douilles doit être  $75 \pm 0,5$  mm;
- c) L'épaisseur de paroi des douilles mesurée à 20 mm du fond de la douille doit être  $0,5 \pm 0,05$  mm;
- d) La pression de rupture telle que déterminée par charge quasi-statique à travers un fluide incompressible doit être  $30 \pm 3$  MPa.

11.5.1.2.2 Pour le chauffage, on utilise quatre brûleurs alimentés en propane à partir d'une bouteille à gaz industriel par l'intermédiaire d'un détendeur, d'un compteur et de tuyaux de répartition. D'autres gaz combustibles peuvent être utilisés à condition que la vitesse de chauffe prescrite soit respectée. La pression du gaz est réglée pour maintenir une vitesse de chauffe de  $3,3 \pm 0,3$  K/s, cette valeur étant mesurée par une opération d'étalonnage. Celle-ci consiste à chauffer une douille (munie d'un disque à lumière de 1,5 mm), contenant 27 cm<sup>3</sup> de phtalate de dibutyle. On enregistre le temps nécessaire pour porter la température du liquide, mesurée avec un thermocouple de 1 mm de diamètre placé en position centrale à 43 mm au-dessous du bord de la douille, de 135 °C à 285 °C et on calcule la vitesse de chauffe correspondante.

11.5.1.2.3 Étant donné le risque d'éclatement de la douille lors de l'essai, le chauffage s'effectue dans une enceinte de protection en métal soudé, ayant la configuration et les dimensions indiquées à la figure 11.5.1.2. La douille est suspendue entre deux tiges passant par des trous percés dans les parois opposées de l'enceinte. La position des brûleurs est indiquée à la figure 11.5.1.2. Les brûleurs sont allumés simultanément au moyen d'une veilleuse ou d'un allumeur électrique. **Le dispositif d'essai est installé dans un local protégé.** Au cours de l'essai on doit prendre des mesures pour éviter que les flammes des brûleurs ne soient déviées par les courants d'air. Le local d'essai doit être muni d'un système d'extraction des gaz ou fumées provenant des essais.

### 11.5.1.3 *Mode opératoire*

11.5.1.3.1 La matière est normalement soumise à l'épreuve telle qu'elle a été reçue. Dans certains cas cependant il peut être nécessaire de la broyer auparavant. Pour les matières solides, la masse de matière à utiliser pour chaque essai est déterminée au moyen d'un essai à blanc en deux étapes. On remplit une douille préalablement tarée de 9 cm<sup>3</sup> de matière et on tasse<sup>1</sup> celle-ci avec une force de 80 N s'exerçant sur toute la section transversale de la douille. S'il s'agit d'une matière compressible, on complète le plein et on tasse jusqu'à ce que la douille soit remplie à 55 mm du bord. La masse totale de matière utilisée jusque-là est déterminée et deux portions supplémentaires, chacune tassée avec une force de 80 N, sont ajoutées. Ensuite, selon le cas, on enlève l'excédent, ou on rajoute, en tassant, ce qui manque, pour amener le niveau à 15 mm du bord.

On exécute un second essai à blanc, en commençant par charger une portion tassée égale au tiers de la masse totale mesurée lors du premier essai de chargement. On ajoute ensuite deux de ces portions supplémentaires en tassant avec une force de 80 N, et on ajuste le niveau de l'échantillon dans le tube à 15 mm du bord supérieur en ajoutant ou en enlevant de la matière selon le cas. La quantité de matière déterminée lors du second essai de chargement est utilisée pour chaque essai, le remplissage s'effectuant par trois portions égales, chacune comprimée à 9 cm<sup>3</sup>. (Cette opération peut être facilitée par l'utilisation de bagues d'espacement.) Avec les liquides et matières géli-formes on charge le tube sur 60 mm de haut, en veillant avec un soin particulier, dans le cas de ces dernières, à ce qu'il ne subsiste pas de vides. La bague filetée est enfilée sur la douille par en dessous, le disque à lumière approprié est mis en place et l'écrou est serré à la main après application d'un peu de graisse au bisulfure de molybdène sur le filet. Il est très important de s'assurer qu'il ne subsiste pas de matière prise entre le rebord de la douille et le disque, ou dans les filets.

11.5.1.3.2 Pour les disques avec lumières de 1,0 à 8,0 mm, on utilise des écrous de 10 mm d'ouverture; au-delà, on doit utiliser un écrou de 20 mm d'ouverture. Une douille n'est utilisée que pour un seul essai. Par contre, les disques à lumière, bagues filetées et écrous peuvent être réutilisés s'ils ne sont pas endommagés.

11.5.1.3.3 La douille est ensuite placée dans un étau solidement ancré et l'écrou est serré avec une clé. Elle est ensuite suspendue entre les deux tiges de l'enceinte de protection. La zone d'épreuve est évacuée, l'arrivée de gaz est ouverte et les brûleurs sont allumés. Le délai de réaction et la durée de la réaction peuvent être des informations supplémentaires utiles pour l'interprétation des résultats. S'il ne se produit pas d'éclatement, on doit prolonger le chauffage pendant cinq minutes au moins avant d'arrêter l'essai. Après chaque essai, s'il y a eu fragmentation, on rassemble et on pèse les fragments de la douille.

11.5.1.3.4 Du point de vue du type de fragmentation, on distingue les effets suivants :

- "O" : Douille intacte;
- "A" : Fond de la douille gonflé;
- "B" : Fond et paroi de la douille gonflés;
- "C" : Fond de la douille fendu;
- "D" : Paroi de la douille fendue;
- "E" : Douille fendue en deux<sup>2</sup> fragments;
- "F" : Douille fragmentée en trois<sup>2</sup> morceaux ou plus, assez gros pour la plupart, éventuellement restés attachés entre eux;
- "G" : Douille fragmentée en de nombreux morceaux petits pour la plupart; dispositif de fermeture intact;
- "H" : Douille fragmentée en de nombreux très petits morceaux; dispositif de fermeture déformé ou rompu.

---

<sup>1</sup> *Cette méthode peut être inapplicable pour des raisons de sécurité (matières sensibles au frottement). Si la forme physique de l'échantillon risque d'être modifiée par la compression, ou si l'utilisation d'un échantillon comprimé n'est pas représentative des conditions de transport (matériaux fibreux par exemple), on pourra utiliser d'autres méthodes de remplissage adaptées.*

<sup>2</sup> *Le haut de la douille, retenu dans le dispositif de fermeture, est compté comme un fragment.*

Des exemples des types de fragmentation "D", "E" et "F" sont montrés à la figure 11.5.1.3. Si un essai aboutit à une fragmentation du type "O" à "E", on considère que le résultat est "pas d'explosion". Si l'on obtient le type de fragmentation "F" à "H", on considère que le résultat est "explosion".

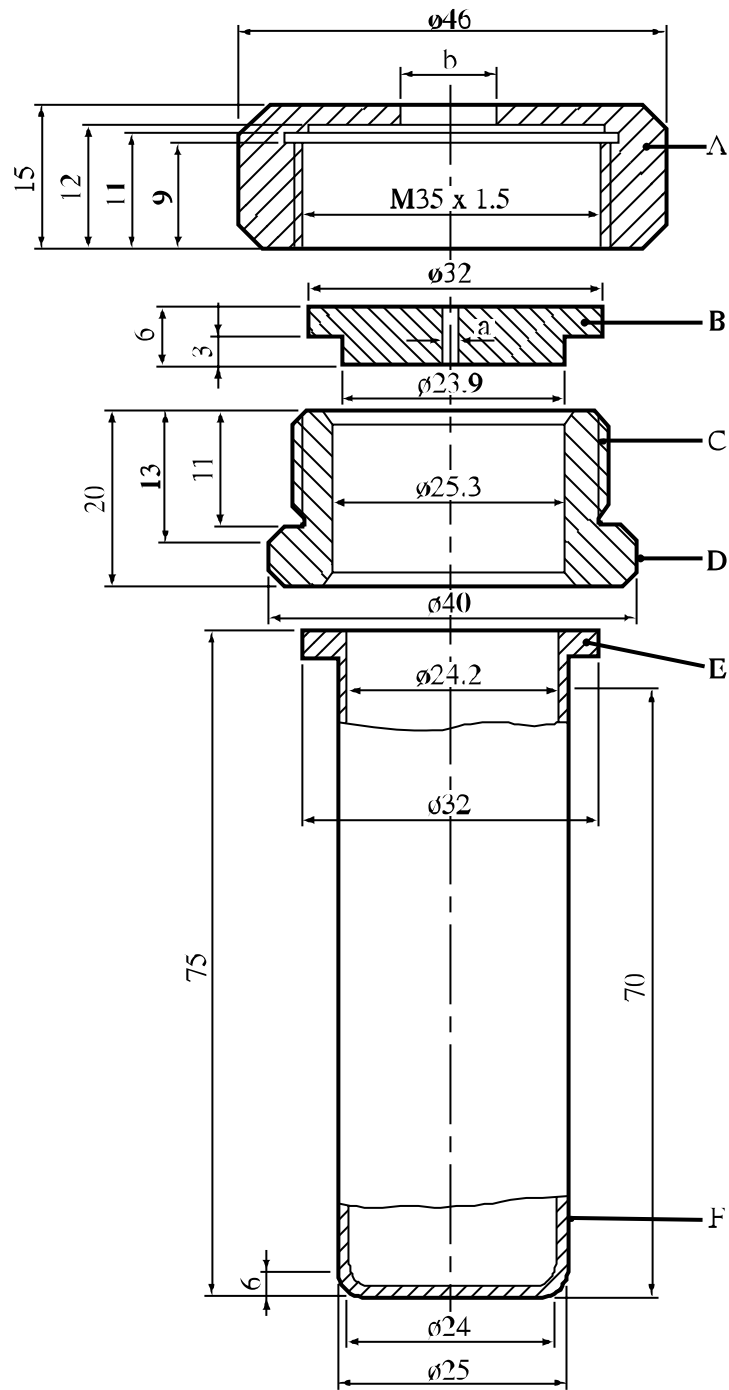
11.5.1.3.5 La série d'essais commence par un essai simple avec disque à lumière de 20 mm. Si lors de cet essai, il y a explosion, on poursuit la série avec des essais sur des douilles sans disque à lumière ni écrou mais seulement munies de la bague fileté (ouverture : 24 mm). Si par contre il n'y a pas d'explosion on poursuit la série avec un essai pour chacun des diamètres de lumière suivants : 12,0 - 8,0 - 5,0 - 3,0 - 2,0 - 1,5 - et finalement 1,0 mm, jusqu'à ce que l'on obtienne le résultat positif ("explosion"). On exécute alors des essais à des diamètres croissants selon l'ordre indiqué en 11.5.1.2.1 jusqu'à ce que l'on obtienne trois résultats négatifs ("pas d'explosion") lors de trois essais au même diamètre. Le diamètre limite pour une matière donnée est le plus grand diamètre pour lequel le résultat "explosion" ait été obtenu. S'il n'y a pas d'explosion même au diamètre de 1 mm, on note comme résultat pour le diamètre limite "moins de 1 mm".

#### 11.5.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière réagit au chauffage sous confinement si le diamètre limite est égal ou supérieur à 1 mm. On considère que le résultat est négatif (-) et que la matière ne réagit pas au chauffage sous confinement s'il est inférieur à ce chiffre.

#### 11.5.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Diamètre limite (mm)</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'ammonium (cristaux)	1,0	+
Nitrate d'ammonium (perles haute densité)	1,0	+
Nitrate d'ammonium (perles basse densité)	1,0	+
Perchlorate d'ammonium	3,0	+
Dinitro-1,3 benzène (cristaux)	< 1,0	-
Dinitro-2,4 toluène (cristaux)	< 1,0	-
Nitrate de guanidine (cristaux)	1,5	+
Nitroguanidine (cristaux)	1,0	+
Nitrométhane	< 1,0	-
Nitrate d'urée (cristaux)	< 1,0	-



- 
- (A) Écrou ( $\varnothing b = 10$  ou  $20$  mm) de  $41$  mm entre plats
  - (B) Disque à lumière ( $\varnothing a = 1,0$  à  $20$  mm)
  - (C) Bague filetée
  - (D)  $36$  mm entre plats
  - (E) Rebord
  - (F) Douille
- 

**Figure 11.5.1.1 : DOUILLE ET ACCESSOIRES**

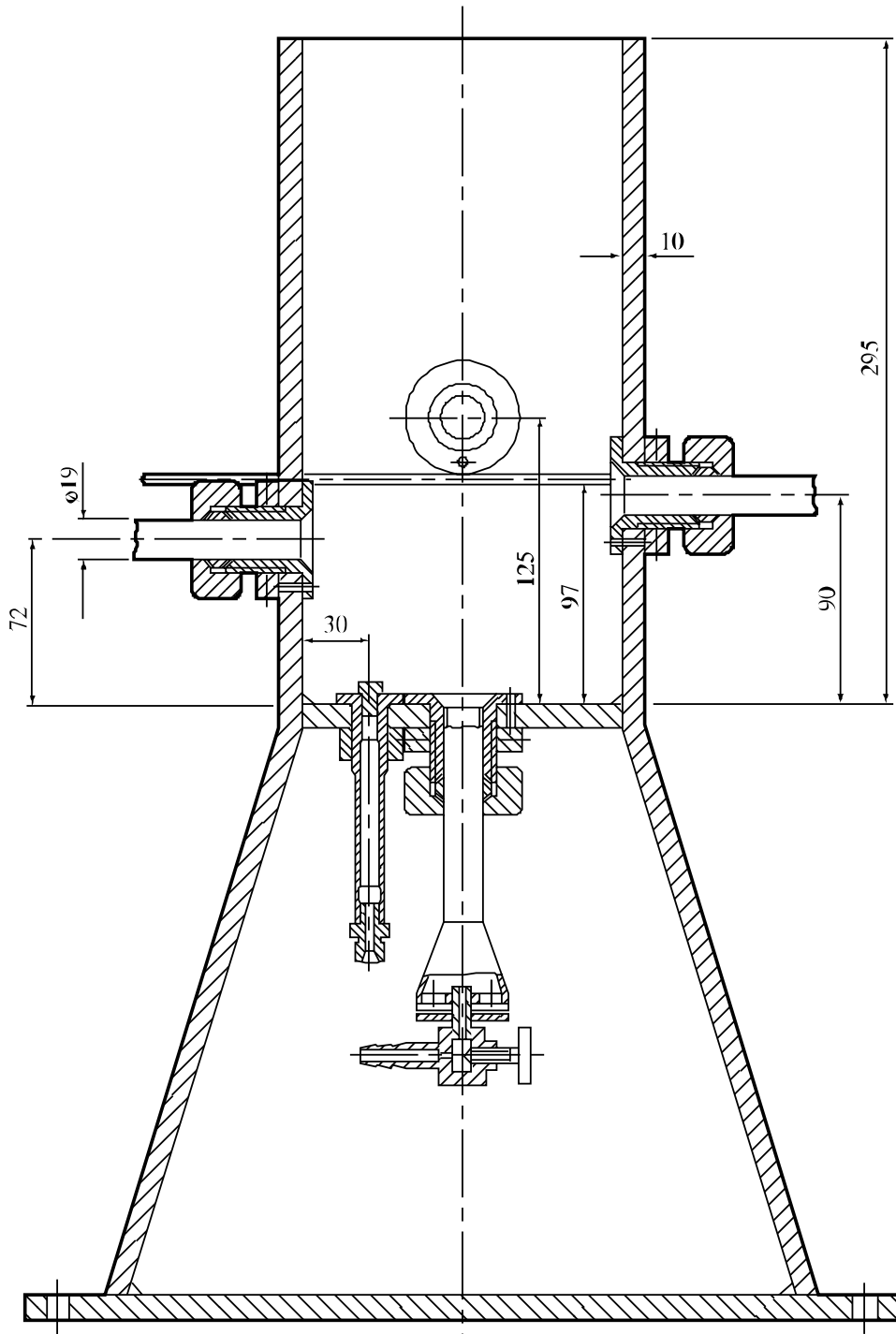


Figure 11.5.1.2 : ENCEINTE DE CHAUFFAGE ET DE PROTECTION

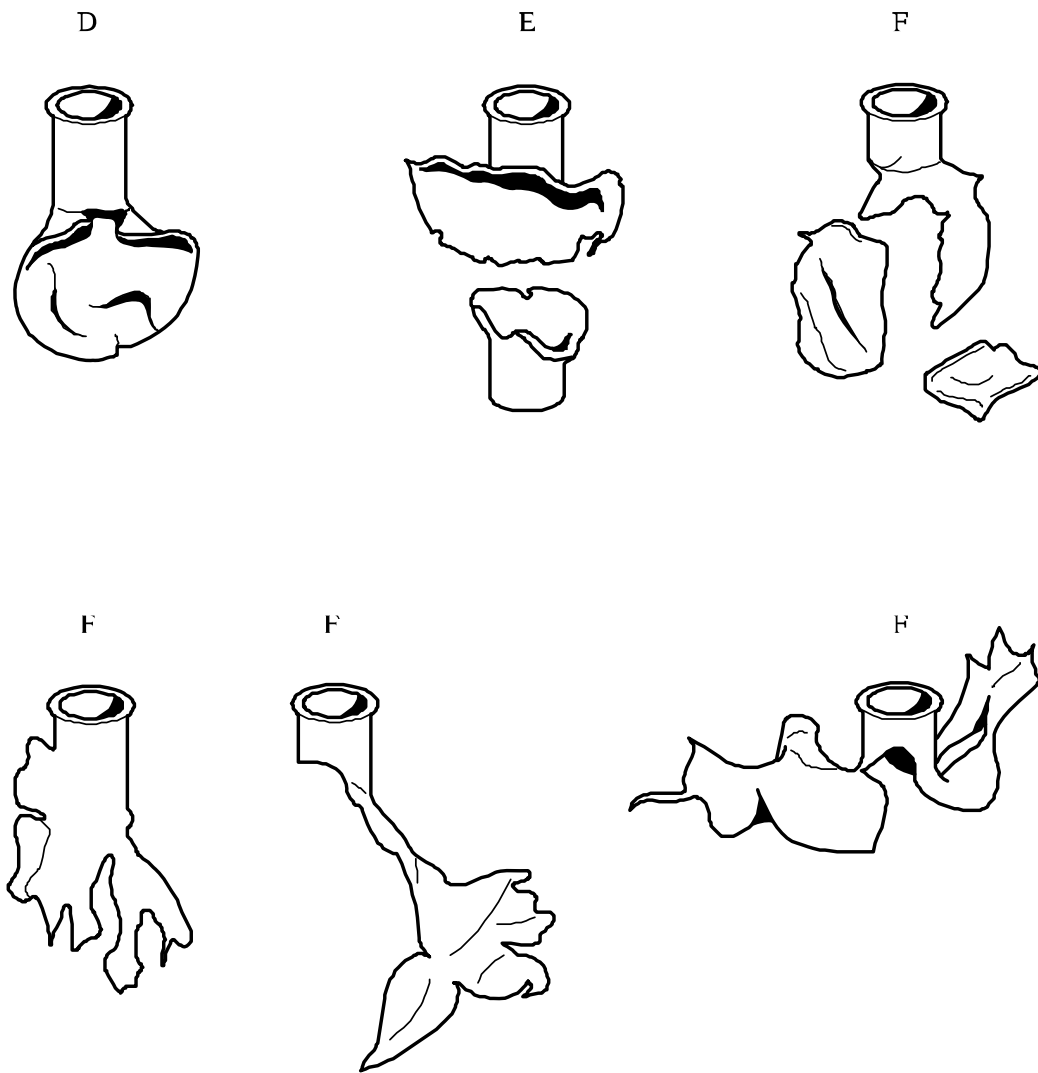


Figure 11.5.1.3 : EXEMPLES DES TYPES DE FRAGMENTATION D, E ET F



## 11.6 Série 1, type c) : Dispositions d'épreuve

### 11.6.1 Épreuve 1 c) i) : Épreuve pression/temps

#### 11.6.1.1 Introduction

Cette épreuve sert à déterminer les effets d'une inflammation de la matière<sup>3</sup> sous confinement; il s'agit de savoir si une inflammation peut causer une déflagration explosive aux pressions qui peuvent être atteintes lorsque les matières sont transportées dans des emballages normaux du commerce.

#### 11.6.1.2 Appareillage et matériels

11.6.1.2.1 Le dispositif d'essai (représenté à la figure 11.6.1.1) est constitué par une bombe cylindrique en acier de 89 mm de long et 60 mm de diamètre extérieur. La bombe comporte deux plats usinés en des points diamétralement opposés (ce qui réduit sa largeur à cet endroit à 50 mm), ce qui permet de l'immobiliser pour le serrage du bouchon de mise à feu et du bouchon à évent. Elle est alésée intérieurement à 20 mm et comporte aux deux extrémités un chambrage de 19 mm de profondeur taraudé au pas de 1 in. British Standard Pipe. Une prise de pression est vissée latéralement dans le corps de la bombe à 35 mm d'une extrémité, et à un angle de 90° par rapport aux plats. Elle se visse dans un chambrage de 12 mm de profondeur taraudé au pas de 1/2 in. British Standard Pipe. Un joint en cuivre est utilisé pour assurer l'étanchéité aux gaz. La prise de pression fait saillie latéralement de 55 mm par rapport au corps de la bombe et est percée d'un trou axial de 6 mm. Elle comporte à son extrémité extérieure un chambrage taraudé pour recevoir un capteur de pression du type à diaphragme; on peut utiliser à cette fin tout dispositif de mesure de pression, à condition qu'il résiste aux gaz chauds et aux produits de décomposition et qu'il puisse répondre à des accroissements de pression de 690 à 2 070 kPa en moins de 5 ms.

11.6.1.2.2 L'extrémité de la bombe la plus éloignée du raccord est fermée par un bouchon de mise à feu qui porte deux électrodes, dont l'une est isolée du corps du bouchon et l'autre mise à la masse. L'autre extrémité est fermée par un disque de rupture en aluminium de 0,2 mm d'épaisseur (réglé pour une pression de rupture d'environ 2 200 kPa), maintenu en place par un bouchon portant un évent de 20 mm de diamètre. Un joint en plomb mou est utilisé avec chaque bouchon pour assurer une bonne étanchéité. Un porte-bombe spécial (figure 11.6.1.2) permet de maintenir la bombe dans la position voulue pendant les essais. Il est constitué par une plaque d'embase en acier doux de 235 mm × 184 mm × 6 mm, sur laquelle est soudé obliquement un tube de section carrée (70 mm × 70 mm × 4 mm) de 185 mm de long.

11.6.1.2.3 À une extrémité du tube carré, on a enlevé une certaine longueur de métal sur deux faces opposées, ce qui laisse une longueur de 86 mm de tube carré prolongée par deux côtés plats. Les extrémités de ces plats sont coupées à 60° par rapport à l'axe du tube et soudées à la plaque d'embase.

11.6.1.2.4 Une encoche de 22 mm de large et de 46 mm de profondeur est découpée sur un côté en haut du tube carré, de telle manière que lorsque la bombe est posée dans le support, bouchon de mise à feu vers le bas, le raccord de prise de pression vienne s'y loger. Une entretoise en acier de 30 mm de large et 6 mm d'épaisseur est soudée sur la paroi intérieure du tube du côté orienté vers le bas. Deux trous taraudés dans le côté opposé reçoivent des vis à molettes de 7 mm, qui servent à fixer la bombe. Deux rebords en acier de 12 mm de large et de 6 mm d'épaisseur soudés sur les flancs du support à la base de la section carrée soutiennent la bombe par le fond.

11.6.1.2.5 Le dispositif d'inflammation comprend une tête d'amorce électrique du type couramment utilisé dans les détonateurs à basse tension, sur laquelle est enfilé un morceau carré de 13 mm de côté de tissu enduit de composition d'amorçage. D'autres têtes d'amorce ayant des caractéristiques équivalentes

---

<sup>3</sup> Lors d'un essai exécuté sur des liquides énergétiques thermiquement stables tels que le nitrométhane (No ONU 1261), il arrive que les résultats ne soient pas reproductibles parce que la matière produit deux pointes de pression.

peuvent être utilisées. Le tissu imprégné est de la toile de lin enduite des deux côtés d'une composition pyrotechnique de nitrate de potassium/silicium/poudre noire sans soufre<sup>4</sup>.

11.6.1.2.6 Pour les essais sur les matières solides, les opérations de préparation du dispositif d'allumage consistent en premier à décoller de la carte isolante les fils conducteurs plats en cuivre d'une amorce électrique (voir figure 11.6.1.3). La partie découverte de la carte est alors coupée. La tête d'amorce est ensuite soudée aux bornes du bouchon d'allumage par les conducteurs plats, de telle manière que le sommet de l'amorce soit situé à 13 mm au-dessus de la face supérieure du bouchon. Un morceau carré de 13 mm de côté de tissu enduit de composition d'amorçage, percé d'un trou central, est placé sur la tête d'amorce, puis replié autour de celle-ci et attaché avec un fil de coton fin.

11.6.1.2.7 Pour les essais sur les liquides, des fils sont soudés aux conducteurs plats de la tête d'amorce. On fait alors passer les fils à l'intérieur d'une portion de 8 mm de long de tube en caoutchouc au silicone d'un diamètre extérieur de 5 mm et intérieur de 1 mm, puis l'on repousse cette portion de tube pour l'enfiler sur les conducteurs plats de la manière indiquée à la figure 11.6.1.4. Le morceau de tissu imprégné de composition d'amorçage est alors rabattu autour de l'amorce et une gaine en PVC mince d'un seul morceau, ou en un matériau équivalent, est enfilée sur le tissu imprégné et le tube en caoutchouc. La gaine est fermée de manière étanche autour du tube par un collier de sertissage en fil métallique mince la serrant autour du tube. Les fils du dispositif sont alors soudés aux bornes du bouchon de mise à feu de telle manière que le sommet de l'amorce soit situé à 13 mm au-dessus de la face supérieure du bouchon.

### 11.6.1.3 *Mode opératoire*

11.6.1.3.1 La bombe montée, avec son capteur de pression, mais non fermée sur son disque de rupture, est posée bouchon d'allumage vers le bas dans son support. On introduit alors 5 g<sup>5</sup> de matière dans la bombe, de telle manière que l'échantillon touche le dispositif d'allumage. Exceptionnellement, il pourra être nécessaire de tasser légèrement l'échantillon pour faire tenir cette quantité. Si un léger tassement ne le permet pas, le tir doit s'effectuer avec un récipient rempli complètement. On doit alors enregistrer le poids de la charge. On pose ensuite le joint de plomb et le disque de rupture en aluminium, puis on visse solidement le bouchon. La bombe chargée est alors introduite dans son support, disque de rupture vers le haut, et l'ensemble est placé dans une sorbonne blindée ou dans une chambre de tir. Un explosureur est raccordé aux bornes extérieures du bouchon et la charge est mise à feu. Le signal émis par le capteur de pression est enregistré avec un appareillage approprié, permettant à la fois d'effectuer une analyse des phénomènes rapides et d'obtenir un enregistrement permanent de la courbe pression/temps (enregistreur de signaux transitoires couplé avec un enregistreur à bande de papier).

11.6.1.3.2 On exécute trois essais. On note le temps nécessaire pour que la pression passe de 690 kPa à 2 070 kPa (pression manométrique). On retient le temps le plus court aux fins du classement.

### 11.6.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Pour l'évaluation des résultats, on détermine si la pression de 2 070 kPa a été atteinte et, dans ce cas, le temps nécessaire pour l'accroissement de pression de 690 kPa à 2 070 kPa.

---

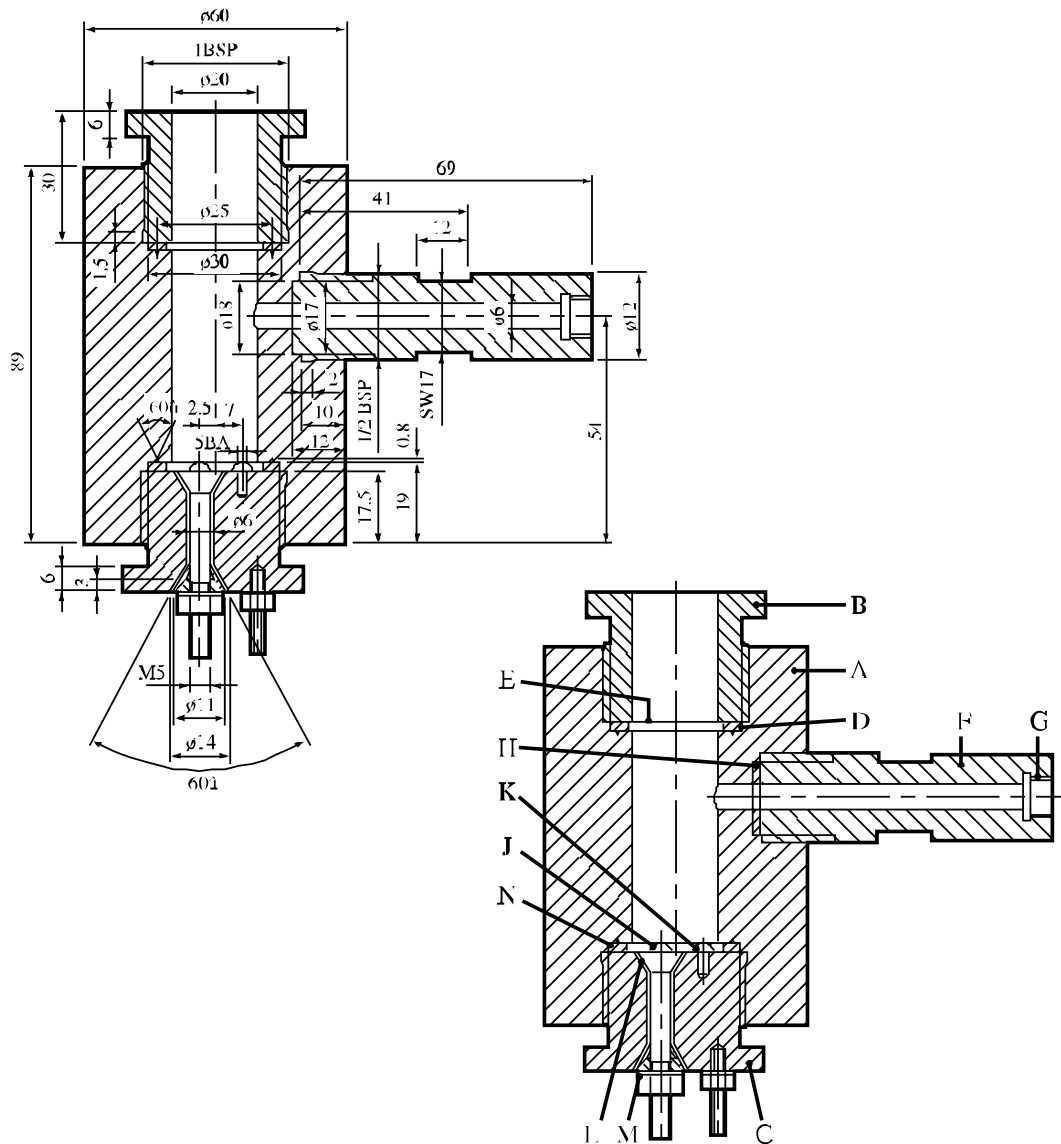
<sup>4</sup> Cette composition peut être obtenue auprès du correspondant national pour les conditions d'épreuve du Royaume-Uni (voir l'appendice 4).

<sup>5</sup> Au cas où des essais préalables effectués pour déterminer si une matière est dangereuse à manipuler (chauffage dans une flamme, par exemple) ou si elle est capable de passer de la déflagration à la détonation sans confinement (épreuve du type 3 d), par exemple indiquent que celle-ci est susceptible de réaction violente, on doit réduire la dimension de l'échantillon à 0,5 g jusqu'à ce que l'on connaisse avec précision l'intensité de la réaction. En partant de 0,5 g, on procédera en augmentant progressivement la taille de l'échantillon jusqu'à 5 g, à moins qu'un résultat positif (+) ne soit obtenu auparavant.

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière est apte à déflagrer si la pression maximale atteinte lors d'un essai est égale ou supérieure à 2 070 kPa (pression manométrique). On considère que le résultat est négatif (-) et que la matière n'a pas d'aptitude à la déflagration si la pression maximale atteinte lors des trois essais est inférieure à cette valeur. Le fait qu'il n'y ait pas eu d'inflammation n'indique pas nécessairement que la matière n'a pas de propriétés explosives.

#### 11.6.1.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Pression maximale (kPa)</b>	<b>Temps d'accroissement de pression (ms)</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'ammonium (granulés haute densité)	< 2 070	-	-
Nitrate d'ammonium (granulés basse densité)	< 2 070	-	-
Perchlorate d'ammonium (2 µm)	> 2 070	5	+
Perchlorate d'ammonium (30 µm)	> 2 070	15	+
Azoture de baryum	> 2 070	< 5	+
Nitrate de guanidine	> 2 070	606	+
Nitrite d'isobutyle	> 2 070	80	+
Nitrate d'isopropyle	> 2 070	10	+
Nitroguanidine	> 2 070	400	+
Acide picramique	> 2 070	500	+
Picramate de sodium	> 2 070	15	+
Nitrate d'urée	> 2 070	400	+



(A)	Corps de la pompe	(H)	Joint en cuivre
(B)	Bouchon retenant le disque de rupture	(J)	Électrode isolée
(C)	Bouchon de mise à feu	(K)	Électrode mise à la masse
(D)	Joint en plomb mou	(L)	Isolation
(E)	Disque de rupture	(M)	Cône en acier
(F)	Raccord de prise de pression	(N)	Rainure de matage du joint
(G)	Taroudage pour capteur		

Figure 11.6.1.1 : BOMBE

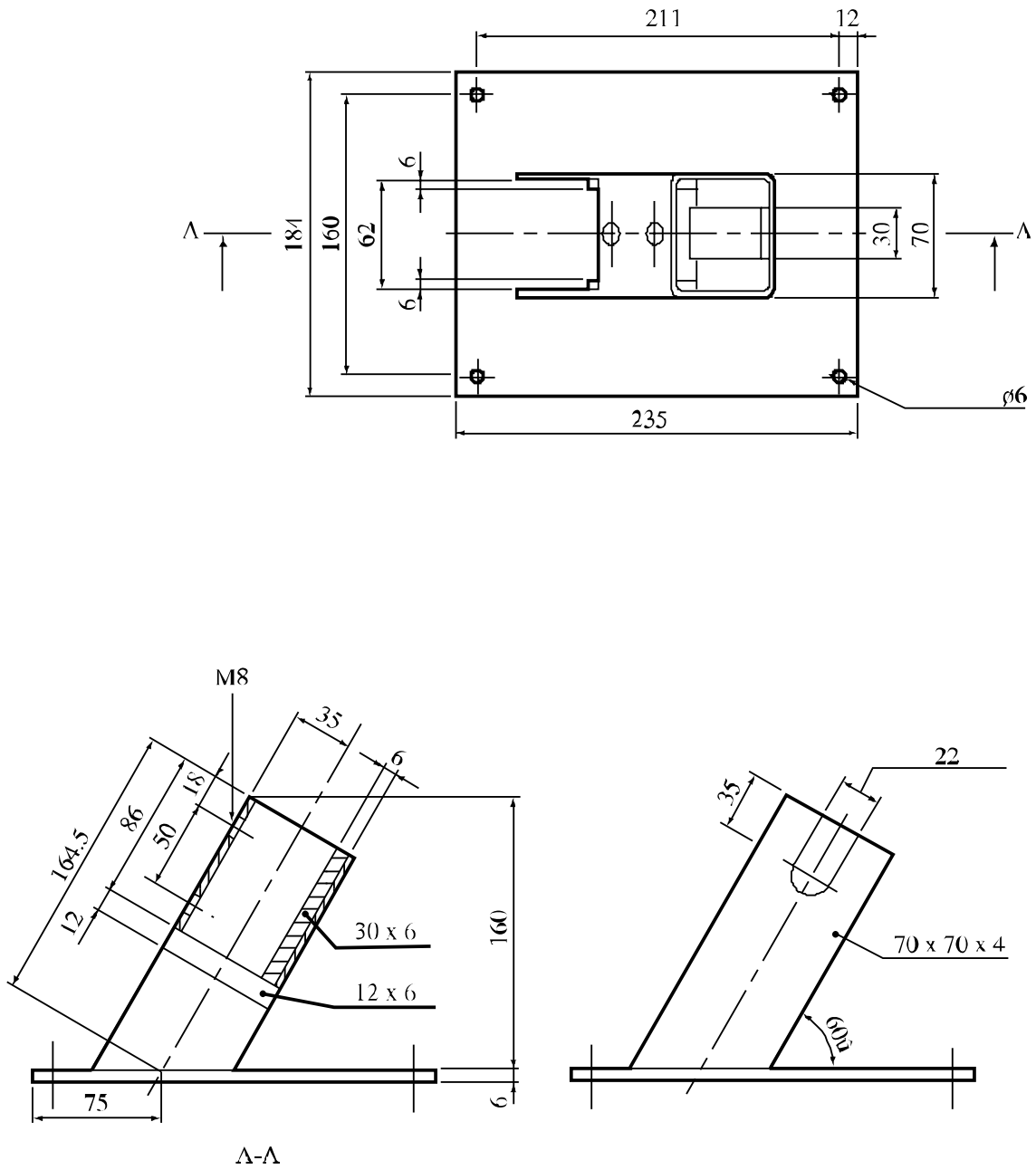
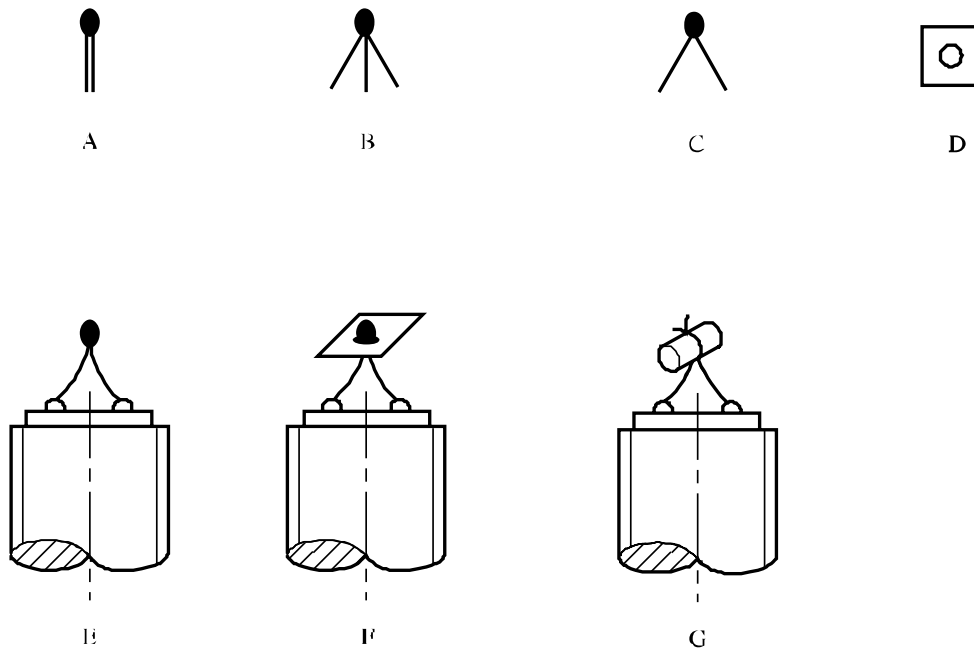
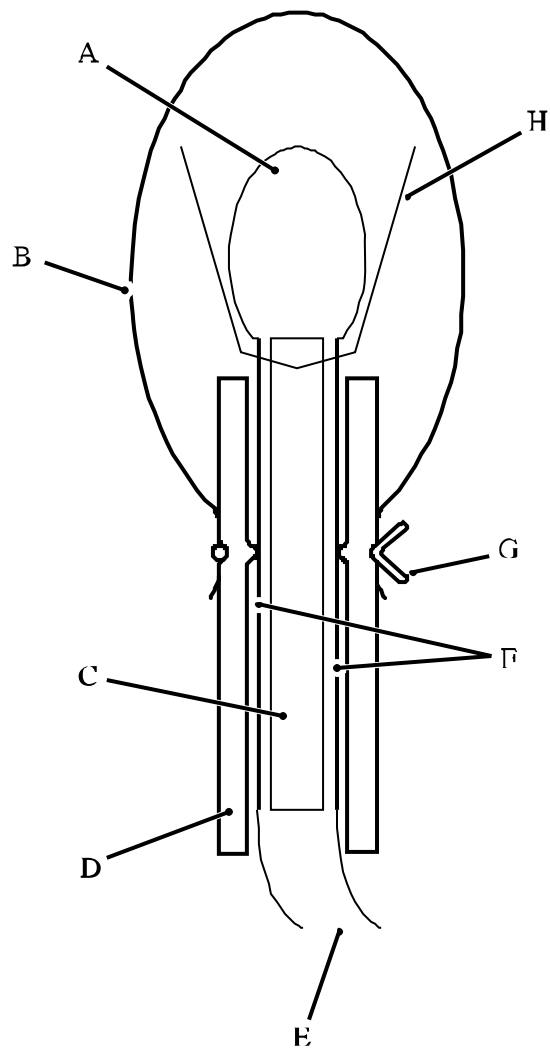


Figure 11.6.1.2 : PORTE-BOMBE



- 
- (A) Tête d'amorce électrique standard  
(B) Conducteurs plats en cuivre décollés de la carte isolante  
(C) Carte isolante découpée et enlevée  
(D) Carré de 13 mm de tissu enduit de composition d'amorçage SR252, avec trou central  
(E) Tête d'amorce soudée aux broches du bouchon de mise à feu  
(F) Tissu placé sur la tête d'amorce  
(G) Tissu replié autour de la tête d'amorce et attaché avec du fil de coton
- 

**Figure 11.6.1.3 : DISPOSITIF D'ALLUMAGE POUR L'ESSAI DES MATIÈRES SOLIDES**



- 
- |     |  |
|-----|--|
| (A) | Tête d'amorce                            |
| (B) | Gaine en PVC                             |
| (C) | Carte isolante                           |
| (D) | Tube en caoutchouc au silicone           |
| (E) | Fils de mise à feu                       |
| (F) | Conducteurs plats                        |
| (G) | Collier métallique de sertissage         |
| (H) | Tissu imprégné de composition d'amorçage |
- 

**Figure 11.6.1.4 : DISPOSITIF D'ALLUMAGE POUR L'ESSAI DES LIQUIDES**

**11.6.2** *Épreuve 1 c) ii) : Épreuve d'inflammation interne*11.6.2.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière à passer de la déflagration à la détonation.

11.6.2.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif d'essai est représenté à la figure 11.6.2.1. Un échantillon de la matière à éprouver est placé dans un tube d'acier au carbone (A53 qualité B) de 74 mm de diamètre intérieur et de 7,6 mm d'épaisseur de paroi ("3 inch schedule 80"), long de 45,7 cm, fermé aux deux extrémités par un bouchon de tuyauterie en acier forgé (type "3 000 lb"). Une capsule d'allumage contenant 20 g de poudre noire (traversant à 100 % la maille No 20 de 0,84 mm et retenu à 100 % par la maille No 50 de 0,297 mm) est placée au centre du tube. Elle est constituée d'un étui cylindrique de 21 mm de diamètre et de 64 mm de long fait d'une couche d'acétate de cellulose de 0,54 mm d'épaisseur maintenue extérieurement par deux couches d'acétate renforcée de filament nylon. La capsule contient une boucle d'allumage formée de 25 mm de fil résistant au nickel-chrome de 0,30 mm de diamètre, ayant une résistance électrique de 0,35 ohms. Cette boucle est reliée à deux fils de cuivre étamé isolés de 0,7 mm de diamètre (diamètre extérieur avec gaine 1,3 mm). Les fils passent par deux petits trous percés dans la paroi du tube, l'étanchéité étant assurée par de la résine époxyde.

11.6.2.3 *Mode opératoire*

On charge la matière dans le tube à température ambiante, jusqu'à une hauteur de 23 cm : on introduit l'inflammeur au centre du tube (les fils doivent passer par les trous de la paroi) et on scelle les trous à la résine époxyde après avoir tendu les fils. On charge ensuite le reste de l'échantillon et on visse le bouchon du haut. Pour les matières gélatineuses, la densité de remplissage doit être aussi proche que possible de la densité normale de transport. Pour les matières sous forme granulaire, on tasse la matière à la densité voulue par petits chocs répétés contre une surface dure. Le tube est placé en position verticale et l'inflammeur mis à feu avec un courant de 15 A/20 V alternatif. Trois essais doivent être exécutés à moins qu'il n'y ait passage de la déflagration à la détonation dès le premier ou le deuxième.

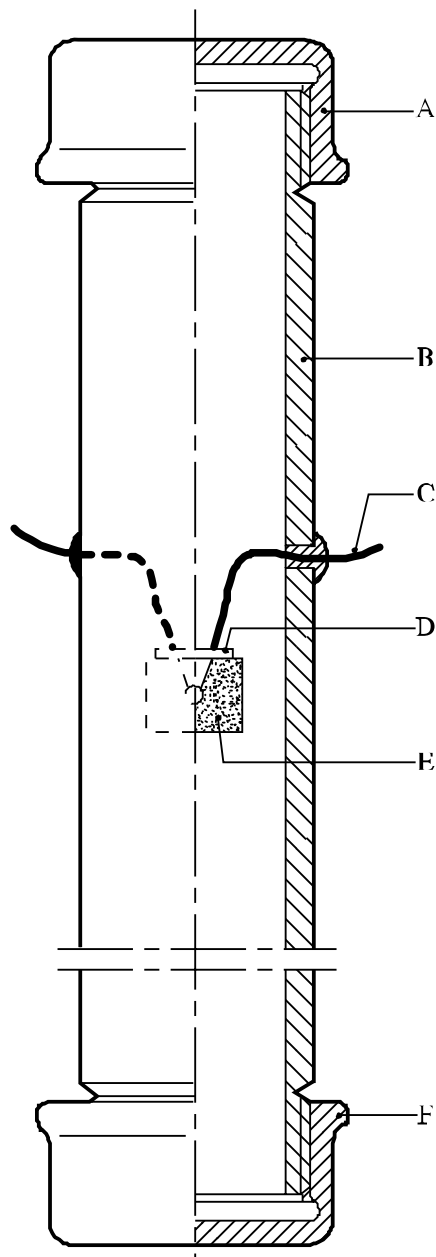
11.6.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) si le tube ou l'un au moins des bouchons d'extrémité est fragmenté en au moins deux morceaux distincts. Si le tube est seulement fendu ou éventré, ou s'il y a seulement déformation du tube ou des bouchons au point que les bouchons sautent, on considère que le résultat est négatif (-).

11.6.2.5 *Exemples de résultats*

<b>Matériau</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate-fioul aluminisé	+
Nitrate d'ammonium (granulés poreux basse densité)	-
Perchlorate d'ammonium (45 µm)	+
Nitrocarbonate	-
TNT (granulés)	+
Gel aqueux	+





- 
- |     |                        |
|-----|------------------------|
| (A) | Bouchon en acier forgé |
| (B) | Tube en acier          |
| (C) | Fils de mise à feu     |
| (D) | Joint d'étanchéité     |
| (E) | Capsule d'allumage     |
| (F) | Bouchon en acier forgé |
- 

**Figure 11.6.2.1 : ÉPREUVE D'INFLAMMATION INTERNE**



## SECTION 12

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE 2

**12.1 Introduction**

12.1.1 À la question "La matière est-elle trop insensible pour relever de la classe 1 ?" (case 6 de la figure 10.2), on répond selon les résultats de trois types d'épreuves visant à évaluer les effets explosifs éventuels. La réponse à cette question est non si un résultat positif (+) est obtenu pour l'un quelconque des trois types d'épreuves.

**12.2 Méthodes d'épreuves**

La série d'épreuves 2 comprend trois types d'épreuves :

- Type 2 a) pour déterminer la sensibilité à l'onde de choc;
- Type 2 b) pour déterminer l'effet du chauffage sous confinement;
- Type 2 c) pour déterminer l'effet de l'inflammation sous confinement.

Les méthodes d'épreuves de cette série actuellement utilisées sont énumérées au tableau 12.1.

**Tableau 12.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVES DE LA SÉRIE 2**

Code	Nom de l'épreuve	Section
2 a)	Épreuve d'amorçage de la détonation de l'ONU <sup>a</sup>	12.4.1
2 b)	Épreuve de Koenen <sup>a</sup>	12.5.1
2 c) i)	Épreuve pression/temps <sup>a</sup>	12.6.1
2 c) ii)	Épreuve d'inflammation interne	12.6.2

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

**12.3 Conditions d'épreuve**

12.3.1 Étant donné l'effet important de la masse volumique apparente de la matière sur le résultat de l'épreuve du type 2 a), elle doit toujours être enregistrée. La masse volumique apparente des matières solides doit être déterminée à partir de la mesure du volume du tube et de la masse de l'échantillon.

12.3.2 S'il s'agit d'un mélange dont les composants peuvent se séparer au cours du transport, on doit exécuter l'épreuve de telle manière que l'amorce soit en contact avec le composant qui est potentiellement le plus explosif.

12.3.3 Les épreuves devraient être exécutées à la température ambiante sauf s'il est prévu de transporter la matière dans des conditions susceptibles de modifier son état physique ou sa densité.

12.3.4 Pour les matières organiques et les mélanges de matières organiques dont l'énergie de décomposition est supérieure ou égale à 800 J/g, il n'est pas nécessaire d'exécuter l'épreuve de la série 2, type a) si le résultat de l'épreuve de tir au mortier balistique Mk.IIIId (épreuve F.1), de l'épreuve du mortier balistique (épreuve F.2) ou de l'épreuve de Trauzl BAM (épreuve F.3) avec amorçage par un détonateur normalisé No 8 (voir appendice 1) est "Réaction nulle". Dans ce cas, le résultat de l'épreuve de la série 2, type a) est réputé être négatif (-). Si le résultat de l'épreuve F.1, F.2 ou F.3 est "Réaction significative", le résultat de l'épreuve de la série 2, type a), est réputé être positif (+). Dans ce cas, un résultat négatif (-) ne peut être obtenu qu'en exécutant l'épreuve de la série 2, type a).

## 12.4 Série 2, type a) : Dispositions d'épreuve

### 12.4.1 Épreuve 2 a) : Épreuve d'amorçage de la détonation de l'ONU

#### 12.4.1.1 Introduction

Cette épreuve est utilisée pour déterminer la sensibilité à une onde de choc d'une matière confinée dans un tube d'acier.

#### 12.4.1.2 Appareillage et matériels

Le dispositif d'essai, identique pour les matières solides et les liquides, est représenté à la figure 12.4.1.1. L'échantillon est placé dans un tube en acier au carbone sans soudure étiré à froid de  $48 \pm 2$  mm de diamètre extérieur, d'une épaisseur de paroi de  $4,0 \pm 0,1$  mm et d'une longueur de  $400 \pm 5$  mm. Si la matière éprouvée risque de réagir avec l'acier, l'intérieur du tube doit être protégé par un revêtement de résine fluorocarbonée. Le fond du tube est fermé par deux couches de feuille de polyéthylène de 0,08 mm, tendues fermement (jusqu'à déformation plastique) sur le fond du tube et maintenues en place avec des anneaux de caoutchouc et de la bande autocollante. Pour les matières qui réagissent avec le polyéthylène, on peut utiliser de la feuille de PTFE. Le relais est une charge de 160 g d'hexocire (95/5) ou de pentolite (50/50), de  $50 \pm 1$  mm de diamètre et d'environ 50 mm de longueur, et ayant une masse volumique de  $1\,600 \pm 50$  kg/m<sup>3</sup>. La charge d'hexocire peut être constituée d'un ou plusieurs éléments comprimés, pour autant que la charge totale réponde aux spécifications; la charge de pentolite est moulée. Une "barrière" de polyméthacrylate de méthyle (PMMA) d'un diamètre de  $50 \pm 1$  mm et d'une longueur de  $50 \pm 1$  mm est également utilisée. Une plaque témoin en acier doux de  $3,2 \pm 0,2$  mm d'épaisseur, de  $150 \pm 10$  mm de côté est placée à l'extrémité supérieure du tube d'acier et séparée de celui-ci par des cales de  $1,6 \pm 0,2$  mm d'épaisseur.

#### 12.4.1.3 Mode opératoire

12.4.1.3.1 Le tube est rempli de matière jusqu'en haut. Pour les matières solides, on obtient la densité de chargement voulue en frappant à petits coups sur le tube jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de tassement visible. On détermine la masse de l'échantillon et, s'il s'agit d'une matière solide, on calcule la masse volumique apparente d'après le volume interne du tube mesuré. La densité de l'échantillon devrait être aussi proche que possible de celle de la matière transportée.

12.4.1.3.2 Le tube est installé en position verticale et la "barrière" en polyméthacrylate de méthyle est placée directement contre la feuille de plastique qui ferme le fond du tube. Après avoir posé la charge relais contre le disque barrière, on fixe le détonateur au fond de la charge et on met à feu. Deux essais sont exécutés à moins que l'on n'observe une détonation au premier.

#### 12.4.1.4 Critères et méthode d'évaluation des résultats

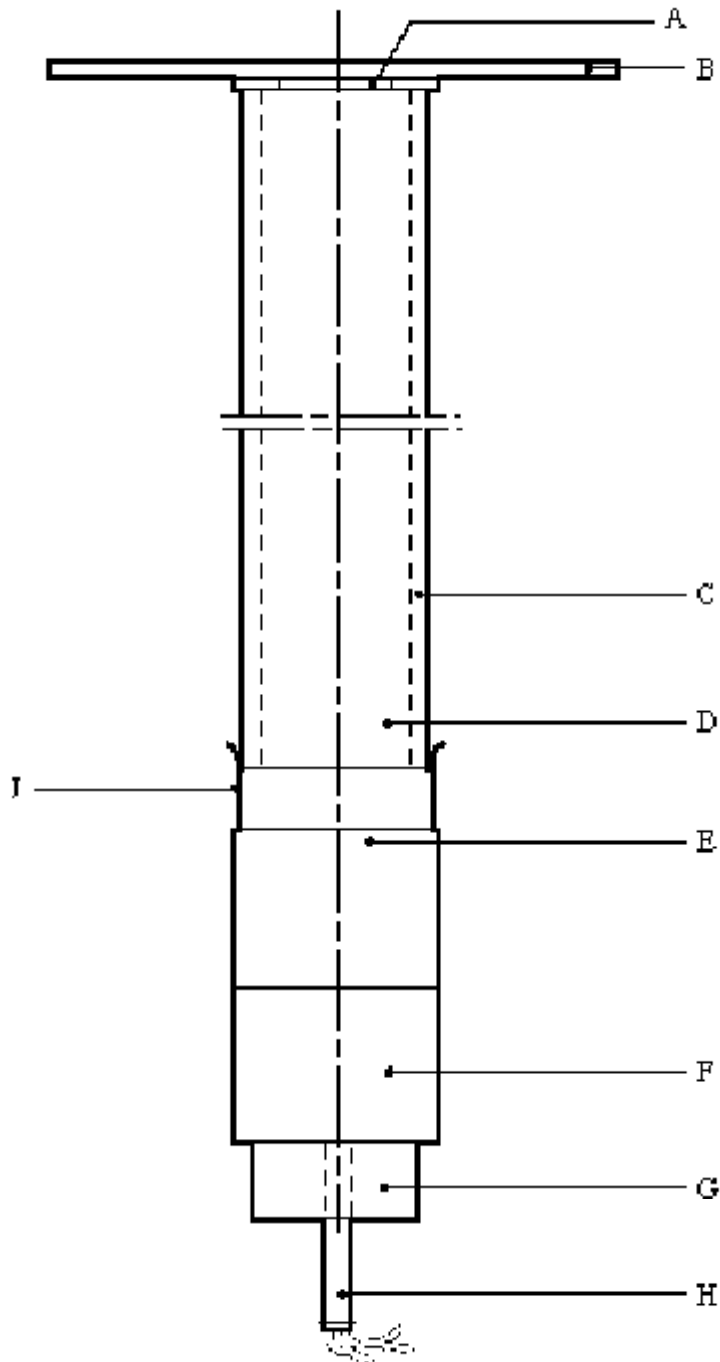
Les résultats de l'épreuve sont évalués en fonction du type de fragmentation du tube et de la perforation ou non de la plaque témoin. Pour le classement, on retient le résultat d'essai le plus défavorable. On considère que le résultat de l'essai est positif (+) et que la matière est sensible à l'onde de détonation, dans l'un ou l'autre des cas suivants :

- a) Le tube est entièrement fragmenté;
- b) La plaque témoin est percée d'un trou.

Tout autre résultat est considéré comme négatif (-) et la matière comme insensible à l'onde de choc intense.

12.4.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique apparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Longueur fragmentée</b>	<b>Plaque témoin</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'ammonium, granulés	800	25	bombée	-
Nitrate d'ammonium, 200 µm	540	40	percée	+
Nitrate-fioul 94/6	880	40	percée	+
Perchlorate d'ammonium (200 µm)	1 190	0	intacte	-
Nitrométhane	1 130	0	intacte	-
Pentrite/lactose	880	40	percée	+
Tolite coulée	1 510	20	intacte	-
Tolite en paillettes	710	40	percée	+



---

(A)	Cales de séparation	(B)	Plaque témoin
(C)	Tube d'acier	(D)	Matière à éprouver
(E)	Barrière en PMMA	(F)	Relais d'amorçage
(G)	Support du détonateur	(H)	Détonateur
(J)	Feuille de plastique		

---

**Figure 12.4.1.1 : ÉPREUVE D'AMORÇAGE DE LA DÉTONATION DE L'ONU**

## 12.5 Série 2, type b) : Dispositions d'épreuve

### 12.5.1 Épreuve 2 b) : Épreuve de Koenen

#### 12.5.1.1 Introduction

Cette épreuve sert à déterminer la sensibilité des matières solides et des liquides à l'effet d'un chauffage intense sous confinement défini.

#### 12.5.1.2 Appareillage et matériels

12.5.1.2.1 Le dispositif d'essai est constitué par une douille en acier non réutilisable munie d'un dispositif de fermeture réutilisable, installée dans une enceinte de chauffage et de protection. La douille est obtenue par emboutissage d'une tôle d'acier répondant à la norme DC04 (EN 10027-1), ou la norme équivalente A620 (AISI/SAE/ASTM) ou la norme équivalente SPCEN (JIS G 3141). Ses cotes sont indiquées à la figure 12.5.1.1. À son extrémité ouverte, la douille comporte un rebord. Le disque à lumière, à travers lequel s'échappent les gaz de décomposition de l'échantillon, est en acier au chrome résistant à la chaleur. Les diamètres de lumière disponibles sont les suivants : 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 5,0 - 8,0 - 12,0 et 20,0 mm. Les cotes de la bague filetée et de l'écrou (qui forment le dispositif de fermeture) sont indiquées à la figure 12.5.1.1.

Pour le contrôle qualité des douilles en acier, 1 % des douilles de chaque lot de production doit être soumis au contrôle qualité et les données suivantes doivent être vérifiées:

- a) La masse des douilles doit être de  $26,5 \pm 1,5$  g, les douilles utilisées à chaque séquence d'épreuve ne doivent pas présenter une différence de masse de plus de 1 g;
- b) La longueur des douilles doit être  $75 \pm 0,5$  mm;
- c) L'épaisseur de paroi des douilles mesurée à 20 mm du fond de la douille doit être  $0,5 \pm 0,05$  mm;
- d) La pression de rupture telle que déterminée par charge quasi-statique à travers un fluide incompressible doit être  $30 \pm 3$  MPa.

12.5.1.2.2 Pour le chauffage, on utilise quatre brûleurs alimentés en propane à partir d'une bouteille à gaz industriel par l'intermédiaire d'un détendeur, d'un compteur et de tuyaux de répartition. D'autres gaz combustibles peuvent être utilisés à condition que la vitesse de chauffe prescrite soit respectée. La pression du gaz est réglée pour maintenir une vitesse de chauffe de  $3,3 \pm 0,3$  K/s, cette valeur étant mesurée par une opération d'étalonnage. Celle-ci consiste à chauffer une douille (munie d'un disque à lumière de 1,5 mm), contenant 27 cm<sup>3</sup> de phtalate de dibutyle. On enregistre le temps nécessaire pour porter la température du liquide, mesurée avec un thermocouple de 1 mm de diamètre placé en position centrale à 43 mm au-dessous du bord de la douille, de 135 °C à 285 °C et on calcule la vitesse de chauffe correspondante.

12.5.1.2.3 Étant donné le risque d'éclatement de la douille lors de l'essai, le chauffage s'effectue dans une enceinte de protection en métal soudé, ayant la configuration et les dimensions indiquées à la figure 12.5.1.2. La douille est suspendue entre deux tiges passant par des trous percés dans les parois opposées de l'enceinte. La position des brûleurs est indiquée à la figure 12.5.1.2. Les brûleurs sont allumés simultanément au moyen d'une veilleuse ou d'un allumeur électrique. **Le dispositif d'essai est installé dans un local protégé.** Au cours de l'essai on doit prendre des mesures pour éviter que les flammes des brûleurs ne soient déviées par les courants d'air. Le local d'essais est muni d'un système d'extraction des gaz ou fumées provenant des essais.

### 12.5.1.3 *Mode opératoire*

12.5.1.3.1 La matière est normalement soumise à l'épreuve telle qu'elle a été reçue. Dans certains cas cependant il peut être nécessaire de la broyer auparavant. Pour les matières solides, la masse de matière à utiliser pour chaque essai est déterminée au moyen d'un essai à blanc en deux étapes. On remplit une douille préalablement tarée de 9 cm<sup>3</sup> de matière et on tasse<sup>1</sup> celle-ci avec une force de 80 N s'exerçant sur toute la section transversale de la douille. S'il s'agit d'une matière compressible, on complète le plein et on tasse jusqu'à ce que la douille soit remplie à 55 mm du bord. La masse totale de matière utilisée jusque-là est déterminée et deux portions supplémentaires, chacune tassée avec une force de 80 N, sont ajoutées. Ensuite, selon le cas, on enlève l'excédent, ou on rajoute ce qui manque en tassant, pour amener le niveau à 15 mm du bord.

On exécute un second essai à blanc, en commençant par charger une portion tassée égale au tiers de la masse totale mesurée lors du premier essai de chargement. On ajoute ensuite deux de ces portions supplémentaires en tassant avec une force de 80 N, et on ajuste le niveau de l'échantillon dans le tube à 15 mm du bord supérieur en ajoutant ou en enlevant de la matière selon le cas. La quantité de matière déterminée lors du second essai de chargement est utilisée pour chaque essai, le remplissage s'effectuant par trois portions égales, chacune comprimée à 9 cm<sup>3</sup>. (Cette opération peut être facilitée par l'utilisation de bagues d'espacement.) Avec les liquides et matières géli-formes on charge le tube sur 60 mm de haut en veillant avec un soin particulier, dans le cas de ces dernières, à ce qu'il ne subsiste pas de vides. La bague filetée est enfilée sur la douille par en dessous, le disque à lumière approprié est mis en place et l'écrou est serré à la main après application d'un peu de graisse au bisulfure de molybdène sur le filet. Il est très important de s'assurer qu'il ne subsiste pas de matière prise entre le rebord de la douille et le disque, ou dans les filets.

12.5.1.3.2 Pour les disques d'un diamètre de lumière de 1,0 à 8,0 mm, on utilise des écrous de 10 mm d'ouverture; au-delà, on doit utiliser un écrou à ouverture de 20 mm. La douille ne sert que pour un seul essai. Par contre, les disques à lumière, bagues filetées et écrous peuvent être réutilisés s'ils ne sont pas endommagés.

12.5.1.3.3. La douille est ensuite placée dans un étau solidement ancré et l'écrou est serré avec une clé. Elle est ensuite suspendue entre les deux tiges de l'enceinte de protection. La zone d'épreuve est évacuée, l'arrivée du gaz est ouverte et les brûleurs sont allumés. Le délai de réaction et la durée de la réaction peuvent être des informations supplémentaires utiles pour l'interprétation des résultats. S'il ne se produit pas d'éclatement, on doit prolonger le chauffage pendant au moins cinq minutes avant d'arrêter l'essai. Après chaque essai, s'il y a eu fragmentation, on rassemble et on pèse les fragments de la douille.

12.5.1.3.4 Du point de vue du type de fragmentation, on distingue les effets suivants :

- "O" : Douille intacte;
- "A" : Fond de la douille gonflé;
- "B" : Fond et paroi de la douille gonflés;
- "C" : Fond de la douille fendu;
- "D" : Paroi de la douille fendue;
- "E" : Douille fendue en deux<sup>2</sup> fragments;
- "F" : Douille fragmentée en trois<sup>2</sup> morceaux ou plus, assez gros pour la plupart, éventuellement restés attachés entre eux;
- "G" : Douille fragmentée en de nombreux morceaux, petits pour la plupart; dispositif de fermeture intact;
- "H" : Douille fragmentée en de nombreux très petits morceaux; dispositif de fermeture déformé ou rompu.

---

<sup>1</sup> *Cette méthode peut être inapplicable pour des raisons de sécurité (matières sensibles aux frottements). Si la forme physique de l'échantillon risque d'être modifiée par la compression, ou si l'utilisation d'un échantillon comprimé n'est pas représentative des conditions de transport (matériaux fibreux par exemple), on pourra utiliser d'autres méthodes de remplissage mieux adaptées.*

<sup>2</sup> *Le haut de la douille, retenu dans le dispositif de fermeture, est compté comme un fragment.*



Des exemples des types de fragmentation "D", "E" et "F" sont montrés dans la figure 12.5.1.3. Si un essai aboutit à une fragmentation du type "O" à "E", on considère que le résultat est "pas d'explosion". Si l'on obtient le type de fragmentation "F" à "H", on considère que le résultat est "explosion".

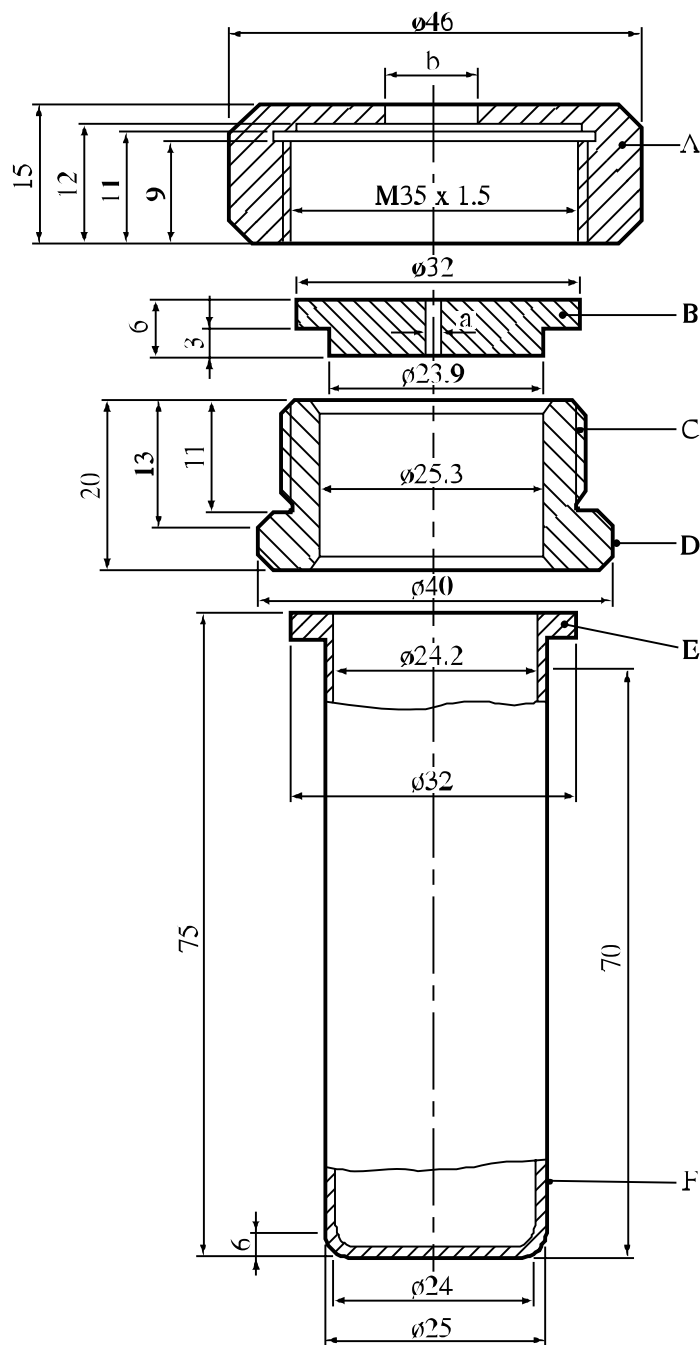
12.5.1.3.5 La série d'essais commence par un essai simple avec disque à lumière de 20 mm. Si lors de cet essai, il y a explosion, on poursuit la série avec des essais sur des douilles sans disque à lumière ni écrou mais seulement munies de la bague filetée (ouverture : 24 mm). Si par contre il n'y a pas d'explosion, on poursuit la série avec un essai pour chacun des diamètres de lumière suivants : 12,0 - 8,0 - 5,0 - 3,0 - 2,0 - 1,5 - et finalement 1,0 mm, jusqu'à ce que l'on obtienne un résultat positif ("explosion"). On exécute alors des essais à des diamètres croissants selon l'ordre indiqué en 12.5.1.2.1 jusqu'à ce que l'on obtienne trois résultats négatifs ("pas d'explosion") lors de trois essais au même diamètre. Le diamètre limite pour une matière donnée est le plus grand diamètre pour lequel le résultat "explosion" ait été obtenu. S'il n'y a pas d'explosion même au diamètre de 1 mm, on note comme résultat pour le diamètre limite "moins de 1 mm".

#### 12.5.1.4 Critère d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière réagit au chauffage sous confinement si le diamètre limite est égal ou supérieur à 2.0 mm. On considère que le résultat est négatif (-) et que la matière ne réagit pas au chauffage sous confinement s'il est inférieur à cette valeur.

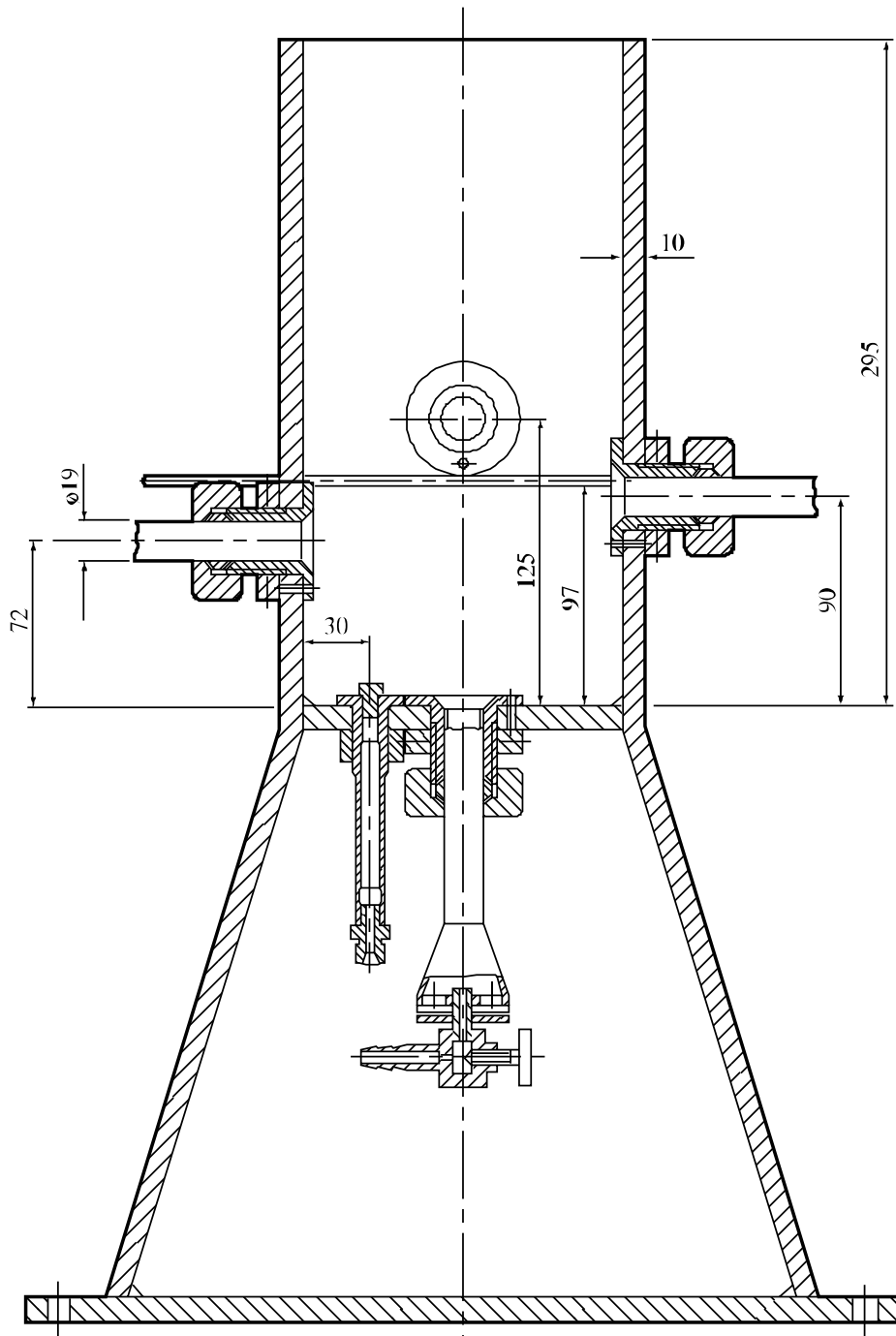
#### 12.5.1.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Diamètre limite (mm)</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'ammonium (cristaux)	1,0	-
Perchlorate d'ammonium	3,0	+
Picrate d'ammonium (cristaux)	2,5	+
Dinitro-1,3 résorcinol (cristaux)	2,5	+
Nitrate de guanidine (cristaux)	1,5	-
Acide picrique (cristaux)	4,0	+
Pentocire (95/5)	5,0	+



- |     |   |     |   |
|-----|---|-----|---|
| (A) | Écrou ( $\varnothing b = 10$ ou $20$ mm) de 41 mm entre plats | (B) | Disque à lumière ( $\varnothing a = 1,0$ à $20$ mm) |
| (C) | Bague filetée   | (D) | 36 mm entre plats                                   |
| (E) | Rebord  | (F) | Douille   |

Figure 12.5.1.1 : DOUILLE ET ACCESSOIRES



**Figure 12.5.1.2 : ENCEINTE DE CHAUFFAGE ET DE PROTECTION**

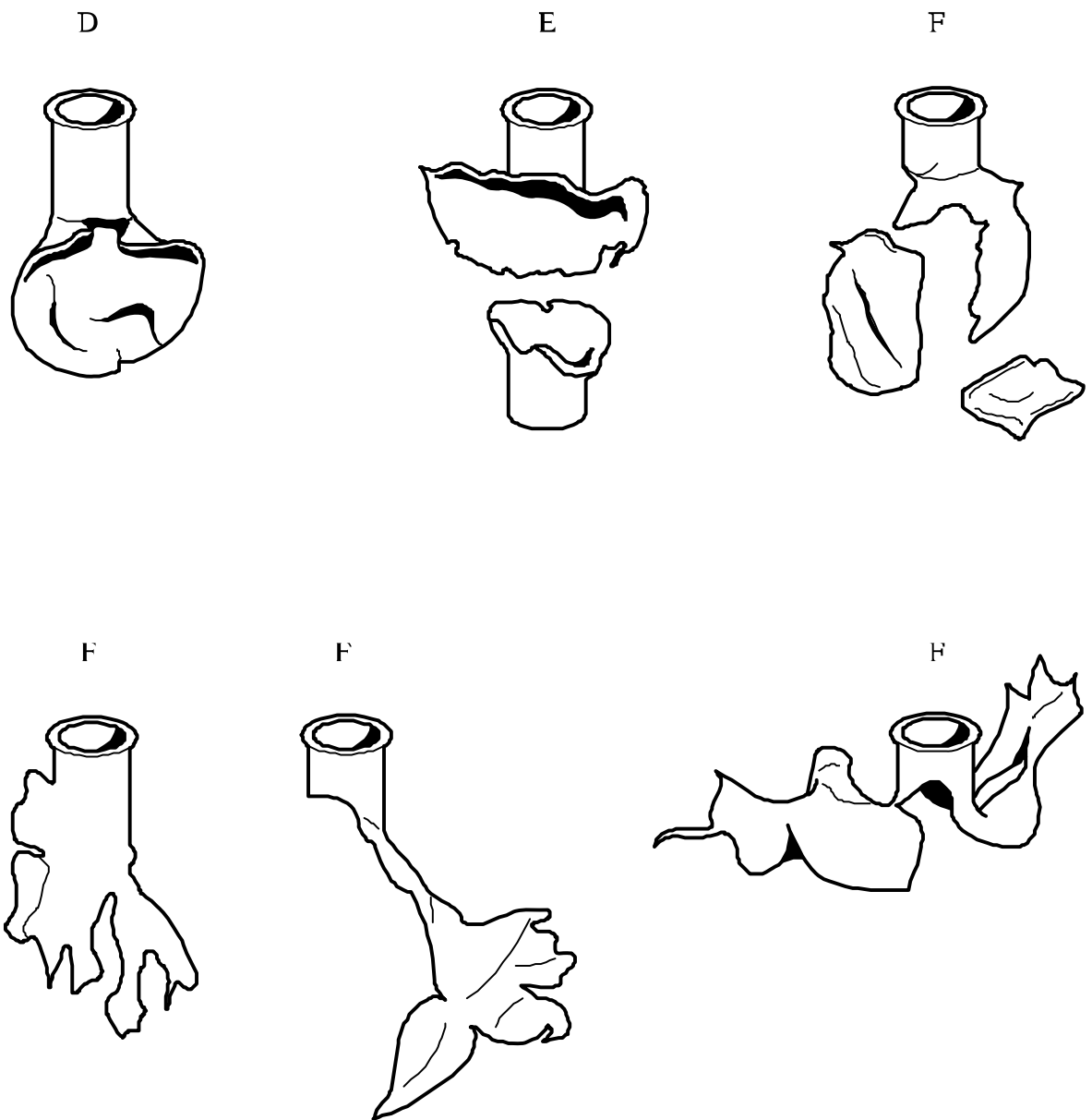


Figure 12.5.1.3 : EXEMPLES DES TYPES DE FRAGMENTATION D, E ET F

## 12.6 Série 2, type c) : Dispositions d'épreuve

### 12.6.1 Épreuve 2 c) i) : Épreuve pression/temps

#### 12.6.1.1 Introduction

Cette épreuve sert à déterminer les effets d'une inflammation de la matière<sup>3</sup> sous confinement; il s'agit de savoir si une inflammation peut causer une déflagration explosive aux pressions qui peuvent être atteintes lorsque les matières sont transportées dans des colis normaux du commerce.

#### 12.6.1.2 Appareillage et matériels

12.6.1.2.1 Le dispositif d'essai (représenté à la figure 12.6.1.1) est constitué par une bombe cylindrique en acier de 89 mm de long et 60 mm de diamètre extérieur. La bombe comporte deux plats usinés en des points diamétralement opposés (ce qui réduit sa largeur à cet endroit à 50 mm), ce qui permet de l'immobiliser pour le serrage du bouchon de mise à feu et du bouchon à évent. Elle est alésée intérieurement à 20 mm et comporte à ses deux extrémités un chambrage de 19 mm de profondeur taraudé au pas de 1 in. British Standard Pipe. Une prise de pression est vissée latéralement dans le corps de la bombe à 35 mm d'une extrémité, et à un angle de 90° par rapport aux plats. Elle se visse dans un chambrage de 12 mm de profondeur taraudé au pas de 1/2 in. British Standard Pipe. Un joint en cuivre est utilisé pour assurer l'étanchéité aux gaz. La prise de pression fait saillie latéralement de 55 mm par rapport au corps de la bombe et est percée d'un trou axial de 6 mm. Elle comporte à son extrémité extérieure un chambrage taraudé pour recevoir un capteur de pression du type à diaphragme; on peut utiliser à cette fin tout dispositif de mesure de pression, à condition qu'il résiste aux gaz chauds et produits de décomposition et qu'il puisse répondre à des accroissements de pression de 690 à 2 070 kPa en moins de 5 ms.

12.6.1.2.2 L'extrémité de la bombe la plus éloignée du raccord est fermée par un bouchon de mise à feu qui porte deux électrodes, dont l'une est isolée du corps du bouchon et l'autre mise à la masse. L'autre extrémité est fermée par un disque de rupture en aluminium de 0,2 mm d'épaisseur (réglé pour une pression de rupture d'environ 2 200 kPa), maintenu en place par un bouchon portant un évent de 20 mm de diamètre. Un joint en plomb mou est utilisé avec chaque bouchon pour assurer une bonne étanchéité. Un porte-bombe spécial (figure 12.6.1.2) permet de maintenir la bombe dans la position voulue pendant les essais. Il est constitué par une plaque d'embase en acier doux de 235 mm × 184 mm × 6 mm, sur laquelle est soudé obliquement un tube de section carrée (70 mm × 70 mm × 4 mm) de 185 mm de long.

12.6.1.2.3 À une extrémité du tube carré, on a enlevé une certaine longueur de métal sur deux faces opposées, ce qui laisse une longueur de 86 mm de tube carré prolongée par deux côtés plats. Les extrémités de ces plats sont coupées à 60° par rapport à l'axe du tube et soudées à la plaque d'embase.

12.6.1.2.4 Une encoche de 22 mm de large et de 46 mm de profondeur est découpée sur un côté en haut du tube carré, de telle manière que lorsque la bombe est posée dans le support, bouchon de mise à feu vers le bas, le raccord de prise de pression vienne s'y loger. Une entretoise en acier de 30 mm de large et 6 mm d'épaisseur est soudée sur la paroi intérieure du tube du côté orienté vers le bas. Deux trous taraudés dans le côté opposé reçoivent des vis à molettes de 7 mm, qui servent à fixer la bombe. Deux rebords en acier de 12 mm de large et de 6 mm d'épaisseur soudés sur les flancs du support à la base de la section carrée soutiennent la bombe par le fond.

---

<sup>3</sup> Lors d'un essai exécuté sur des liquides énergétiques thermiquement stables tels que le nitrométhane (No ONU 1261), il arrive que les résultats ne soient pas reproductibles parce que la matière produit deux pointes de pression.

12.6.1.2.5 Le dispositif d'inflammation comprend une tête d'amorce électrique du type couramment utilisé dans les détonateurs à basse tension, sur laquelle est enfilé un morceau carré de 13 mm de côté de tissu enduit de composition d'amorçage. D'autres têtes d'amorce ayant des caractéristiques équivalentes peuvent être utilisées. Le tissu imprégné est de la toile de lin enduite des deux côtés d'une composition pyrotechnique de nitrate de potassium/silicium/poudre noire sans soufre<sup>4</sup>.

12.6.1.2.6 Pour les essais sur les matières solides, les opérations de préparation du dispositif d'allumage consistent en premier à décoller de la carte isolante les fils conducteurs plats en cuivre d'une amorce électrique (voir figure 12.6.1.3). La partie découverte de la carte est alors coupée. La tête d'amorce est ensuite soudée aux bornes du bouchon d'allumage par les conducteurs plats, de telle manière que le sommet de l'amorce soit situé à 13 mm au-dessus de la face supérieure du bouchon. Un morceau carré de 13 mm de côté de tissu enduit de composition d'amorçage, percé d'un trou central, est placé sur la tête d'amorce, puis replié autour de celle-ci et attaché avec un fil de coton fin.

12.6.1.2.7 Pour les essais sur les liquides, des fils sont soudés aux conducteurs plats de la tête d'amorce. On fait alors passer les fils à l'intérieur d'une portion de 8 mm de long de tube en caoutchouc au silicone d'un diamètre extérieur de 5 mm et intérieur de 1 mm, puis l'on repousse cette portion de tube pour l'enfiler sur les conducteurs plats de la manière indiquée à la figure 12.6.1.4. Le morceau de tissu imprégné de composition d'amorçage est alors rabattu autour de l'amorce et une gaine en PVC mince d'un seul morceau, ou en matériau équivalent, est enfilée sur le tissu imprégné et le tube en caoutchouc. La gaine est fermée de manière étanche autour du tube par un collier de sertissage en fil métallique mince. Les fils du dispositif sont alors soudés aux bornes du bouchon de mise à feu de telle manière que le sommet de l'amorce soit situé à 13 mm au-dessus de la face supérieure du bouchon.

### 12.6.1.3 *Mode opératoire*

12.6.1.3.1 La bombe montée, avec transducteur de pression, mais non fermée par son disque de rupture, est posée bouchon d'allumage vers le bas dans son support. On introduit alors 5 g<sup>5</sup> de matière dans la bombe de telle manière que l'échantillon touche le dispositif d'allumage. Exceptionnellement il pourra être nécessaire de tasser légèrement l'échantillon pour faire tenir cette quantité. Si un léger tassement ne le permet pas, le tir doit s'effectuer avec un récipient rempli complètement. On doit alors enregistrer le poids de la charge. On pose ensuite le joint de plomb et le disque de rupture en aluminium, puis on visse solidement le bouchon. La bombe chargée est alors introduite dans son support, disque de rupture vers le haut, et l'ensemble est placé dans une sorbonne blindée ou dans une chambre de tir. Un exploseur est raccordé aux bornes extérieures du bouchon et la charge est mise à feu. Le signal émis par le transducteur de pression est enregistré avec un appareillage approprié, permettant à la fois d'effectuer une analyse des phénomènes rapides et d'obtenir un enregistrement permanent de la courbe pression/temps (enregistreur de signaux transitoires couplé avec un enregistreur à bande de papier).

12.6.1.3.2 On exécute trois essais. On note le temps nécessaire pour que la pression passe de 690 kPa à 2 070 kPa (pression manométrique). On retient le temps le plus court aux fins du classement.

### 12.6.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Pour l'évaluation des résultats on détermine si la pression de 2 070 kPa a été atteinte, et, dans ce cas, le temps nécessaire pour l'accroissement de pression de 690 kPa à 2 070 kPa.

---

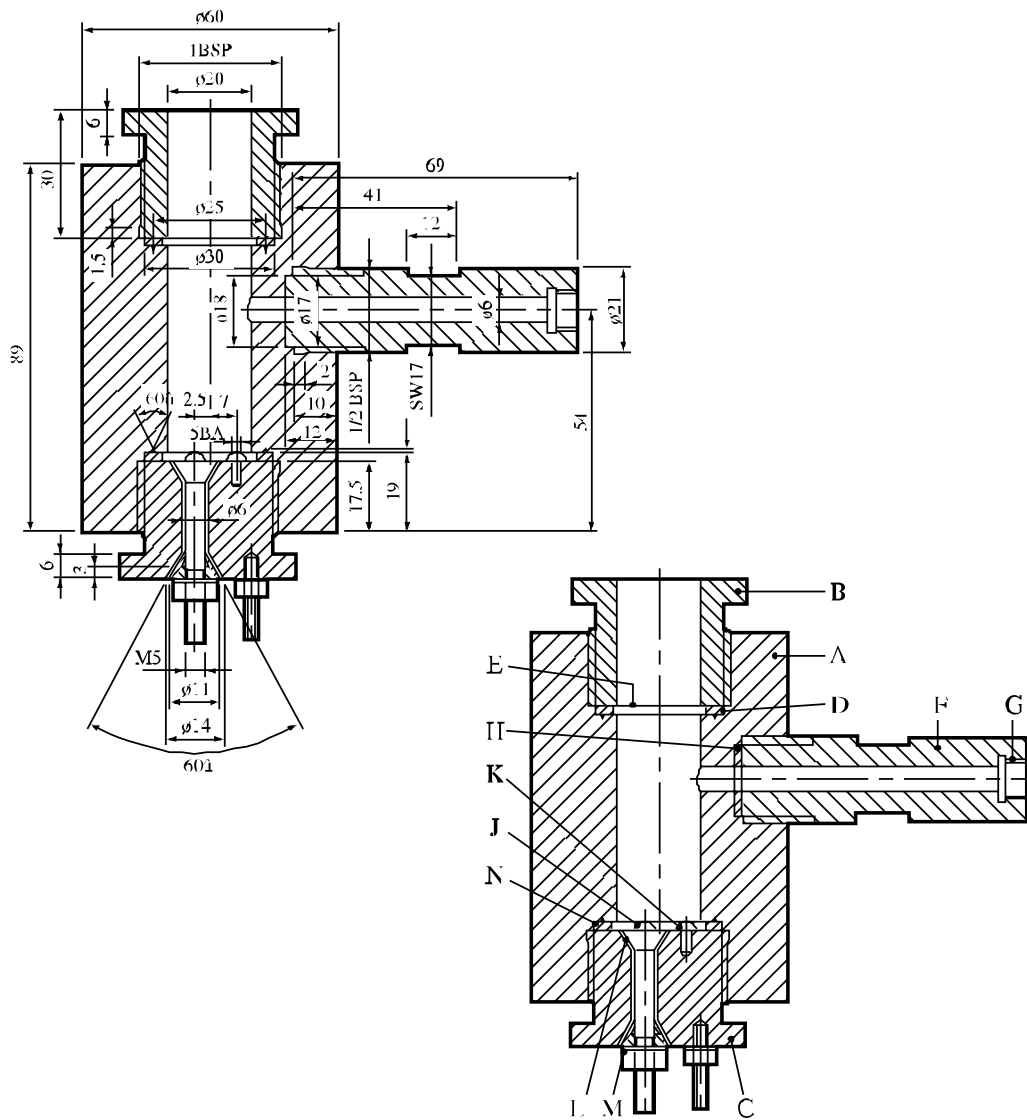
<sup>4</sup> Cette composition peut être obtenue auprès du correspondant national pour les conditions d'épreuve du Royaume-Uni (voir l'appendice 4).

<sup>5</sup> Au cas où des essais préalables effectués pour déterminer si une matière est dangereuse à manipuler (chauffage dans une flamme, par exemple) ou si elle est capable de passer de la déflagration à la détonation sans confinement (épreuve du type 3 d), par exemple indiquent que celle-ci est susceptible de réaction violente, on doit réduire la dimension de l'échantillon à 0,5 g jusqu'à ce que l'on connaisse avec précision l'intensité de la réaction. En partant de 0,5 g, on procédera en augmentant progressivement la taille de l'échantillon jusqu'à 5 g, à moins qu'un résultat positif (+) ne soit obtenu auparavant.

Le résultat est considéré positif (+) et la matière apte à déflagrer rapidement si le temps de montée en pression de 690 kPa à 2 070 kPa est inférieur à 30 ms. Le résultat est considéré négatif (-) et la matière inapte ou peu apte à déflagrer si ce temps de montée en pression est supérieur ou égal à 30 ms, ou encore si la pression de 2 070 kPa n'a pas été atteinte. Le fait qu'il n'y ait pas inflammation n'indique pas nécessairement que la matière n'a pas de propriétés explosives.

#### 12.6.1.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Pression maximale (kPa)</b>	<b>Temps de montée en pression de 690 à 2 070 kPa (ms)</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'ammonium (granulés haute densité)	< 2 070	-	-
Nitrate d'ammonium (granulés basse densité)	< 2 070	-	-
Perchlorate d'ammonium (2 µm)	> 2 070	5	+
Perchlorate d'ammonium (30 µm)	> 2 070	15	+
Azoture de baryum	> 2 070	< 5	+
Nitrate de guanidine	> 2 070	606	-
Nitrite d'isobutyle	> 2 070	80	-
Nitrate d'isopropyle	> 2 070	10	+
Nitroguanidine	> 2 070	400	-
Acide picramique	> 2 070	500	-
Picramate de sodium	> 2 070	15	+
Nitrate d'urée	> 2 070	400	-



(A)	Corps de la pompe	(H)	Joint en cuivre
(B)	Bouchon retenant le disque de rupture	(J)	Électrode isolée
(C)	Bouchon de mise à feu	(K)	Électrode mise à la masse
(D)	Joint en plomb mou	(L)	Isolation
(E)	Disque de rupture	(M)	Cône en acier
(F)	Raccord de prise de pression	(N)	Rainure de matage du joint
(G)	Taroudage pour capteur de pression		

Figure 12.6.1.1 : BOMBE



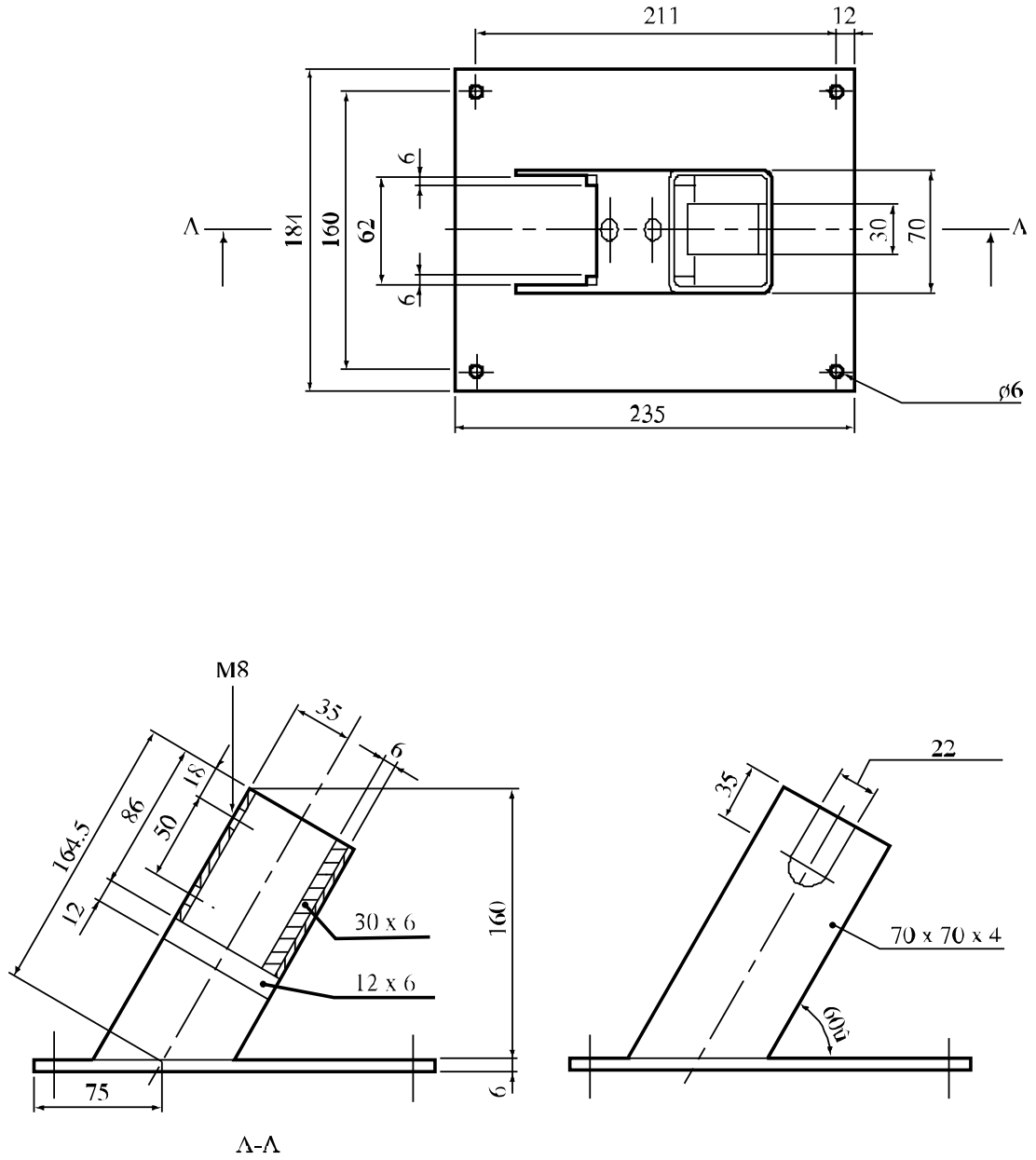
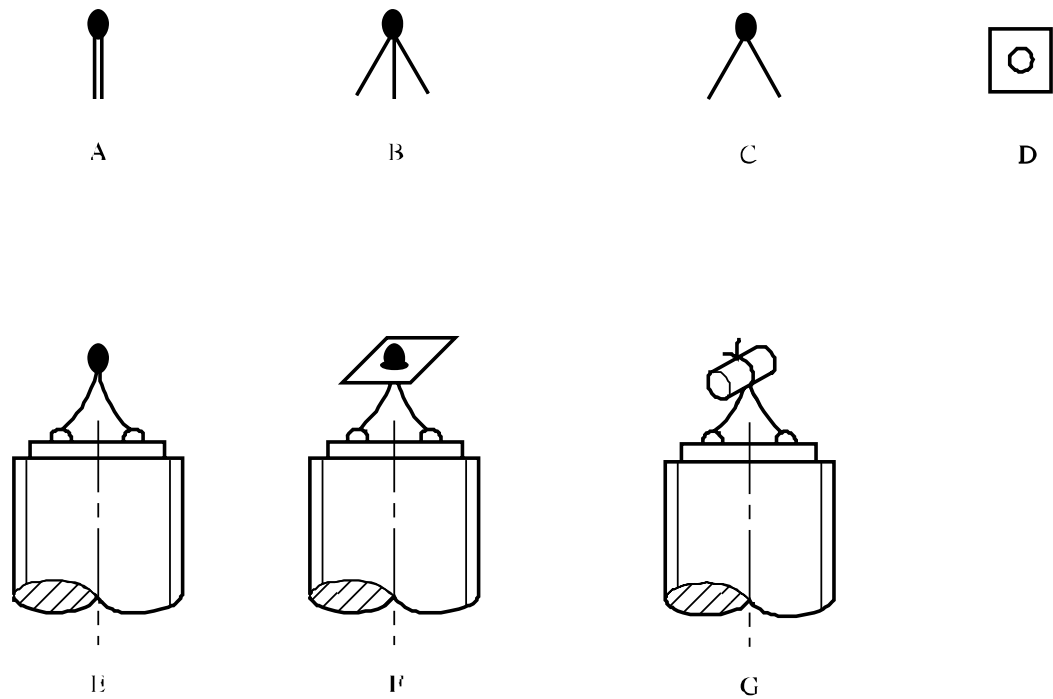
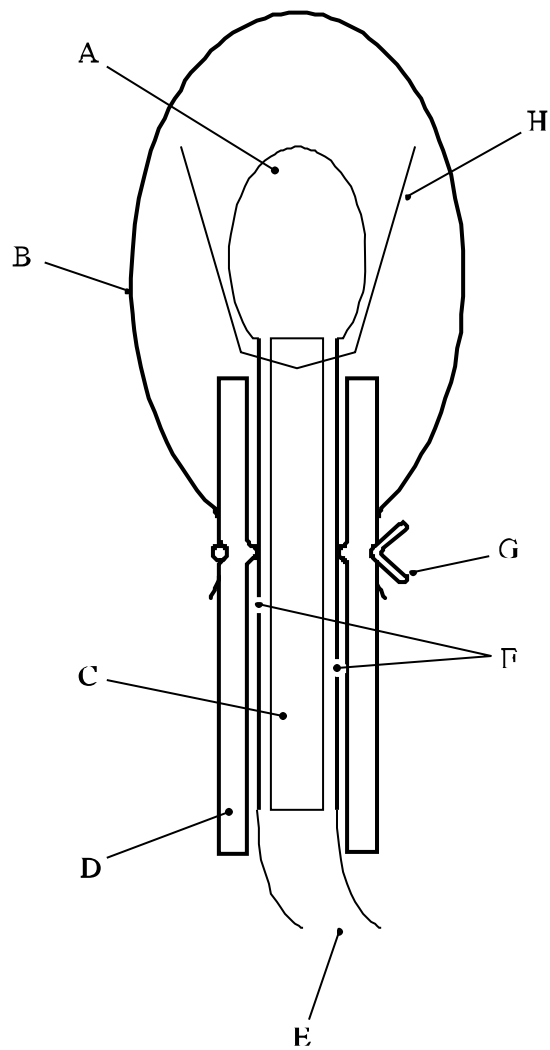


Figure 12.6.1.2 : PORTE-BOMBE



- 
- (A) Tête d'amorce électrique standard  
(B) Conducteurs plats en cuivre décollés de la carte isolante  
(C) Carte isolante découpée et enlevée  
(D) Carré de 13 mm de tissu enduit de composition d'amorçage SR252, avec trou central  
(E) Tête d'amorce soudée aux broches du bouchon de mise à feu  
(F) Tissu placé sur la tête d'amorce  
(G) Tissu replié autour de la tête d'amorce et attaché avec du fil de coton
- 

**Figure 12.6.1.3 : DISPOSITIF D'ALLUMAGE POUR L'ESSAI DES MATIÈRES SOLIDES**



- 
- |     |  |
|-----|--|
| (A) | Tête d'amorce                            |
| (B) | Gaine en PVC                             |
| (C) | Carte isolante                           |
| (D) | Tube en caoutchouc au silicone           |
| (E) | Fils de mise à feu                       |
| (F) | Conducteurs plats                        |
| (G) | Collier métallique de sertissage         |
| (H) | Tissu imprégné de composition d'amorçage |
- 

**Figure 12.6.1.4 : DISPOSITIF D'ALLUMAGE POUR L'ESSAI DES LIQUIDES**

**12.6.2 Épreuve 2 c) ii) : Épreuve d'inflammation interne****12.6.2.1 Introduction**

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière à passer de la déflagration à la détonation.

**12.6.2.2 Appareillage et matériels**

Le dispositif d'essai est représenté à la figure 11.6.2.1. Un échantillon de la matière à éprouver est placé dans un tube d'acier au carbone (A53 qualité B) de 74 mm de diamètre intérieur et de 7,6 mm d'épaisseur de paroi ("3 inch schedule 80"), long de 45,7 cm, fermé aux deux extrémités par un bouchon en acier forgé (du type "3 000 lb"). Une capsule d'allumage contenant 10 g de poudre noire (traversant à 100 % la maille No 20 de 0,84 mm et retenu à 100 % par la maille No 50 de 0,297 mm) est placée au centre du tube. Elle est constituée d'un étui cylindrique de 21 mm de diamètre et de 32 mm de long fait d'une couche d'acétate de cellulose de 0,54 mm d'épaisseur maintenue extérieurement par deux couches de bande d'acétate de cellulose renforcée par des filaments de nylon. La capsule contient une boucle d'allumage formée de 25 mm de fil résistant au nickel-chrome de 0,30 mm de diamètre, ayant une résistance électrique de 0,35 ohm. Cette boucle est reliée à deux fils de cuivre étamé isolés de 0,7 mm de diamètre (diamètre avec gaine : 1,3 mm). Les fils passent par des trous de petit diamètre percés dans la paroi du tuyau, l'étanchéité étant assurée avec de la résine époxyde.

**12.6.2.3 Mode opératoire**

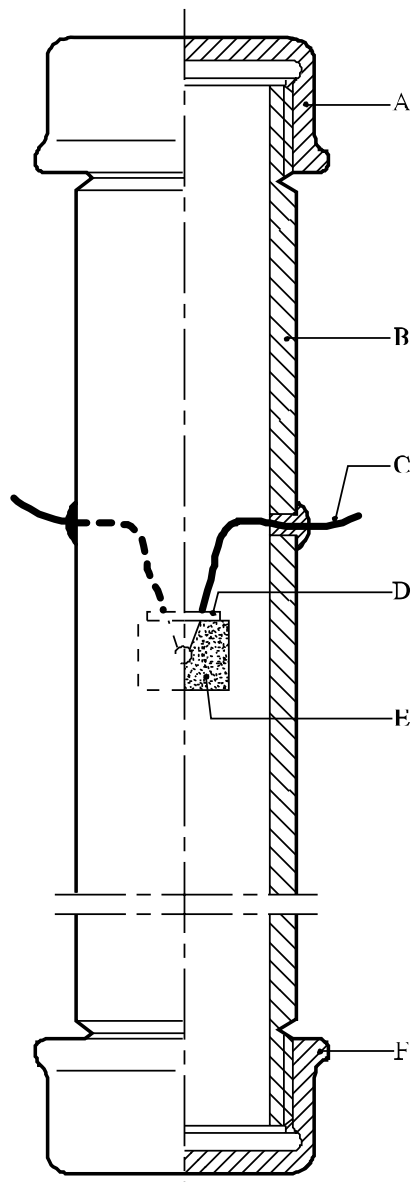
On charge la matière dans le tube, à température ambiante, jusqu'à une hauteur de 23 cm; on met en place l'inflammeur au centre du tube (les fils doivent passer par les trous de paroi) et l'on scelle les trous à la résine époxyde après avoir tendu les fils. On charge ensuite le reste de l'échantillon et on visse le bouchon supérieur. Pour les matières gélatineuses, la densité de remplissage doit être aussi proche que possible de la densité normale au cours de transport. Pour les échantillons sous forme granulaire, on tasse la matière à la densité voulue par petits chocs répétés contre une surface dure. Le tube est placé en position verticale et l'inflammeur mis à feu avec un courant de 15 A/20 V alternatif. Trois essais doivent être exécutés à moins qu'il n'y ait passage de la déflagration à la détonation au premier ou au deuxième.

**12.6.2.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats**

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) si le tube ou l'un au moins des bouchons d'extrémité est fragmenté en au moins deux morceaux distincts. Si le tube est seulement fendu ou éventré, ou s'il y a seulement déformation du tube ou des bouchons au point que les bouchons sautent, on considère que le résultat est négatif (-).

**12.6.2.5 Exemples de résultats**

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate-fioul aluminisé	-
Nitrate d'ammonium (granulés poreux basse densité)	-
Perchlorate d'ammonium (45 µm)	+
Dinitro-1,3 benzène (cristaux fins)	-
Nitrocarbonate	-
TNT (granulés)	+
Gel aqueux	+



- 
- |     |                        |
|-----|------------------------|
| (A) | Bouchon en acier forgé |
| (B) | Tube en acier          |
| (C) | Fils de mise à feu     |
| (D) | Joint d'étanchéité     |
| (E) | Capsule d'allumage     |
| (F) | Bouchon en acier forgé |
- 

**Figure 12.6.2.1 : ÉPREUVE D'INFLAMMATION INTERNE**



## SECTION 13

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE 3

## 13.1 Introduction

Aux questions "La matière est-elle stable à la chaleur ?" (case 10 de la figure 10.2) et "La matière est-elle trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée ?" (case 11 de la figure 10.2) on répond en déterminant la sensibilité de la matière aux sollicitations mécaniques (impact et frottement), à la chaleur et à la flamme. La réponse à la question de la case 10 est "non" si un résultat positif (+) est obtenu lors de l'épreuve du type 3 c) et que la matière est considérée comme trop instable pour être transportée. La réponse à la question de la case 11 est "oui" si un résultat positif (+) est obtenu pour l'un quelconque des types d'épreuve 3 a), 3 b) ou 3 d). Dans un tel cas, il sera éventuellement possible de placer la matière dans un objet, de la flegmatiser, ou encore de l'emballer pour réduire sa sensibilité aux sollicitations extérieures.

## 13.2 Méthodes d'épreuve

La série d'épreuves 3 comprend quatre types d'épreuve :

- Type 3 a) pour déterminer la sensibilité à l'impact;
- Type 3 b) pour déterminer la sensibilité au frottement (y compris le frottement avec choc);
- Type 3 c) pour déterminer la stabilité de la matière à la chaleur;
- Type 3 d) pour déterminer la réaction de la matière à l'inflammation.

Les méthodes d'épreuve de cette série actuellement utilisées sont énumérées au tableau 13.1.

**Tableau 13.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE 3**

Code	Nom de l'épreuve	Section
3 a) i)	Épreuve au mouton de choc du "Bureau of Explosives"	13.4.1
3 a) ii)	Épreuve au mouton de choc BAM <sup>a</sup>	13.4.2
3 a) iii)	Épreuve d'impact Rotter	13.4.3
3 a) iv)	Épreuve au mouton de choc de 30 kg	13.4.4
3 a) v)	Épreuve d'impact à l'appareil type 12 modifié	13.4.5
3 a) vi)	Épreuve de sensibilité à l'impact	13.4.6
3 b) i)	Épreuve de frottement BAM <sup>a</sup>	13.5.1
3 b) ii)	Épreuve de frottement rotatif	13.5.2
3 b) iv)	Épreuve de frottement avec impact	13.5.3
3 c)	Épreuve de stabilité thermique à 75 °C <sup>a</sup>	13.6.1
3 d)	Épreuve de combustion à petite échelle <sup>a</sup>	13.7.1

<sup>a</sup> Épreuve recommandée.

## 13.3 Conditions d'épreuve

13.3.1 *Des précautions devront être prises, si l'on doit broyer ou découper des échantillons explosifs avant leur utilisation. On devra utiliser un matériel de protection tel qu'écrans blindés, et travailler sur des quantités minimales.*

13.3.2 Pour les épreuves des types 3 a) et 3 b), les matières mouillées doivent être éprouvées avec la teneur minimale en agent mouillant prévue pour le transport.

13.3.3 Les épreuves des types 3 a) et 3 b) devraient être exécutées à température ambiante sauf autre disposition, ou sauf s'il est prévu de transporter la matière dans des conditions susceptibles de modifier son état physique.

13.3.4 Pour garantir l'obtention de résultats reproductibles, on doit lors des essais des types 3 a) et 3 b), contrôler soigneusement tous les paramètres et exécuter périodiquement un essai sur une matière étalon dont la sensibilité est connue.

13.3.5 Les bulles d'air emprisonnées dans un liquide rendent celui-ci beaucoup plus sensible à l'impact. Pour cette raison, les méthodes d'épreuve du type 3 a) pour les liquides prévoient l'utilisation de procédures ou d'outils spéciaux permettant une compression "adiabatique" de ces bulles dans le liquide.

13.3.6 Les épreuves du type 3 b) ne sont pas nécessaires dans le cas des liquides.

#### **13.4 Série 3, type a) : Dispositions d'épreuve**

##### **13.4.1 *Épreuve 3 a) i) : Épreuve au mouton de choc du "Bureau of explosives"***

###### *13.4.1.1 Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité d'une matière à l'impact dû à la chute d'une masse et à déterminer si la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée. Elle peut être appliquée aux matières solides et aux liquides moyennant l'échange du porte-échantillon.

###### *13.4.1.2 Appareillage et matériels*

###### *13.4.1.2.1 Matières solides*

Le mouton d'épreuve pour les matières solides est représenté aux figures 13.4.1.1 et 13.4.1.2. Il utilise une masse de 3,63 kg, coulissant entre deux guides cylindriques parallèles et tombant en chute libre d'une hauteur pouvant aller jusqu'à 838 mm sur le dispositif de percussion comprenant un contre-percuteur et un percuteur. Le percuteur est en contact avec l'échantillon qui est placé sur un ensemble galet intermédiaire et enclume à l'intérieur d'un bouchon cylindrique dont le diamètre intérieur est juste suffisant pour permettre le libre coulissement du contre-percuteur et du percuteur. Ces deux derniers, ainsi que la chambre, le galet intermédiaire et l'enclume sont en acier rapide trempé d'une dureté Rockwell C de 50 à 55, et leurs faces de contact entre elles et avec l'échantillon sont finies à 0,8 microns. Le diamètre de la chambre à échantillon est de 5,1 mm.

###### *13.4.1.2.2 Liquides*

L'appareillage d'épreuve d'impact pour les liquides est semblable à celui utilisé pour les matières solides, sauf en ce qui concerne le dispositif de percussion, qui est représenté à la figure 13.4.1.3.

###### *13.4.1.3 Mode opératoire*

###### *13.4.1.3.1 Matières solides*

On dépose sur le galet intermédiaire (C) un échantillon de 10 mg de matière. On place l'enclume (E) et le galet intermédiaire dans le porte-échantillon (F) et on revisse le bouchon (D). Le percuteur (B) et le contre-percuteur (A) sont alors introduits par le haut. La masse de chute est levée jusqu'à une hauteur de 10,0 cm puis larguée. On observe s'il y eu "explosion" (flamme ou bruit d'explosion). On exécute 10 essais pour chaque matière.



## 13.4.1.3.2 Liquides

La bague antirebond (A), le contre-percuteur (B) et le percuteur (D) sont assemblés dans le bouchon (C). Une coupelle en cuivre (E) placée dans la bague de centrage (non représentée à la figure 13.4.1.3) et une goutte du liquide à éprouver est déposée dans la coupelle. Le bouchon et ses éléments (A), (B) et (D) sont posés sur la bague de centrage. L'extrémité du percuteur (D) pénètre partiellement dans la coupelle, mais est empêchée par la bague de venir en contact avec le liquide. Si l'on soulève le bouchon, la coupelle reste emboîtée à l'extrémité du percuteur par frottement. Le bouchon est alors vissé dans le porte-échantillon; les dimensions des différents éléments doivent être telles que le fond de la coupelle touche juste le galet intermédiaire lorsqu'il est vissé à la main. Le porte-échantillon complet est alors installé sur le mouton de choc du "Bureau of Explosives", également utilisé pour les essais d'impact sur matières solides. La masse de chute est levée jusqu'à une hauteur de 25,0 cm puis larguée. On observe s'il y a eu "explosion" (fumée, flamme ou bruit d'explosion). On exécute 10 essais pour chaque matière.

13.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

## 13.4.1.4.1 Matières solides

Le résultat d'épreuve est considéré comme positif (+) si l'on observe une flamme ou un bruit d'explosion pour au moins 5 de 10 essais exécutés d'une hauteur de 10 cm; dans ce cas la matière est considérée comme trop dangereuse pour être transportée sous la forme où elle a été éprouvée. Dans tous les autres cas, le résultat est considéré négatif (-). Pour trancher les cas limites, on devra utiliser la méthode Bruceton (voir l'appendice 2).

## 13.4.1.4.2 Liquides

Le résultat d'épreuve est considéré positif (+) si l'on observe une fumée, une flamme ou un bruit d'explosion pour au moins 1 des 10 essais exécutés d'une hauteur de 25 cm; la matière est alors considérée comme trop dangereuse pour être transportée sous la forme où elle a été éprouvée. Dans tous les autres cas le résultat est considéré comme négatif (-).

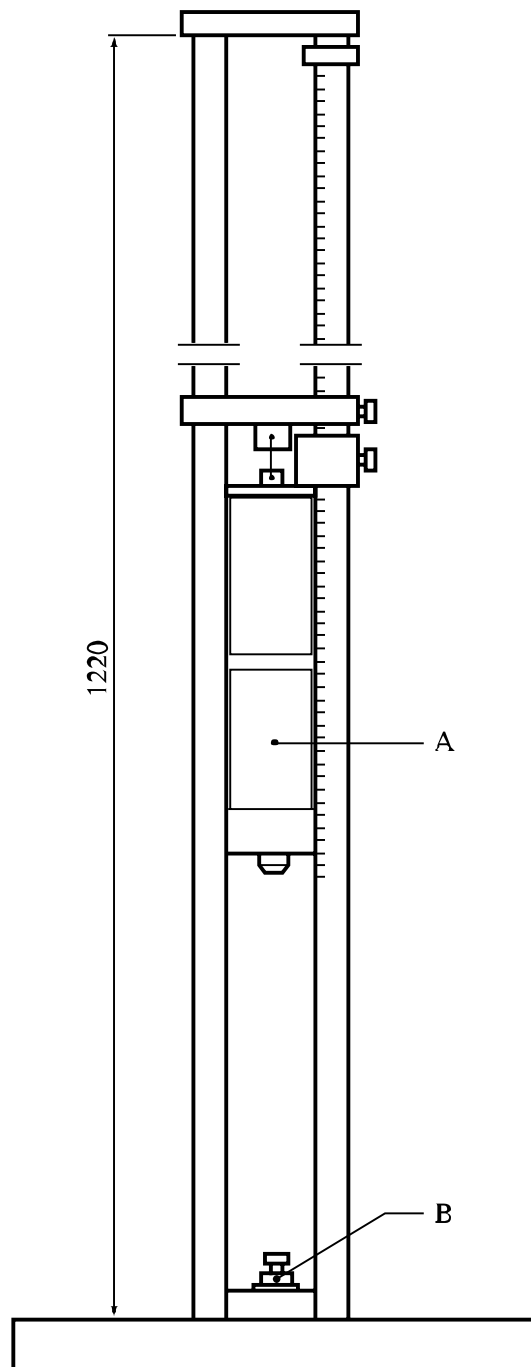
13.4.1.5 *Exemples de résultats*

## 13.4.1.5.1 Matières solides

<b>Matière solide</b>	<b>Résultat</b>
Perchlorate d'ammonium	-
Octogène (sec)	+
Dynamite NG	-
Penthrite (sèche)	+
Penthrite/eau (75/25)	-
Hexogène (sec)	+

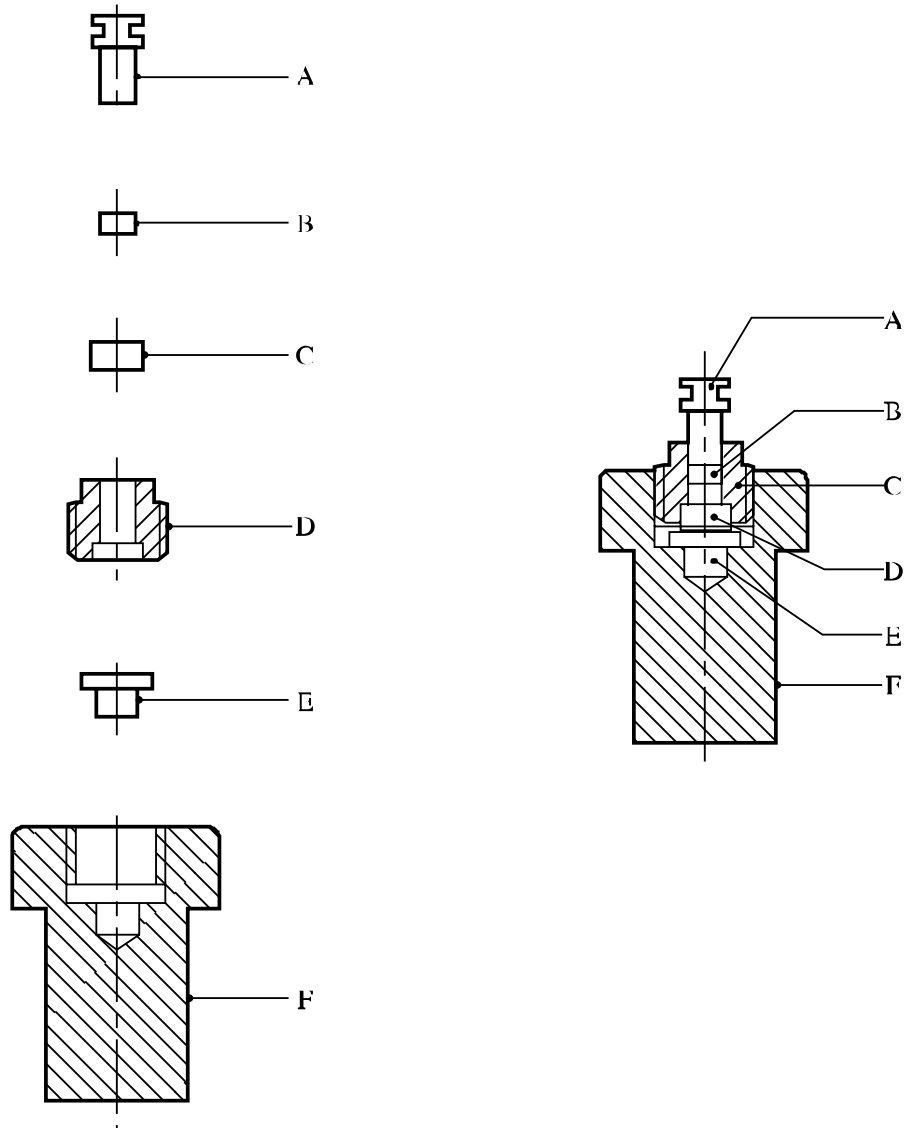
## 13.4.1.5.2 Liquides

<b>Matière éprouvée</b>	<b>Résultat</b>
Nitroglycérine	+
Nitrométhane	-



- 
- (A) Masse de chute
  - (B) Éprouvette
- 

**Figure 13.4.1.1 : MOUTON DE CHOC DU "BUREAU OF EXPLOSIVES"**



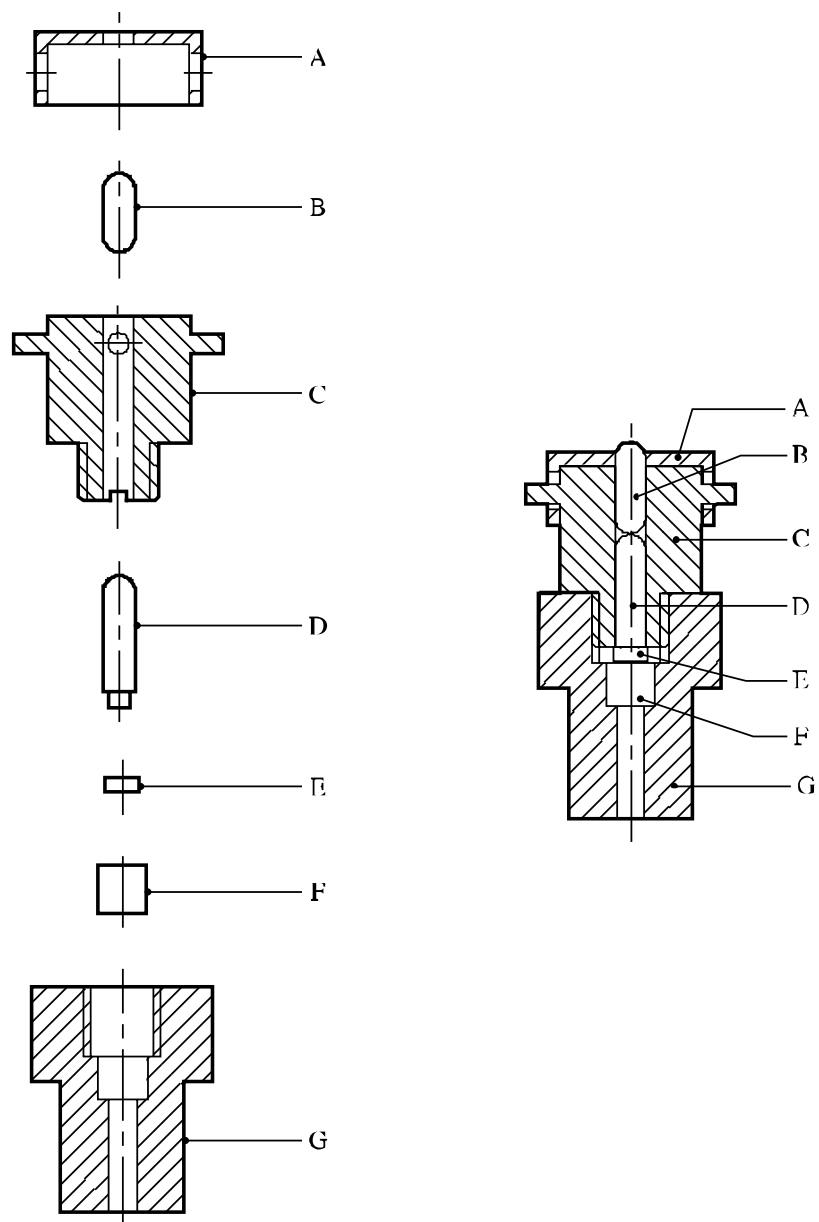
---

(A) Contre-percuteur  
(C) Galet intermédiaire  
(E) Enclume

(B) Percuteur  
(D) Bouchon  
(F) Porte-échantillon

---

**Figure 13.4.1.2 : DISPOSITIF DE PERCUSSION POUR MATIÈRES SOLIDES**



(A) Bague anti-rebond  
(C) Bouchon  
(E) Coupelle en cuivre  
(G) Porte-échantillon

(B) Contre-percuteur  
(D) Percuteur  
(F) Galet intermédiaire

Figure 13.4.1.3 : DISPOSITIF DE PERCUSSION POUR LIQUIDES

### 13.4.2 *Épreuve 3 a) ii) : Épreuve au mouton de choc BAM*

#### 13.4.2.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité des matières solides et des liquides à l'impact d'une masse de chute et à déterminer si la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée.

#### 13.4.2.2 *Appareillage et matériels*

13.4.2.2.1 Les éléments principaux du mouton de choc sont le bloc récepteur en acier coulé et son embase, l'enclume, la colonne, les guides, les masses de chute avec le dispositif de largage et le porte-échantillon. L'appareil comporte une enclume en acier vissée au bloc d'embase en acier coulé. À l'arrière du bloc d'acier est fixé le support de la colonne (formée d'un tube en acier étiré sans soudure). Les dimensions de l'enclume, du bloc en acier, de l'embase et de la colonne sont indiquées à la figure 13.4.2.1. Les deux guides, qui sont fixés à la colonne par trois traverses, sont munis d'une crémaillère pour retenir la masse de chute si elle rebondit et d'une échelle graduée mobile pour régler la hauteur de chute. Le mécanisme de largage est monté coulissant entre les guides et peut être bloqué sur ceux-ci au moyen d'un écrou à levier serrant deux mâchoires. L'appareil est ancré à un massif en béton de 600 × 600 mm, par quatre vis scellées dans le béton; l'embase doit être en contact avec le béton sur toute sa surface et les guides doivent être parfaitement verticaux. Une caisse pare-éclats en bois, doublée intérieurement, et s'ouvrant facilement, entoure l'appareil jusqu'à la hauteur de la première traverse. Un dispositif extracteur permet d'évacuer les gaz d'explosion et poussières qui ont été retenus par la caisse.

13.4.2.2.2 La masse de chute est représentée à la figure 13.4.2.2. Chaque masse de chute comporte deux mortaises de guidage, un pêne de retenue, un embout de choc amovible et un cliquet antirebond vissés sur la masse. L'embout de choc est en acier durci (dureté Rockwell C 60 à 63); son diamètre minimal est de 25 mm; il comporte un épaulement qui l'empêche de se tasser dans son logement sous l'effet du choc. Il existe trois masses de chute, pesant respectivement 1 kg, 5 kg et 10 kg. La masse de chute d'un kg a une âme massive en acier portant l'embout de choc. Les masses de chute de 5 kg et de 10 kg sont en acier massif et à haute densité (au minimum de la qualité St 31-1 selon la norme DIN 1700).

13.4.2.2.3 L'échantillon de matière à éprouver est déposé dans un dispositif de percussion constitué de deux galets en acier co-axiaux, posés l'un sur l'autre à l'intérieur d'un manchon cylindrique en acier. Les galets sont en acier de roulements à rouleaux de dureté Rockwell comprise entre 58 et 65; ils ont une surface polie et des arêtes arrondies. Les dimensions des galets et du manchon sont indiquées à la figure 13.4.2.3. Le dispositif de percussion est placé sur une enclume intermédiaire au moyen d'une bague de centrage pourvue d'une série d'évents disposés en couronne pour l'évacuation des gaz, dont les dimensions sont également indiquées à la figure 13.4.2.3. Celles de l'enclume intermédiaire sont données à la figure 13.4.2.4.

#### 13.4.2.3 *Mode opératoire*

13.4.2.3.1 Pour les matières solides autres que les matières pâteuses ou géliformes, il convient de tenir compte des points suivants :

- a) Les matières pulvérulentes doivent être tamisées (maille de 0,5 mm), toute la fraction passante est utilisée pour l'épreuve<sup>1</sup>;
- b) Les matières comprimées, coulées ou en général compactes sont réduites en petits fragments et tamisées; la fraction passant une maille de 1 mm et retenue par une maille de 0,5 mm est utilisée pour l'épreuve<sup>1</sup>;

---

<sup>1</sup> Pour les matières formées de plusieurs constituants, la fraction tamisée utilisée pour l'épreuve doit être représentative de la composition de l'échantillon initial.

- c) Les matières transportées seulement sous forme de charges sont soumises à l'épreuve sous forme de disques (pastilles) d'environ 4 mm de diamètre et 3 mm d'épaisseur (soit un volume de 40 mm<sup>3</sup>).

Les galets et le manchon de guidage doivent être dégraissés à l'acétone avant l'emploi. Ces pièces doivent seulement être utilisées une fois.

13.4.2.3.2 Pour les matières pulvérulentes, le prélèvement de l'échantillon se fait avec une mesure cylindrique de 40 mm<sup>3</sup> (3,7 mm de diamètre × 3,7 mm de profondeur). Pour les matières pâteuses ou géli-formes, on effectue le prélèvement en enfonçant un tube cylindrique de la même contenance dans la matière et en chassant le contenu, après arasement, au moyen d'un piston en bois. Pour les liquides, on se sert d'une pipette fine de 40 mm<sup>3</sup> de capacité. L'échantillon est déposé dans le dispositif de percussion ouvert, déjà posé, avec la bague de centrage, sur l'enclume intermédiaire. Dans le cas des matières pulvérulentes, pâteuses ou géli-formes, on appuie doucement sur le percuteur supérieur jusqu'à ce qu'il vienne toucher l'échantillon sans l'aplatir. Les liquides sont déposés dans le dispositif de percussion ouvert, de telle manière qu'ils remplissent la gorge entre le percuteur inférieur et le manchon de guidage. En mesurant avec une jauge de profondeur, on pose le percuteur supérieur, retenu par un joint torique en caoutchouc, et on le fait descendre jusqu'à 2 mm du percuteur inférieur (voir la figure 13.4.2.5). Dans certains cas, il peut arriver que le liquide remonte autour des galets jusqu'au sommet du manchon par effet capillaire. On doit alors nettoyer complètement le porte-échantillon et recommencer la procédure avec un nouvel échantillon. Le dispositif de percussion rempli est posé au centre de l'enclume, l'enceinte de protection en bois est refermée et la masse de chute appropriée, réglée à la hauteur prescrite, est larguée. Pour l'interprétation des résultats, on distingue les effets suivants : "pas de réaction", "décomposition" (sans flamme ni explosion) reconnaissable par un changement de couleur ou d'odeur de l'échantillon, et "explosion" (avec bruit d'explosion plus ou moins fort ou inflammation). Dans certains cas, il est utile d'exécuter des essais avec des matières de référence inertes pour pouvoir mieux évaluer les résultats.

13.4.2.3.3 L'énergie limite d'impact, qui caractérise la sensibilité au choc des matières, correspond à la valeur d'énergie la plus faible à laquelle on obtienne une "explosion" lors d'un essai au moins sur un minimum de six. Pour calculer l'énergie d'impact, on multiplie la masse de l'élément de chute par la hauteur de chute (exemple : 1 kg × 0,5 m ≈ 5 J). La masse de chute de 1 kg est utilisée à des hauteurs de chute de 10, 20, 30, 40 et 50 cm (énergie d'impact : 1 à 5 J). La masse de 5 kg à des hauteurs de 15, 20, 30, 40, 50 et 60 cm (énergie : 7,5 à 30 J); et celle de 10 kg à des hauteurs de 35, 40 et 50 cm (énergie : 35 à 50 J). La série d'essais commence par un essai simple à 10 J. Si l'on obtient alors le résultat "explosion", on poursuit la série en abaissant par degrés l'énergie jusqu'à ce que l'on obtienne l'effet "décomposition" ou "pas de réaction". En gardant cette valeur, on répète l'essai jusqu'à six fois au total s'il n'y a pas "explosion". Dans le cas contraire, on réduit l'énergie d'impact par degrés jusqu'à ce que on ait déterminé la valeur limite. Si à la valeur de 10 J, l'effet observé est "décomposition" ou "pas de réaction" (c'est-à-dire pas d'explosion) on poursuit la série d'essais en augmentant par degrés l'énergie jusqu'à obtenir le premier effet "explosion". On réduit alors à nouveau la valeur jusqu'à ce que l'on ait pu déterminer l'énergie limite d'impact.

#### 13.4.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

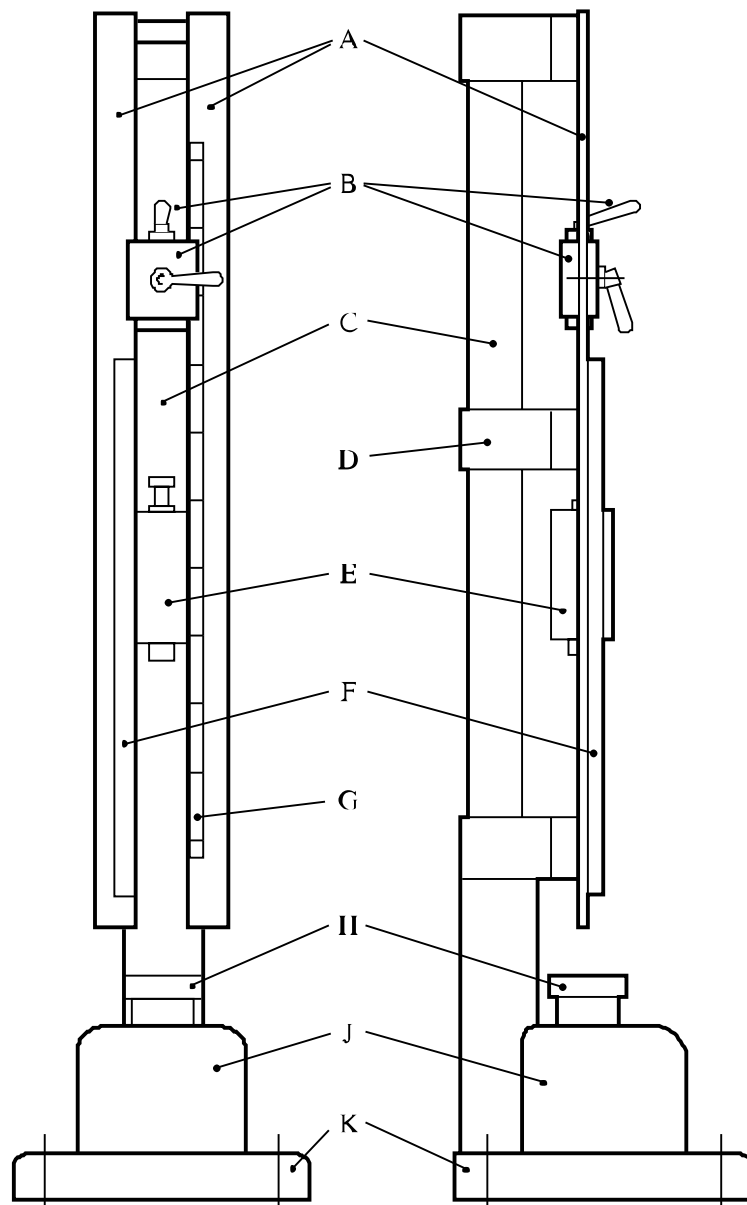
Pour l'évaluation des résultats, on se fonde sur les critères suivants :

- a) L'observation d'une "explosion" sur l'un au moins de six essais exécutés à une valeur donnée d'énergie d'impact;
- b) La plus faible énergie d'impact pour laquelle il y ait au moins une "explosion" lors de six essais.

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si la plus faible énergie d'impact à laquelle on ait obtenu au moins une "explosion" lors de six essais est égale ou inférieure à 2 J. On considère autrement que le résultat d'épreuve est négatif (-).

## 13.4.2.5 Exemples de résultats

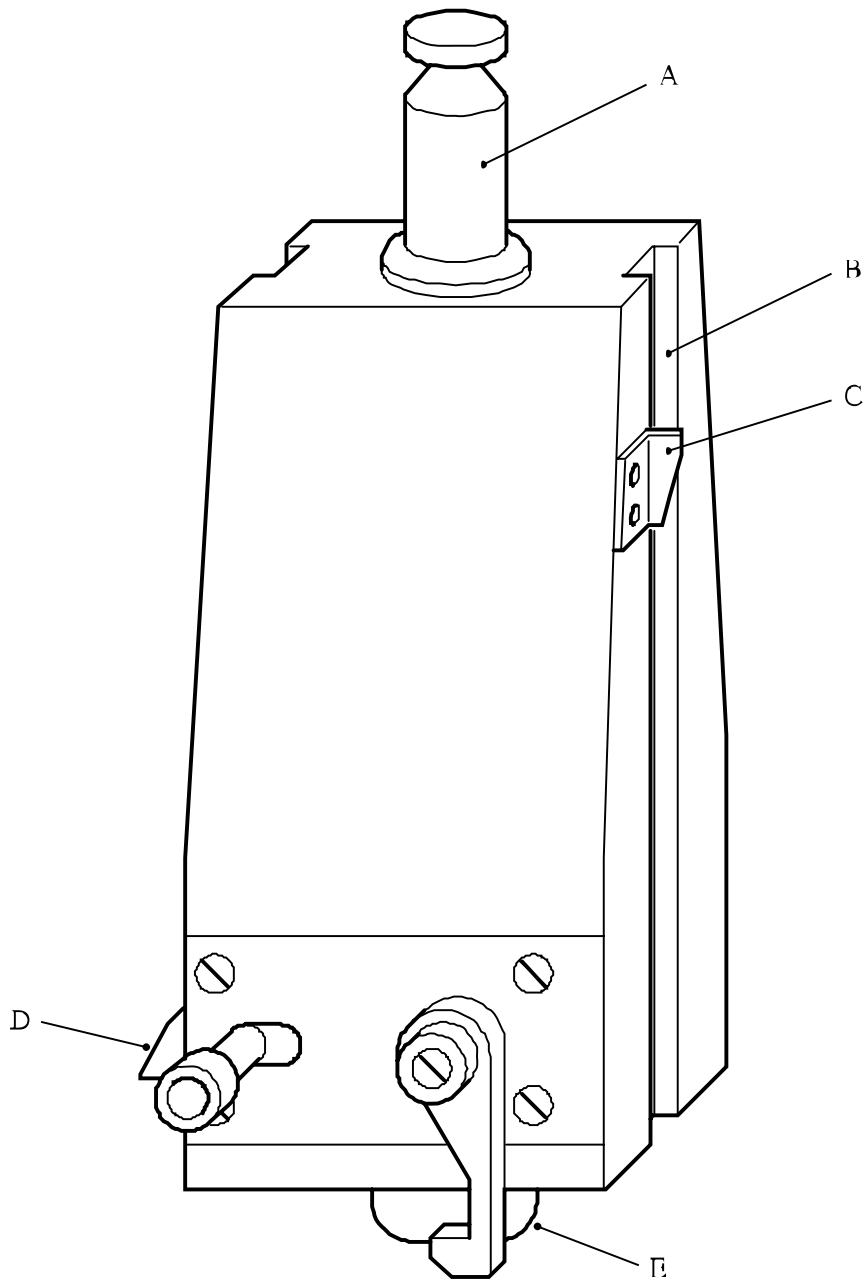
<b>Matière</b>	<b>Énergie limite d'impact (J)</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'éthyle (liquide)	1	+
Hexal (70/30)	10	-
Perchlorate d'hydrazine (sec)	2	+
Azoture de plomb (sec)	2,5	-
Styphnate de plomb	5	-
Hexanitate de mannitol (sec)	1	+
Fulminate de mercure (sec)	1	+
NG (liquide)	1	+
Penthrite (sèche)	3	-
Pentocire (95/5)	3	-
Pentocire (93/7)	5	-
Pentocire (90/10)	4	-
Penthrite/eau (75/25)	5	-
Penthrite/lactose (85/15)	3	-
Hexogène/eau (74/26)	30	-
Hexogène (sec)	5	-
Tétryl (sec)	4	-



(A)	Guides (deux)	(B)	Dispositif de largage
(C)	Colonne	(D)	Traverse médiane
(E)	Masse de chute	(F)	Crémaillère
(G)	Échelle graduée	(H)	Enclume de
(J)	Bloc en acier de (230 × 250 × 200 mm)	(H)	(100 mm de diamètre × 70 mm)
		(K)	Embase 450 × 450 × 60 mm

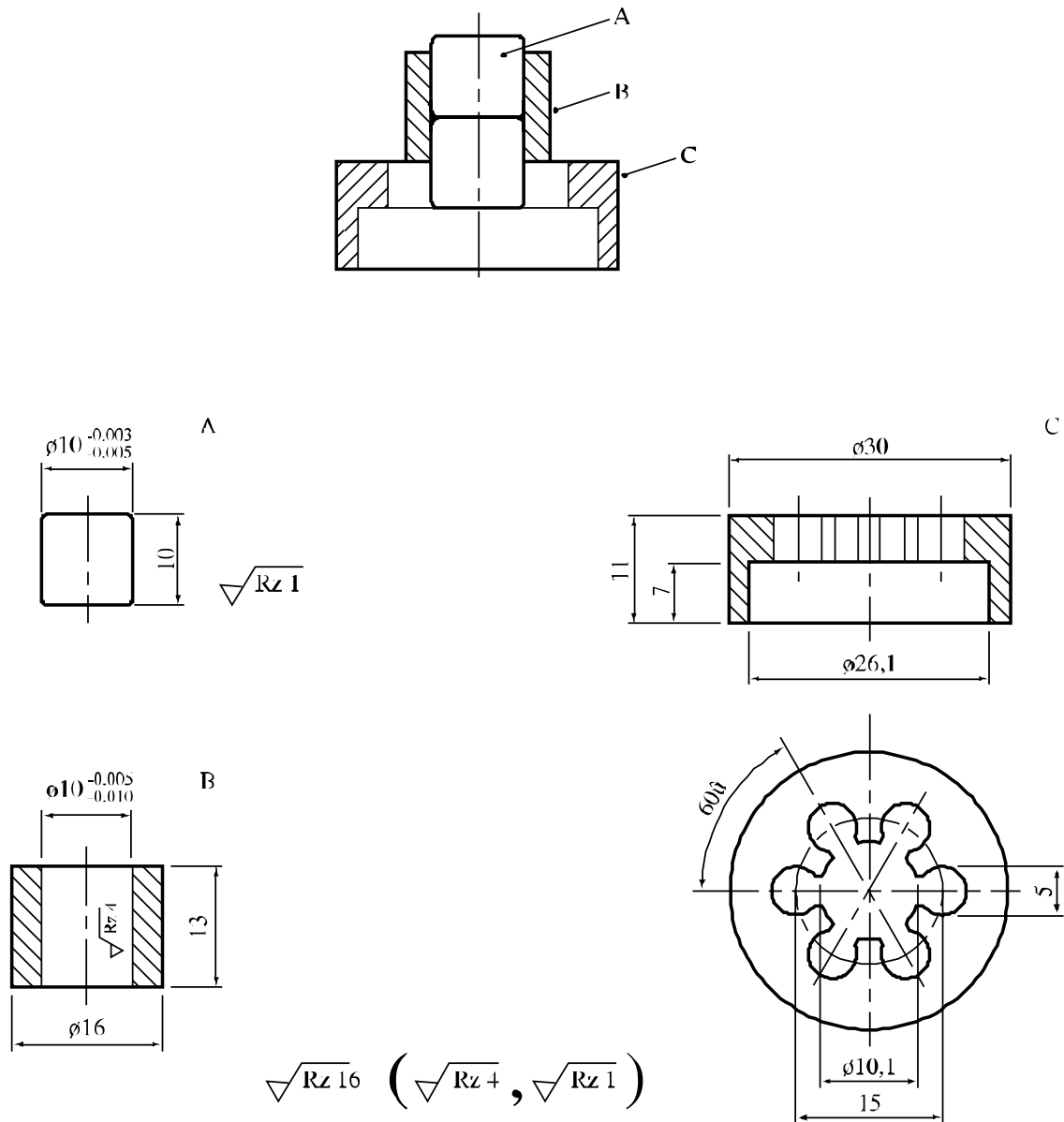
**Figure 13.4.2.1 : MOUTON BAM - VUE EN ÉLÉVATION FRONTALE ET LATÉRALE**





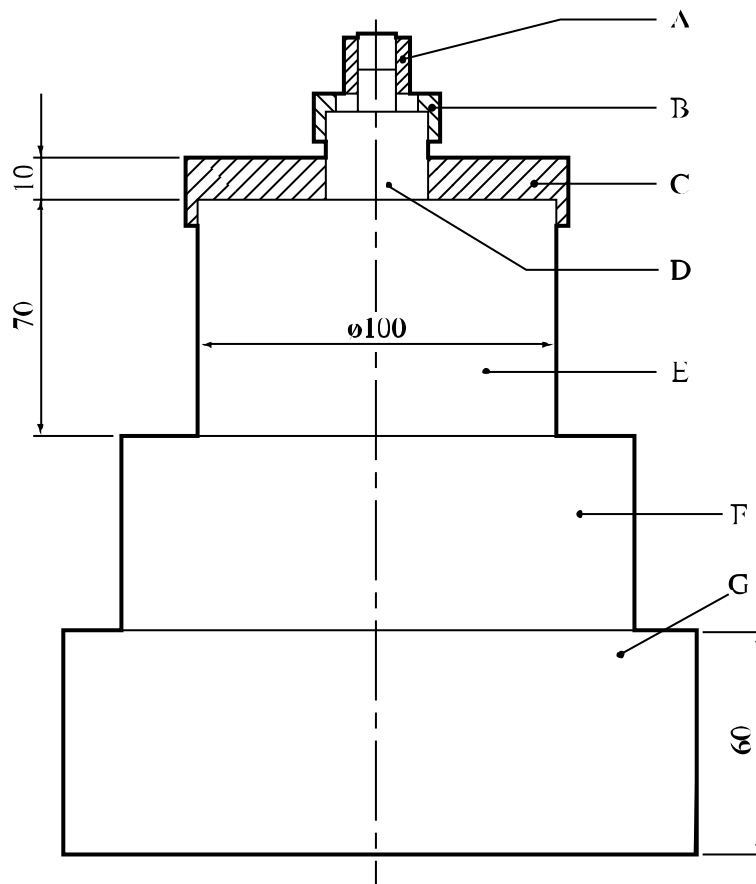
- 
- |     |                     |
|-----|---------------------|
| (A) | Pêne de retenue     |
| (B) | Mortaise de guidage |
| (C) | Repère de hauteur   |
| (D) | Cliquet anti-rebord |
| (E) | Embout de choc      |
- 

**Figure 13.4.2.2 : MASSE DE CHUTE**



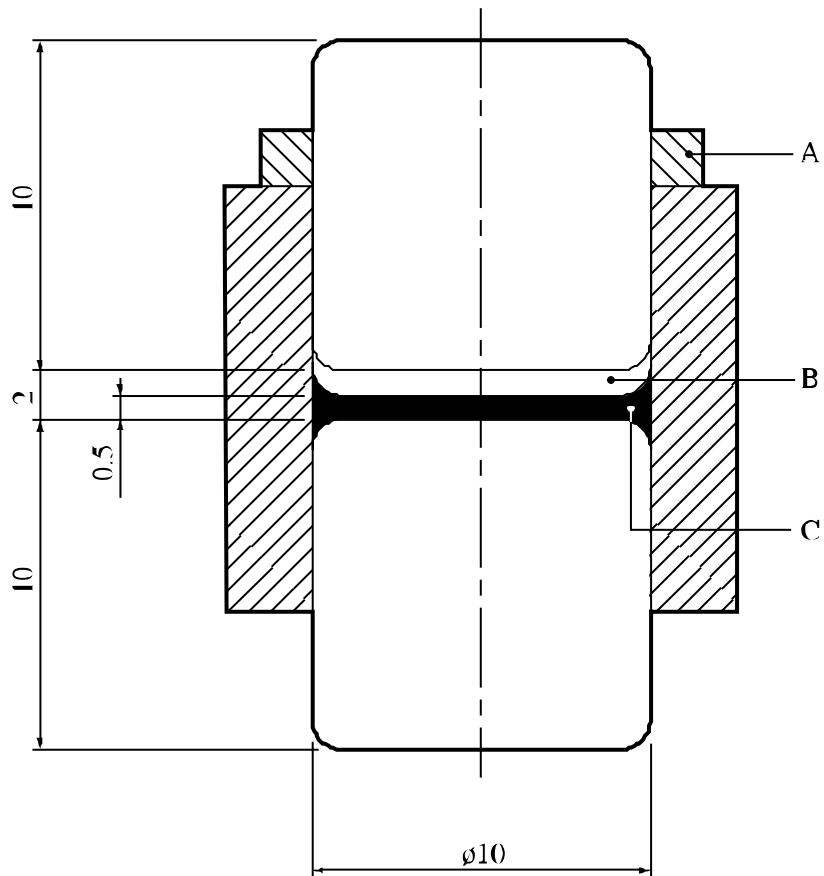
- 
- |     |                         |
|-----|-------------------------|
| (A) | Galets en acier         |
| (B) | Bague de guidage        |
| (C) | Bague de positionnement |
- 

**Figure 13.4.2.3 : DISPOSITIF DE PERCUSSION POUR MATIÈRES PULVÉRULENTES, PÂTEUSES OU GÉLATINEUSES, ET BAGUE DE CENTRAGE**



(A)	Dispositif de percussion	(B)	Bague de centrage
(C)	Plaque de centrage	(D)	Enclume intermédiaire (de 26 mm de diamètre × 26 mm de haut)
(E)	Enclume (de 100 mm de diamètre × 70 mm)	(F)	Bloc d'acier (de 230 × 250 × 200 mm)
(G)	Embase (de 450 × 450 × 60 mm)		

**Figure 13.4.2.4 : PARTIE INFÉRIEURE DU DISPOSITIF DE PERCUSSION**



- 
- (A) Joint en caoutchouc (peut être parfois omis)  
(B) Espace vide de liquide  
(C) Liquide étalé à la périphérie du galet
- 

**Figure 13.4.2.5 : DISPOSITIF DE PERCUSSION POUR LIQUIDES**

### 13.4.3 *Épreuve 3 a) iii) : Épreuve d'impact Rotter*

#### 13.4.3.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité d'une matière à l'impact d'une masse de chute et à déterminer si cette matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée. Elle est applicable aux matières solides et aux liquides moyennant l'utilisation de deux porte-échantillons différents. La méthode peut inclure une comparaison directe avec un explosif témoin. Les hauteurs de chute médianes (correspondant à une probabilité d'inflammation de 50 %) sont déterminées par la méthode Bruceton ("Up-and-down").

#### 13.4.3.2 *Appareillage et matériels*

##### 13.4.3.2.1 *Matières solides*

Le mouton de choc Rotter (avec masse de chute de 5 kg) et les accessoires d'épreuve sont représentés à la figure 13.4.3.1; le porte-échantillon est représenté en vue agrandie à la figure 13.4.3.2. Les pièces de percussion en acier trempé, les capsules en laiton, le dispositif de mesure (d'une capacité de 0,03 cm<sup>3</sup>), le dispositif de tassement et le tube manométrique (d'une capacité de 50 cm<sup>3</sup>) sont fabriqués selon les plans normalisés. L'explosif témoin est l'hexogène, obtenu par recristallisation à partir de la cyclohexanone, et séché conformément à une procédure type.

##### 13.4.3.2.2 *Liquides*

Pour l'essai des liquides, on utilise le même mouton de choc, mais avec un type différent de dispositif de percussion (figure 13.4.3.3) et de contre-percuteur (figure 13.4.3.4) et sans tube manométrique. La masse de chute est de 2 kg. Les divers accessoires représentés sur les figures 13.4.3.2 à 13.4.3.4, ainsi que le disque en acier trempé utilisé pour l'étalonnage des ensembles coupelle/percuteur, sont fabriqués selon des plans normalisés.

#### 13.4.3.3 *Mode opératoire*

##### 13.4.3.3.1 *Matières solides*

Pour les matières solides autres que les pâtes ou gels, il convient de tenir compte des points suivants :

- Si nécessaire, les matières pulvérulentes grossières sont broyées de manière à passer à travers une maille de 850 µm;
- Les matières coulées sont soit broyées et tamisées à travers une maille de 850 µm, soit découpées en disques ayant nominalement 4 mm de diamètre et 2 mm d'épaisseur (0,03 cm<sup>3</sup> de volume).

13.4.3.3.2 Les matières pulvérulentes sont déposées dans la capsule au moyen du dispositif de mesure; celles à faible densité en vrac sont tassées avec le dispositif approprié. On fait pénétrer le bout de l'enclume dans la capsule remplie, en évitant de retourner la capsule avant que celui-ci ne touche l'échantillon. On imprime alors une rotation à la capsule, pour répartir également la matière; on ferme ensuite le porte-échantillon, on règle le percuteur pour qu'il vienne toucher la capsule et l'on pose le porte-échantillon dans le mouton d'essai. Les logarithmes des hauteurs de chute normalisées sont présentés selon une échelle linéaire. Les valeurs des hauteurs de départ des séries de Bruceton (voir l'appendice 2) pour l'échantillon et pour l'explosif témoin sont déterminées par interpolation entre les plus proches valeurs où il y a réaction positive (inflammation) et réaction négative (pas d'inflammation) jusqu'à ce que celles-ci se produisent à des valeurs contiguës. Dans un essai normal, on exécute des séries Bruceton de 50 tirs. Si l'on applique la procédure SCT (Sample Comparison Test) (Épreuve comparative entre échantillons - voir l'appendice 2), on exécute alternativement des tirs de capsules de l'explosif témoin et de l'échantillon en suivant une série de

Bruceton séparée pour chacun. On considère qu'il y a réaction positive si l'on enregistre au manomètre l'émission de 1 cm<sup>3</sup> ou plus de produits de décomposition, ou si l'on observe un mouvement transitoire anormal du liquide du manomètre, confirmé par la présence de fumée lors de l'ouverture du porte-échantillon. Pour certaines compositions pyrotechniques, un effet plus faible (changement de couleur de l'échantillon par exemple) est considéré également comme réaction positive. Après chaque essai individuel, on doit nettoyer entièrement et faire sécher l'enclume et la chambre à échantillon; l'enclume doit être examinée et remplacée si elle est visiblement endommagée. Une hauteur de chute supérieure à 200 cm peut en elle-même endommager directement l'enclume. Si l'on n'applique pas la méthode SCT, les résultats pour l'échantillon témoin doivent être obtenus par détermination de la moyenne mobile sur 50 tirs.

#### 13.4.3.3.3 Liquides

Les ensembles coupelles/percuteurs pour l'essai des liquides sont appariés avant le début des essais. Le disque d'étalonnage est placé dans chaque coupelle tour à tour, le percuteur est mis en place et l'ensemble est placé dans le dispositif d'impact. La bille d'acier est posée sur le percuteur, et le couvercle est vissé sur le fond du porte-échantillon et bloqué. Le bouchon est alors introduit et vissé jusqu'à ce que le siège de la bille touche celle-ci. La valeur de réglage initiale peut être lue sur une échelle circulaire graduée jusqu'à 100 apposée au sommet du couvercle. La valeur lue est propre à chaque combinaison coupelle/percuteur utilisée. Chaque division sur l'échelle circulaire correspond à un déplacement vertical de 0,02 mm. Pour exécuter l'essai proprement dit, on place un joint torique dans la coupelle. On dépose ensuite une quantité mesurée de 0,025 cm<sup>3</sup> du liquide à éprouver dans la cavité; on peut utiliser à cette fin, une seringue étanche aux gaz de 0,5 cm<sup>3</sup> avec une crémaillère et un bec en plastique à bout fin. On dépose alors un disque en acier inoxydable sur le joint torique, qui délimite un espace d'air fermé de 0,025 cm<sup>3</sup>. Le percuteur est alors posé sur le disque. L'ensemble est mis en place dans le dispositif de percussion, la bille étant posée sur le percuteur, et le couvercle du porte-échantillon est vissé et bloqué. Le bouchon est alors vissé à la main jusqu'à ce qu'il vienne toucher la bille (figure 13.4.3.3). On applique alors un préserrage standard en vissant le bouchon jusqu'à la position initiale d'étalonnage pour l'ensemble coupelle/percuteur utilisé, puis en serrant encore d'un nombre standard de graduations sur l'échelle circulaire. Le porte-échantillon est ensuite installé sous le mouton de choc, le contre-percuteur à bout concave (figure 13.4.3.4) reposant sur la bille. La méthode d'épreuve est la même que pour les matières solides, la même échelle de Bruceton étant utilisée. On juge qu'il y a eu réaction "positive" si le bruit produit lors du choc est plus fort que celui causé par une chute d'égale hauteur sur un liquide inerte ou si l'on observe une surpression résiduelle dans la chambre à échantillon, ou encore si au démontage on constate visuellement ou olfactivement la présence de produits de décomposition. Dans le cas d'un effet négatif, on trouve dans la chambre un liquide intact. Après l'essai, la coupelle et le percuteur sont soigneusement nettoyés, et si l'un ou l'autre présente des dégâts (piqûres le plus souvent) il est remplacé, auquel cas un réétalonnage avec le disque est nécessaire. Pour ce qui est du joint torique et du disque en acier inoxydable, ils sont remplacés systématiquement après chaque essai.

#### 13.4.3.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

##### 13.4.3.4.1 Matières solides

Pour l'évaluation des résultats d'épreuve, on se fonde sur les critères suivants :

- a) L'observation d'une réaction "positive" lors d'un essai;
- b) La détermination de la hauteur de chute médiane pour l'explosif témoin (hexogène) et l'échantillon par la méthode de Bruceton (voir appendice 2);
- c) La comparaison de la hauteur de chute médiane en moyenne mobile de l'explosif témoin ( $H_1$ ) avec la hauteur de chute médiane de l'échantillon ( $H_2$ ) conformément à l'équation

$$\text{Indice d'insensibilité (I I)} = 80 \times H_2/H_1$$

(si  $H_2 \geq 200$  cm, I I est donné comme  $> 200$ )

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si l'indice d'insensibilité est inférieur ou égal à 80. On considère que le résultat est négatif (-) s'il est supérieur à ce nombre. Lorsque l'indice obtenu pour la matière éprouvée est de moins de 80, on peut effectuer une comparaison directe avec l'explosif témoin (hexogène) en appliquant la procédure SCT (Sample Comparison Test) (Épreuve comparative entre échantillons - voir l'appendice 2) avec 100 tirs pour chaque matière. S'il existe une probabilité d'au moins 95 % pour que la matière éprouvée ne soit pas plus sensible que l'hexogène, elle est jugée comme n'étant pas trop dangereuse pour le transport sous la forme éprouvée.

#### 13.4.3.4.2 Liquides

Pour l'évaluation des résultats d'épreuve, on se fonde sur les critères suivants :

- L'observation d'une réaction positive lors d'un essai;
- La détermination de la hauteur de chute médiane pour l'échantillon par la méthode Bruceton.

La hauteur de chute médiane pour les liquides est calculée comme pour les matières solides, et le résultat est indiqué directement. Pour les échantillons qui ne donnent pas de réaction positive à des hauteurs de chute de 125 cm environ, la hauteur médiane est donnée comme "> 125 cm". On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que le liquide est trop dangereux pour être transporté sous la forme éprouvée s'il se révèle plus sensible lors de cette épreuve que le nitrate d'isopropyle. On se base normalement à cette fin sur le critère de la hauteur de chute médiane, mais si la valeur de hauteur obtenue pour la matière à éprouver est inférieure à celle indiquée pour le nitrate d'isopropyle, à savoir 14,0 cm, on peut effectuer une comparaison directe en appliquant la procédure SCT (Sample Comparison Test) (Épreuve comparative entre échantillons - voir l'appendice 2) en exécutant 100 tirs pour chaque matière. S'il y a une probabilité d'au moins 95 % pour que la matière éprouvée ne soit pas plus sensible que le nitrate d'isopropyle, elle est jugée comme n'étant pas trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée. On considère que le résultat est négatif (-) si la hauteur médiane est égale ou supérieure à celle obtenue pour le nitrate d'isopropyle.

#### 13.4.3.5 Exemples de résultats

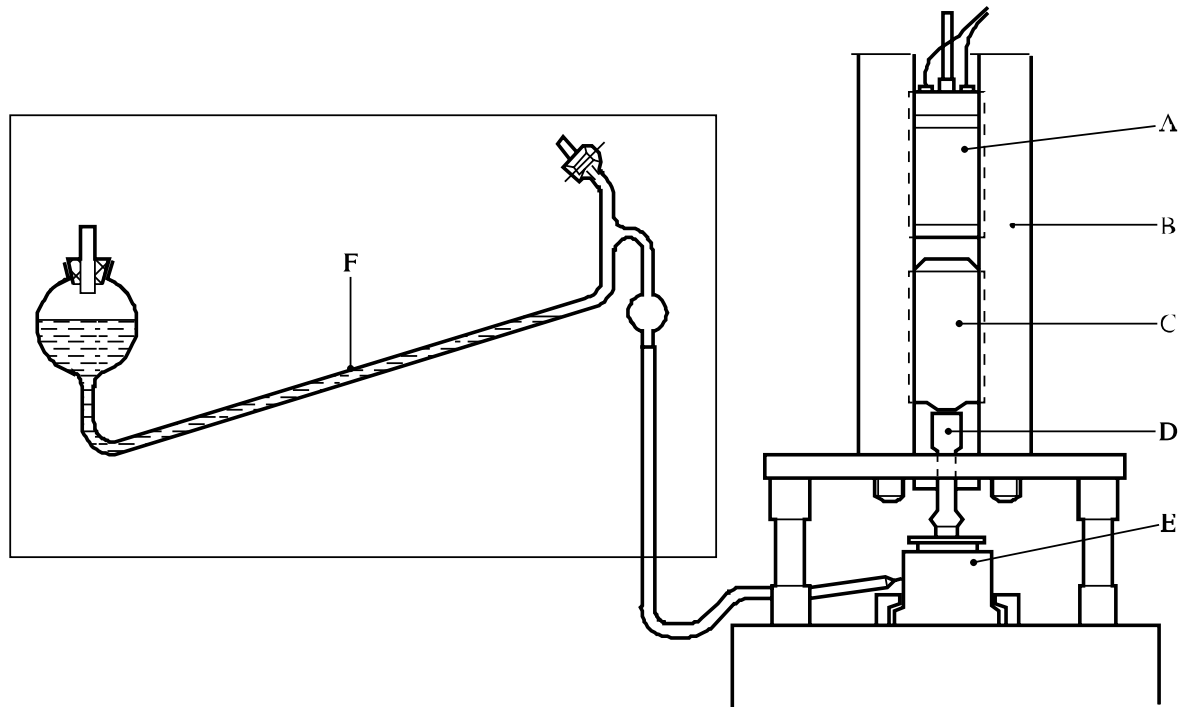
##### 13.4.3.5.1 Matières solides

Matière	Indice d'insensibilité	Résultat
Dynamite gomme (géophex)	15	+
Dynamite gomme (sous-marine)	15	+
Cordite	20	+
Dinitro-1,3 benzène	> 200	-
Nitrate de guanidine	> 200	-
Octogène	60	+
Azoture de plomb (militaire)	30	+
Penthrite	50	+
Pentocire (90/10)	90	-
Hexogène	80	+
Tétryl	90	-
TNT	140	-

## 13.4.3.5.2 Liquides

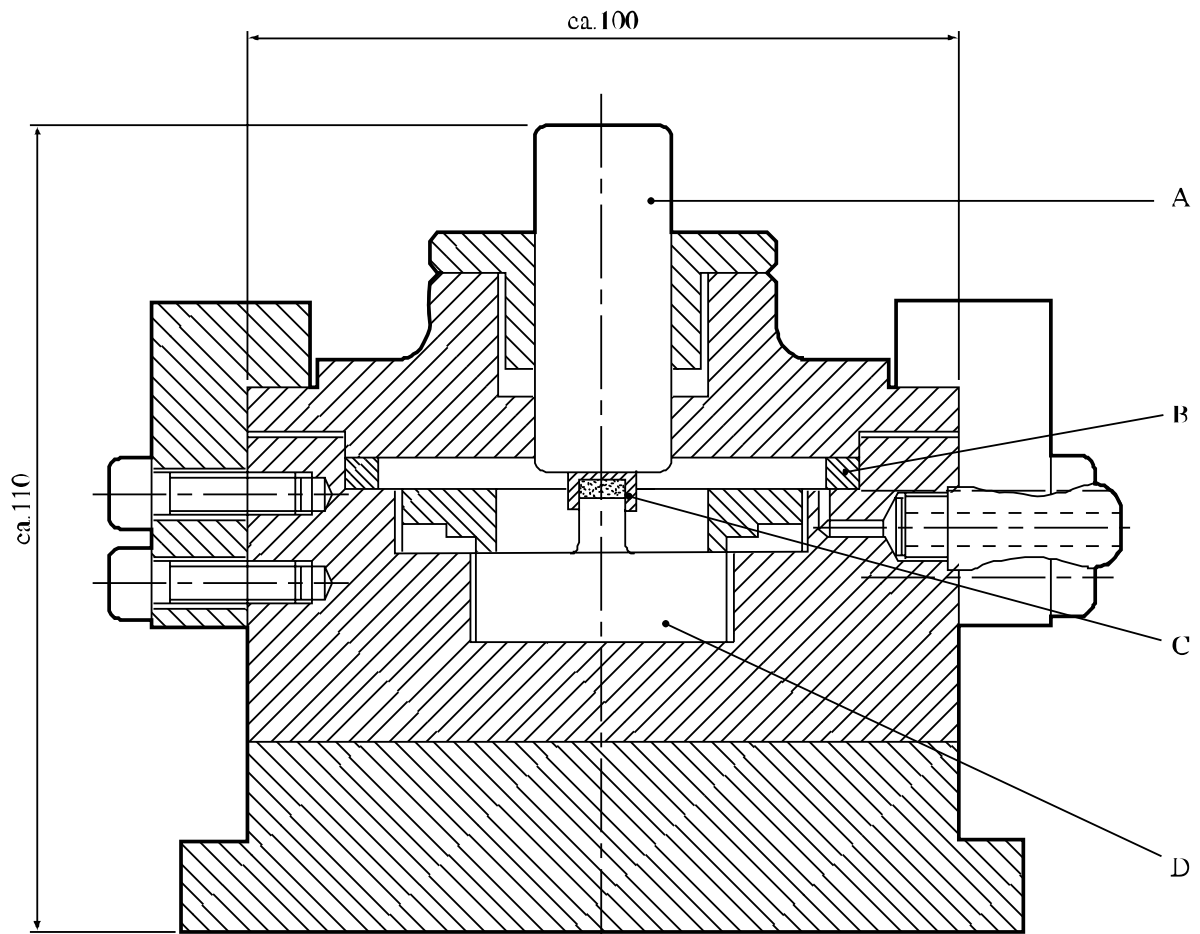
<b>Matière</b>	<b>Hauteur médiane (cm)</b>	<b>Résultat</b>
Dinitrate de diéthylèneglycol	12	+
Mononitrate de diéthylèneglycol	46	-
Dinitro-1,1 éthane	21	-
Dinitroéthylbenzène	87	-
Trinitrate de glycérol (NG)	5	+
Nitrate d'isopropyle	14	+
Nitrobenzène	> 125	-
Nitrométhane	62	-
Dinitrate de triéthylèneglycol	10	+
Mononitrate de triéthylèneglycol	64	-





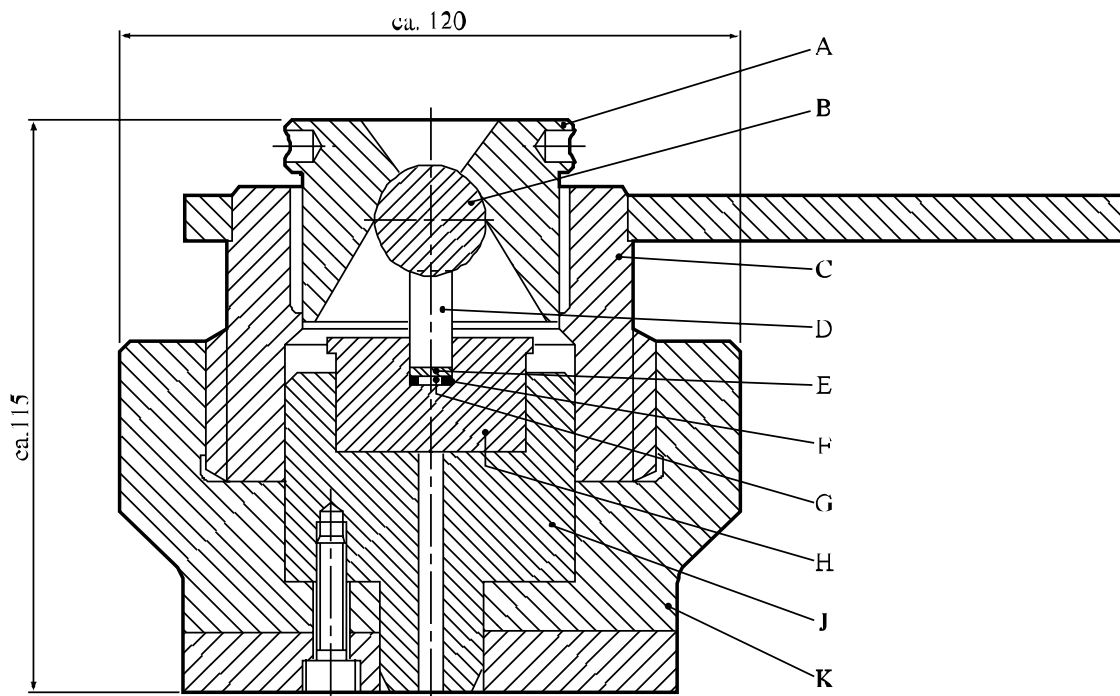
- 
- |     |   |
|-----|---|
| (A) | Électro-aimant  |
| (B) | Guides tubulaires   |
| (C) | Masse de chute  |
| (D) | Contre-percuteur  |
| (E) | Porte-échantillon   |
| (F) | Tube manométrique contenant de l'huile de paraffine colorée |
- 

**Figure 13.4.3.1 : ÉPREUVE D'IMPACT ROTTER**



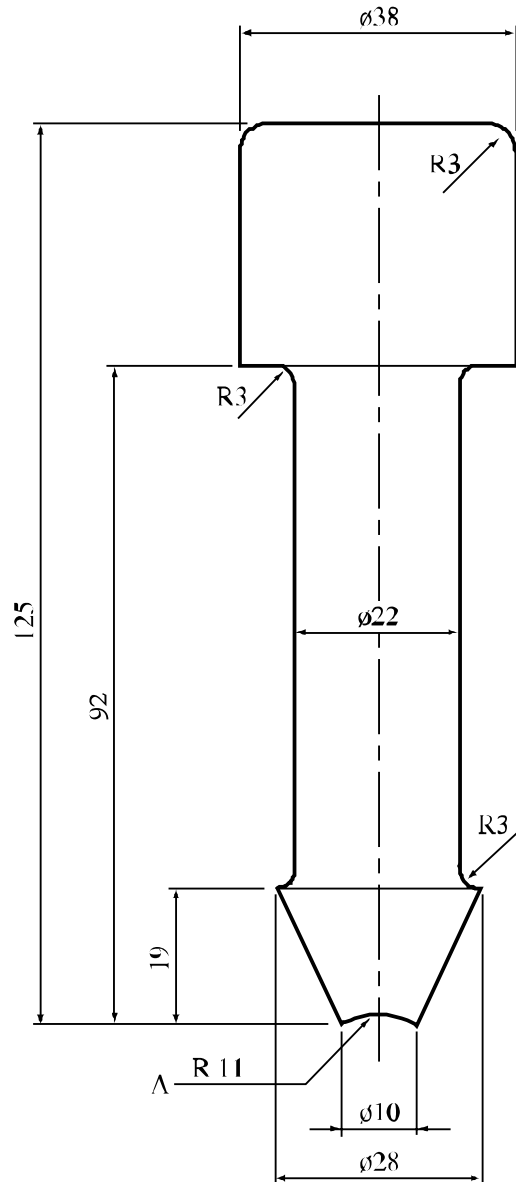
- 
- (A) Percuteur
  - (B) Joint d'étanchéité
  - (C) Capsule
  - (D) Enclume
- 

**Figure 13.4.3.2 : PORTE-ÉCHANTILLON POUR MATIÈRES SOLIDES**



(A)	Bouchon	(B)	Bille en acier ( $\varnothing 22,2 \text{ mm} = 7/8 \text{ in}$ )
(C)	Couvercle du porte-échantillon	(D)	Percuteur en acier rapide trempé
(E)	Disque en acier inoxydable	(F)	Joint torique en caoutchouc
(G)	Échantillon	(H)	Coupelle en acier rapide trempé
(J)	Porte-coupelle	(K)	Fond du porte-échantillon

**Figure 13.4.3.3 : PORTE-ÉCHANTILLON POUR LIQUIDES**



---

(A) Face concave sphérique

---

**Figure 13.4.3.4 : CONTRE-PERCUTEUR**

### 13.4.4 *Épreuve 3 a) iv) : Épreuve au mouton de choc de 30 kg*

#### 13.4.4.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité d'une matière solide ou liquide à l'impact de la chute d'une masse et à déterminer si elle est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée.

#### 13.4.4.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif d'essai est décrit sur les figures 13.4.4.1 et 13.4.4.2. Le bac porte-échantillon en tôle d'acier (de 0,4 mm d'épaisseur) a les dimensions suivantes: 8 mm de profondeur, 50 mm de largeur et 150 mm de longueur.

#### 13.4.4.3 *Mode opératoire*

Le bac porte-échantillon est rempli de la matière sur une épaisseur uniforme de 8 mm. Il est posé sur l'enclume de telle façon que la masse tombe sur un point situé sur l'axe médian du bac, à 25 mm d'une extrémité (voir la figure 13.4.4.2). Le mouton de choc est largué d'une hauteur variant de 4,00 m à 0,25 m par paliers de 0,25 m. On considère qu'il y a eu propagation si des effets explosifs, principalement indiqués par une déformation des parois de la cuvette, sont observés à au moins 100 mm du point d'impact. Trois essais sont exécutés à chaque hauteur. La hauteur de chute limite est la plus grande hauteur à laquelle il n'y ait pas propagation de la réaction lors de trois essais. S'il n'est pas constaté de propagation à la hauteur de 4,00 m, la hauteur limite est donnée comme " $\geq 4,00$  m."

#### 13.4.4.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Pour l'évaluation des résultats d'épreuve on se fonde sur les critères suivants :

- a) L'observation d'une propagation de la réaction;
- b) La hauteur de chute limite.

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si la hauteur de chute limite est inférieure à 0,75 m. On considère qu'il est négatif (-) si la hauteur de chute limite est égale ou supérieure à 0,75 m.

## 13.4.4.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Hauteur limite (m)</b>	<b>Résultat</b>
Perchlorate d'ammonium	≥ 4,00	-
Octogène (0 - 100 µm : min. 70 % ≤ 40 µm) <sup>a</sup>	0,50	+
Octogène (80 - 800 µm : min. 50 % ≥ 315 µm) <sup>a,b</sup>	1,75	-
Nitrate d'hydrazine, fondu <sup>c</sup>	0,25	+
Explosif de mine <sup>d</sup>	≥ 4,00	-
Nitroglycérine	0,50	+
Nitroguanidine	≥ 4,00	-
Pentrite (fine) (min. 40 % ≤ 40 µm)	0,50	+
Hexogène (0 - 100 µm : min. 55 % ≤ 40 µm) <sup>a</sup>	1,00	-
Hexogène granulométrie moyenne 125-200 µm	2,00	-
TNT (paillettes) <sup>e</sup>	≥ 4,00	-
TNT moulé	≥ 4,00	-

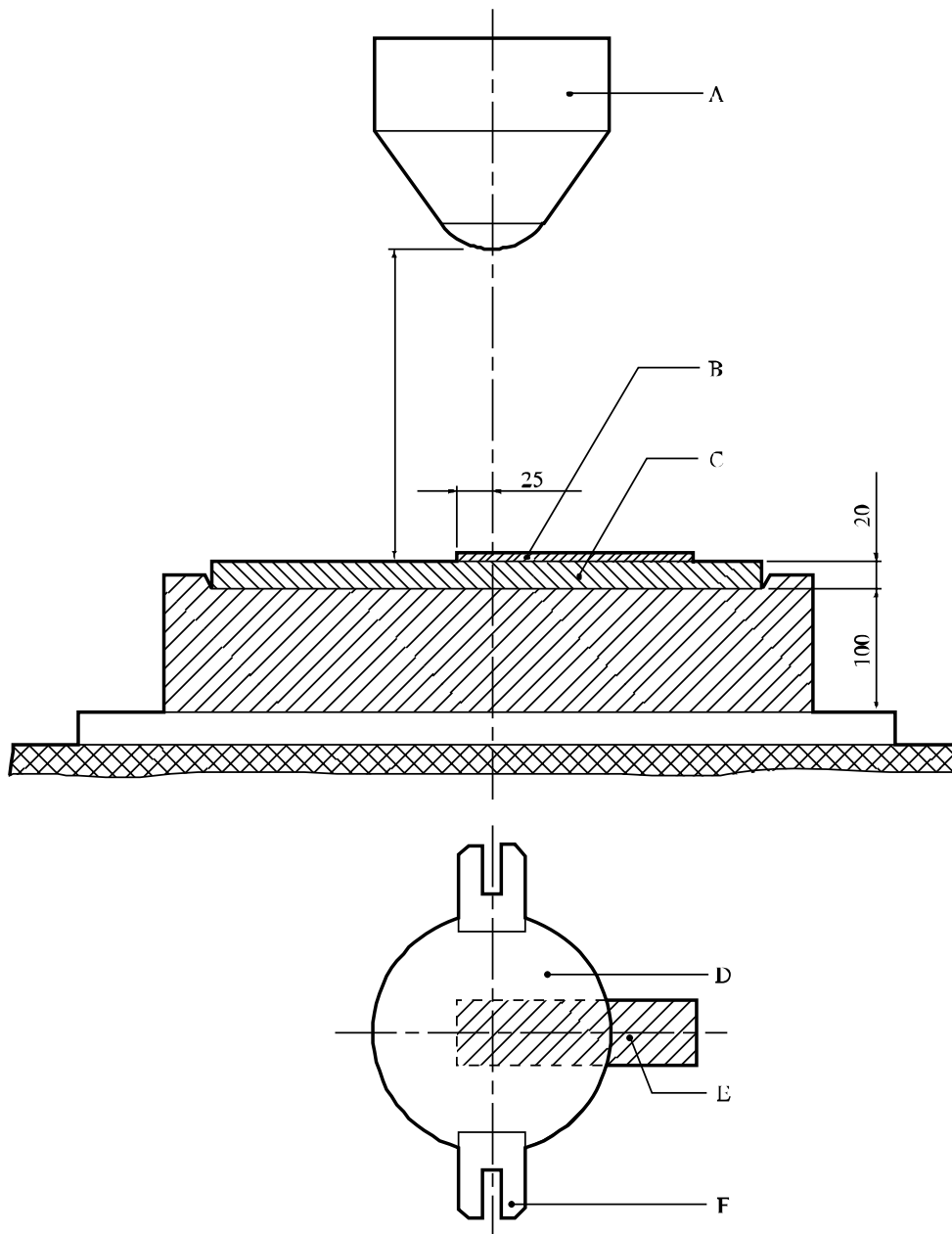
<sup>a</sup> Recristallisé à partir de la cyclohexanone.

<sup>b</sup> Teneur en hexogène : max. 3 %.

<sup>c</sup> Température 60 - 80 °C.

<sup>d</sup> À base de nitrate d'ammonium, avec 1,5 % de pentolite et 8,5 % d'Al.

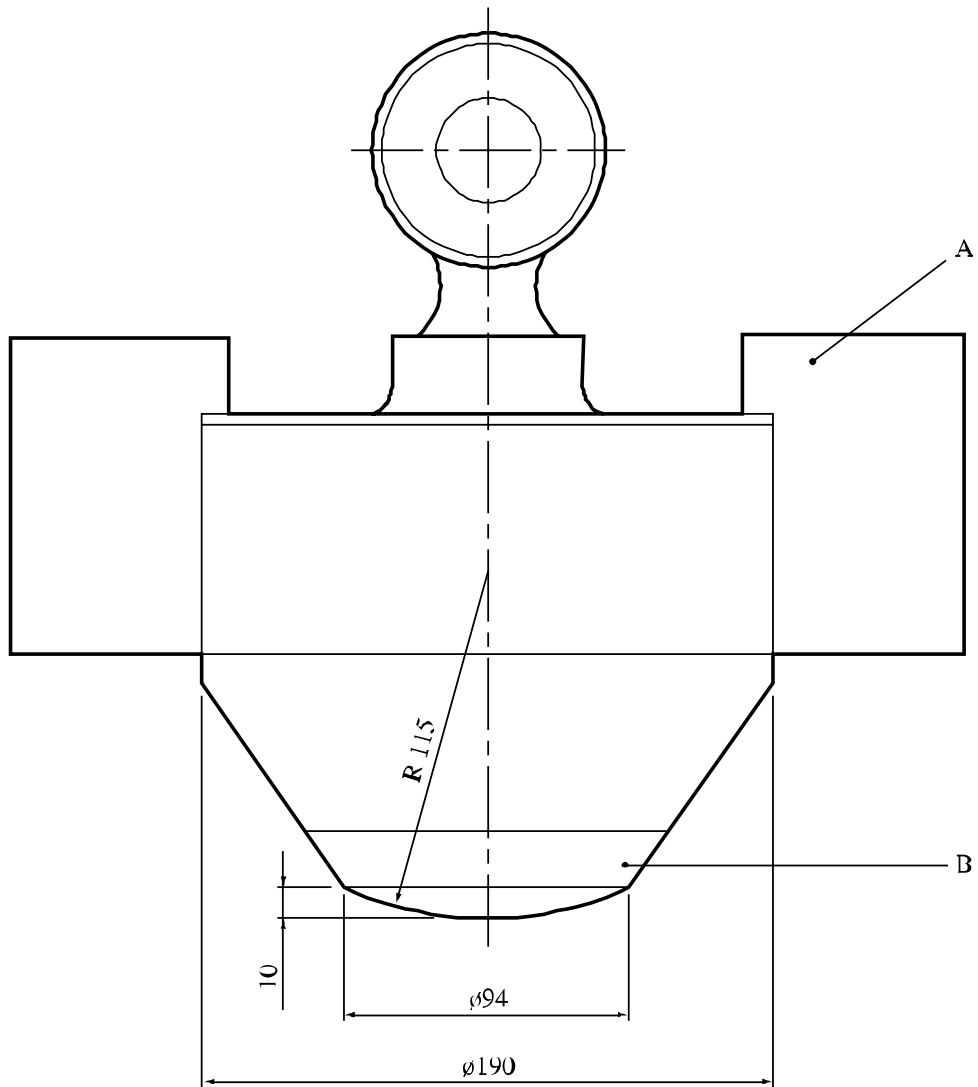
<sup>e</sup> Point de fusion. ≥ 80,1 °C.



(A) Masse de chute (30 kg)  
(C) Enclume amovible  
(E) Échantillon

(B) Échantillon  
(D) Masse de chute  
(F) Ailettes de guidage

Figure 13.4.4.1 : MOUTON DE CHOC DE 30 kg - MASSE DE CHUTE



- 
- (A) Ailette de guidage
  - (B) Tête amovible
- 

**Figure 13.4.4.2 : VUE EN ÉLÉVATION ET EN PLAN DU DISPOSITIF D'ESSAI**



### 13.4.5 *Épreuve 3 a) v) : Épreuve d'impact à l'appareil type 12 modifié*

#### 13.4.5.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité des matières solides à l'impact d'une masse de chute et à déterminer si la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée. Elle est applicable aux matières solides et aux liquides moyennant le changement du porte-échantillon.

#### 13.4.5.2 *Appareillage et matériels*

On utilise l'appareillage suivant :

- a) Un mouton de choc à trois guides permettant de faire tomber une masse de 1,0 kg, 1,5 kg, 1,8 kg, 2,0 kg, 2,5 kg ou 5,0 kg d'une hauteur pouvant aller jusqu'à 3 m sur une masse-relais reposant sur l'échantillon, lui-même placé sur une enclume. On utilise les combinaisons suivantes de masses de chute et de masses-relais :

Masse-relais de 1,5 kg avec masses de chute de 1,0 kg, 1,5 kg, 1,8 kg ou 2,0 kg;

Masse-relais de 2,0 kg avec masses de chute de 1,0 kg ou 2,0 kg;

Masse-relais de 2,5 kg avec masses de chute de 2,5 kg ou 5,0 kg;

- b) Un dispositif de percussion (appareil type 12 modifié) comprenant une enclume (dont la surface d'impact a un diamètre de 32 mm) et un support-guide pour la masse-relais;
- c) Du papier abrasif de grenat coupé en carrés de  $25 \pm 2$  mm de côté;
- d) Une balance d'une précision de  $\pm 1$  mg;
- e) Des capsules de cuivre de 10,0 mm de diamètre, 4,8 mm de hauteur et 0,5 mm d'épaisseur de paroi;
- f) Des disques d'acier inoxydables de 8,4 mm de diamètre et 0,4 mm d'épaisseur;
- g) Des joints toriques de 8,4 mm de diamètre et de 1,3 mm d'épaisseur;
- h) Une seringue de 50  $\mu$ l;
- i) Une micro-spatule.

#### 13.4.5.3 *Mode opératoire*

##### 13.4.5.3.1 *Matières solides*

On soulève la masse-relais. On dépose en vrac  $30 \pm 5$  mg de matières à éprouver en tas au centre de l'enclume (pour les matières les moins sensibles, on dispose  $30 \pm 5$  mg de matières à éprouver sur un carré de papier abrasif de grenat lui-même posé sur l'enclume). On abaisse alors doucement la masse-relais pour qu'elle repose sur la matière. On lève la masse de chute jusqu'à 36,0 cm (hauteur située au milieu de la série logarithmique de hauteur de chute) et on la laisse tomber sur la masse-relais. On soulève ensuite la masse-relais. On considère que le résultat de l'essai est positif s'il y a réaction de l'échantillon caractérisé par un bruit d'explosion audible, l'émission de fumée ou d'odeur, ou des signes visibles d'inflammation. On enregistre le type de réaction observé. Les surfaces sont ensuite essuyées avec un chiffon. La hauteur de chute initiale pour l'application de la méthode Bruceton (voir l'appendice 2) est déterminée par interpolation entre les deux hauteurs de chute les plus proches donnant respectivement des résultats positifs et négatifs jusqu'à ce que ceux-ci se produisent à des niveaux contigus. On exécute alors 25 essais selon la méthode de Bruceton en choisissant un intervalle de 0,093 en logarithme à base 10, donnant les valeurs de hauteur de chute suivantes : 6,5 cm, 8 cm, 10 cm, 12 cm, 15 cm, 19 cm, 24 cm, 29 cm, 36 cm, 45 cm, 55 cm, 69 cm,

85 cm, 105 cm, 131 cm, 162 cm et 200 cm. La hauteur médiane est calculée d'après les résultats obtenus selon la procédure décrite à l'appendice 2. La combinaison d'une masse de chute de 1,8 kg et d'une masse-relais de 1,5 kg, sans papier abrasif, a été jugée optimale s'agissant de déterminer si des matières sont plus ou moins sensibles que l'hexogène.

#### 13.4.5.3.2 Liquides

Un joint torique est introduit dans une capsule et chassé jusqu'au fond de celle-ci. On dépose ensuite 25  $\mu\text{l}^2$  de la matière à éprouver dans la capsule à l'aide d'une seringue. On dépose sur le joint torique un disque en acier inoxydable. On abaisse la masse-relais et on pose la capsule chargée sur l'enclume. La masse-relais est abaissée doucement jusqu'à ce qu'elle s'ajuste dans la capsule et vienne s'appuyer sur le joint torique. La masse de chute élevée est larguée sur la masse-relais. On relève ensuite ces dernières. On considère que le résultat de l'essai est positif si l'échantillon réagit avec un bruit d'explosion audible ou une émission de fumée ou d'odeur, ou qu'il y a des signes visibles d'inflammation. On enregistre le type de réaction observé. La hauteur initiale de chute est choisie selon la procédure décrite en 13.4.5.3.1. On exécute 25 essais et on détermine la hauteur moyenne selon la procédure décrite à l'appendice 2. Il est apparu que la combinaison d'une masse de chute de 1,0 kg et d'une masse-relais de 1,5 kg (conçue pour les essais sur les liquides) était optimale s'agissant de déterminer si des matières sont plus ou moins sensibles que le nitrate d'isopropyle.

#### 13.4.5.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

13.4.5.4.1 Pour l'évaluation des résultats d'épreuve, on se fonde sur les critères suivants :

- a) L'obtention d'une réaction positive lors d'un essai;
- b) La détermination de la hauteur de chute médiane ( $H_{50}$ ) pour l'échantillon par la méthode de Bruceton.

On trouvera des précisions sur la méthode statistique appliquée pour déterminer  $H_{50}$  et l'écart type dans l'appendice 2.

#### 13.4.5.4.2 Matières solides

On considère que le résultat d'essai est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si la hauteur de chute médiane ( $H_{50}$ ) est inférieure ou égale à celle de l'hexogène sec. On considère que le résultat d'essai est négatif (-) si la hauteur de chute médiane ( $H_{50}$ ) est inférieure à celle de l'hexogène sec.

#### 13.4.5.4.3 Liquides

On considère que le résultat d'essai est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si la hauteur de chute médiane ( $H_{50}$ ) est inférieure à celle du nitrate d'isopropyle. On considère que le résultat d'essai est négatif (-) si la hauteur de chute médiane  $H_{50}$  est égale ou supérieure à celle du nitrate d'isopropyle.

---

<sup>2</sup> La relation entre le volume de l'échantillon et la sensibilité du liquide est une fonction spécifique du liquide. La valeur de volume prescrite dans la présente méthode convient pour déterminer la sensibilité relative. Une détermination de la relation entre la sensibilité et le volume de l'échantillon devrait être exécutée si l'on a besoin d'informations plus précises sur la matière.

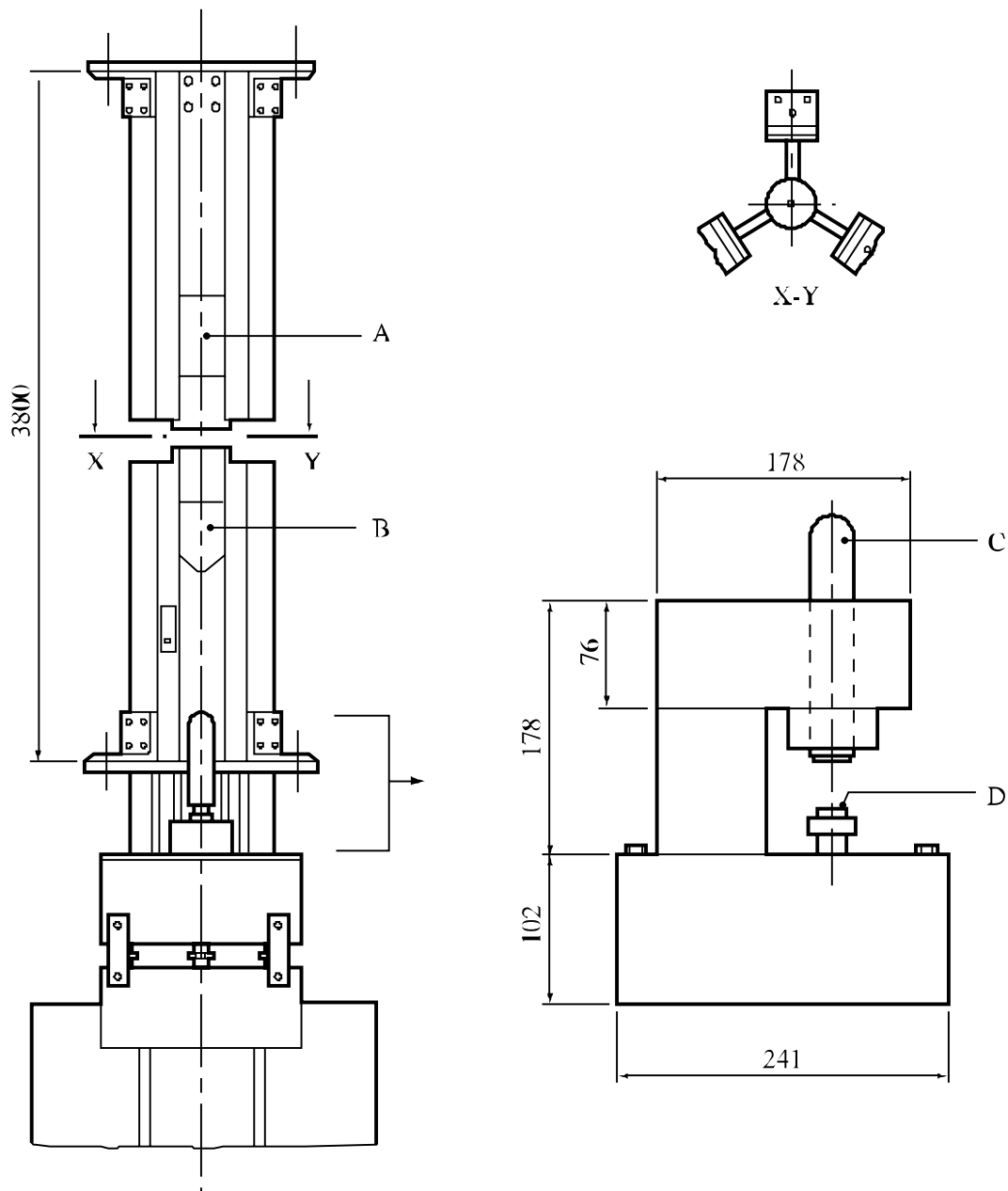
13.4.5.5 *Exemples de résultats*

## 13.4.5.5.1 Matières solides

<b>Matière</b>	<b>Hauteur médiane (cm)</b>	<b>Résultat</b>
<b>Masse de chute de 1,8 kg, masse-relais de 1,5 kg, pas de papier abrasif</b>		
Penthrite (ultrafine)	15	+
Hexogène (qualité 1)	38	+
Hexogène/eau (75/25)	> 200	-
Tétryl	> 200	-
TNT (200 mesh)	> 200	-
<b>Masse de chute 2,5 kg, masse-relais de 2,5 kg, avec papier abrasif</b>		
Penthrite (ultrafine)	5	+
Hexogène (Cal. 767)	12	+
Tétryl	13	-
TNT (200 mesh)	25	-

## 13.4.5.5.2 Liquides

<b>Matière</b>	<b>Hauteur médiane (cm)</b>	<b>Résultat</b>
<b>Masse de chute de 1,0 kg, masse-relais de 2,0 kg</b>		
Nitrate d'isopropyle (99 %, point d'ébullition 101-102 °C)	18	-
Nitrométhane	26	-
Dinitrate de triéthylèneglycol (TEGDN)	14	+
TMETN	10	+
TEGDN/TMETN (50/50)	13	+



- 
- (A) Électro-aimant
  - (B) Masse de chute (de 2,5 kg, par exemple)
  - (C) Masse-relais (de 2,5 kg, par exemple; diamètre 32 mm)
  - (D) Enclume (surface d'impact: 32 mm de diamètre)
- 

**Figure 13.4.5.1 : APPAREIL TYPE 12 MODIFIÉ**  
(vue complète en élévation, vue en plan et vue latérale agrandie)

### 13.4.6 *Épreuve 3 a) vi) : Épreuve de sensibilité à l'impact*

#### 13.4.6.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité d'une matière à l'impact d'une masse de chute et à déterminer si cette matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée. On peut l'appliquer aux matières solides et aux liquides en utilisant deux porte-échantillon différents.

#### 13.4.6.2 *Appareillage et matériels*

13.4.6.2.1 La figure 13.4.6.1 décrit le mouton de choc, qui comprend les éléments suivants :

- a) Une enclume en acier massif;
- b) Deux glissières parallèles guidant la chute d'une masse;
- c) Une masse de chute en acier de 10 kg avec cliquet antirebond; l'embout de choc est en acier trempé (dureté Rockwell C : 60-63);
- d) Un dispositif de largage;
- e) Une crémaillère qui arrête la masse de chute en cas de rebond;
- f) Une règle graduée en millimètres.

13.4.6.2.2 L'échantillon à éprouver est placé dans le dispositif de percussion No 2 (matières solides) ou No 3 (liquides). Les cotes et caractéristiques de ces dispositifs sont indiquées dans les figures 13.4.6.2 et 13.4.6.3. On doit également disposer de matériel suivant :

- a) Une balance de laboratoire d'une précision de 0,005 g;
- b) Une presse hydraulique fournissant une pression de compression de 290 MPa; et
- c) Un explosif de référence : le tétryl en cristaux de 0,200 à 0,270 mm, obtenu par recristallisation de l'acétone.

#### 13.4.6.3 *Mode opératoire*

##### 13.4.6.3.1 *Matières solides*

13.4.6.3.1.1 Les matières sont normalement soumises à l'épreuve dans l'état où elles ont été reçues. Les matières mouillées doivent avoir la teneur minimale en agent mouillant prévue pour le transport. Selon leur état physique, les matières doivent être soumises à la préparation suivante :

- a) Les matières granulées, en paillettes, comprimées, coulées ou compactes sont broyées et tamisées; les particules doivent passer à travers un tamis à maille de 0,9 à 1,0 mm;
- b) Les matières à consistance gommeuses sont hachées avec une lame tranchante sur un plateau de bois en fragments ne dépassant pas 1 mm; elles ne sont pas tamisées;
- c) Les échantillons d'explosifs plastiques et pulvérulents ne sont pas broyés ni tamisés.

On dégraisse les dispositifs de percussion à l'acétone ou à l'alcool éthylique. Dans les ensembles préparés pour l'épreuve, il ne devrait pas y avoir plus de 0,02 à 0,03 mm de jeu diamétral entre le manchon et les galets. Les éléments du dispositif peuvent être réutilisés s'ils restent conformes aux spécifications.

13.4.6.3.1.2 On dépose une portion de matière, d'une masse de  $100 \pm 5$  mg, à la surface supérieure du galet inférieur dans le dispositif de percussion No 2 ouvert. Le manchon doit alors être dans la position "gorge vers le bas". On pose le second galet sur la matière et on le fait tourner en exerçant simultanément une pression pour égaliser la matière. L'ensemble porte-échantillon est alors placé sur le plateau d'une presse hydraulique, où il est soumis à une pression de 290 MPa. Pour les explosifs sous forme plastique, de gomme et de pâte, la pression est fixée d'avance à une valeur telle que la matière ne puisse pas être refoulée et remonter entre la paroi des galets et le manchon. Les explosifs mouillés ne sont pas comprimés. Le manchon, avec les galets et l'échantillon, est alors retourné sur un porte-échantillon et on le fait glisser vers le bas sur les galets jusqu'à ce qu'il touche le porte-échantillon. Cette opération amène la matière explosible en contact avec la gorge du manchon. L'ensemble est alors placé sur l'enclume du mouton de choc. On laisse tomber la masse de chute (de 10 kg) qui vient percuter le porte-échantillon.

13.4.6.3.1.3 La limite inférieure de sensibilité à l'impact d'une matière explosible se définit comme étant la hauteur de chute maximale d'une masse de 10 kg ne causant pas de réaction positive sur 25 essais. La hauteur de chute est choisie parmi les valeurs suivantes : 50, 70, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 400, 500 mm. On commence les essais d'une hauteur de chute de 150 mm. On interprète comme réaction positive un bruit de détonation, une flamme visible ou des traces de brûlure sur les galets et le manchon. Par contre un changement de couleur de la matière n'est pas considéré comme indiquant une explosion. Si une réaction positive est obtenue à cette hauteur, on répète l'essai à la hauteur immédiatement inférieure. Dans le cas contraire, on passe à la plus proche valeur supérieure. La hauteur de chute maximale pour une masse de 10 kg est obtenue lorsqu'aucune réaction positive n'est observée sur 25 essais. Si, à partir d'une hauteur de 50 mm, on obtient des réactions positives sur 25 essais, on note que la limite inférieure de sensibilité de la matière éprouvée dans le dispositif de percussion No 2 est " $< 50$  mm". Si aucune réaction positive n'est observée sur 25 essais pour une hauteur de chute de 500 mm, la limite inférieure de sensibilité à l'impact de la matière dans le dispositif de percussion No 2 est notée comme étant " $\geq 500$  mm".

#### 13.4.6.3.2 Liquides

13.4.6.3.2.1 Les dispositifs de percussion No 3 sont dégraissés à l'acétone ou à l'alcool éthylique. On prépare habituellement d'avance 35 à 40 dispositifs. Tous les dispositifs devraient avoir un jeu diamétral entre manchon et galets de 0,02-0,03 mm.

13.4.6.3.2.2 Pour déterminer la limite inférieure de sensibilité, on dépose le liquide dans la capsule avec un compte-gouttes ou une pipette. On pose la capsule, complètement remplie de liquide, au centre du galet inférieur. On pose délicatement le deuxième galet sur la capsule. Le dispositif de percussion est posé sur l'enclume, la masse de chute est larguée. On note la réaction obtenue.

13.4.6.3.2.3 La limite inférieure de sensibilité à l'impact d'une matière explosible se définit comme étant la hauteur de chute maximale d'une masse de 10 kg ne donnant aucune réaction positive sur 25 essais. La hauteur de chute est choisie dans la gamme suivante : 50, 70, 100, 120, 150, 200, 250, 300, 400 mm. On commence les essais en partant d'une hauteur de 150 mm. Si l'on obtient une réaction positive à cette hauteur, on répète l'essai à la valeur de hauteur inférieure la plus proche. Dans le cas contraire, on augmente la hauteur de chute jusqu'à la valeur immédiatement supérieure. On obtient la valeur de chute maximale pour une masse de 10 kg lorsqu'aucune réaction positive n'est observée sur 25 essais. Si pour une hauteur de chute de 50 mm, on obtient une ou plusieurs réactions positives sur 25 essais, on note que la limite inférieure de sensibilité de la matière soumise à l'épreuve dans le dispositif de percussion No 3 est " $< 50$  mm". Si aucune réaction positive n'est obtenue sur 25 essais d'une hauteur de 500 mm, la limite inférieure de sensibilité à l'impact pour la matière éprouvée dans le dispositif de percussion No 3 est donnée comme étant " $\geq 500$  mm".

13.4.6.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

13.4.6.4.1 Matières solides

Pour l'évaluation des résultats d'épreuve, on se fonde sur les critères suivants :

- a) Le fait qu'une ou plusieurs réactions positives aient été obtenues sur 25 essais à une hauteur donnée;
- b) La plus basse hauteur à laquelle une réaction positive ait été obtenue.

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si la hauteur la plus basse à laquelle une réaction positive soit obtenue avec le dispositif de percussion No 2 est inférieure à 100 mm. On considère qu'il est négatif (-) si la plus basse hauteur ayant donné une réaction positive avec le dispositif à percussion No 2 est égale ou supérieure à cette valeur.

13.4.6.4.2 Liquides

Pour l'évaluation des résultats on se fonde sur les critères suivants :

- a) Le fait qu'une ou plusieurs réactions positives aient été obtenues sur 25 essais à une hauteur donnée;
- b) La plus basse hauteur à laquelle une réaction positive ait été obtenue.

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si la plus basse hauteur à laquelle une réaction positive soit obtenue avec le dispositif de percussion No 3 est inférieure à 100 mm. On considère qu'il est négatif (-) si la plus basse hauteur ayant donné une réaction positive avec le dispositif à percussion No 3 est égale ou supérieure à cette valeur.

13.4.6.5 *Exemples de résultats*

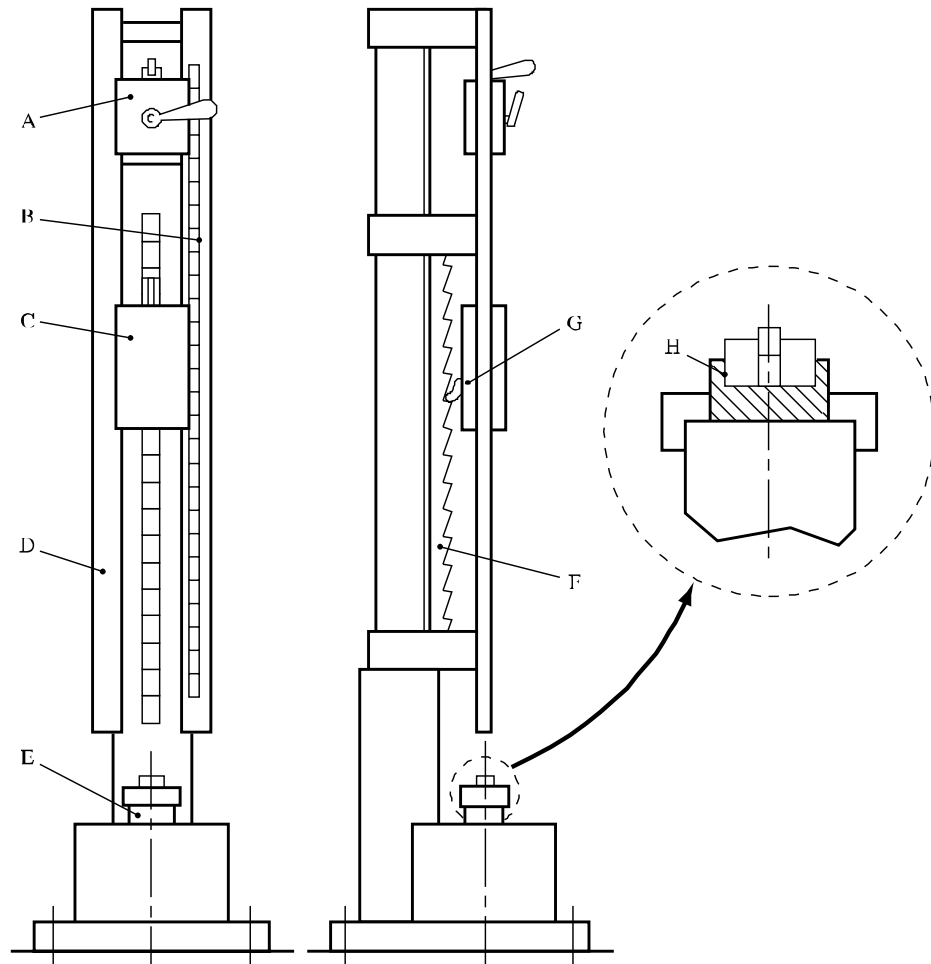
## 13.4.6.5.1 Matières solides

<b>Matière</b>	<b>Limite inférieure dans le dispositif à percussion No 2 (mm)</b>	<b>Résultat</b>
Ammonal (80,5 % de nitrate d'ammonium, 15 % de TNT, 4,5 % d'aluminium)	150	-
Ammonal détonant (66 % de nitrate d'ammonium, 24 % d'hexogène, 5 % d'aluminium)	120	-
Ammonite 6ZhV (79 % de nitrate d'ammonium, 21 % de TNT)	200	-
Ammonite T-19 (61 % de nitrate d'ammonium, 19 % de TNT, 20 % de chlorure de sodium)	300	-
Cyclotriméthylène-trinitramine (sèche)	70	+
Cyclotriméthylène-trinitramine/cire (95/5)	120	-
Cyclotriméthylène-trinitramine/eau (85/15)	150	-
Granulite AS-8 (91.8 % de nitrate d'ammonium, 4,2 % de fuel, 4 % d'aluminium)	> 500	-
Penthrite (sèche)	50	+
Penthrite/paraffine (95/5)	70	+
Penthrite/paraffine (90/10)	100	-
Penthrite/eau (75/25)	100	-
Acide picrique	> 500	-
Tétryl	100	-
Trinitrotoluène	> 500	-

## 13.4.6.5.2 Liquides

<b>Matière</b>	<b>Limite inférieure dans le dispositif à percussion No 3 (mm)</b>	<b>Résultat</b>
Bis (dinitro-2,2 fluoro-2 éthyle) formal/chlorure de méthylène 65/35	400	-
Nitrate d'isopropyle	> 500	-
Nitroglycérine	< 50	+
Nitrométhane	> 500	-



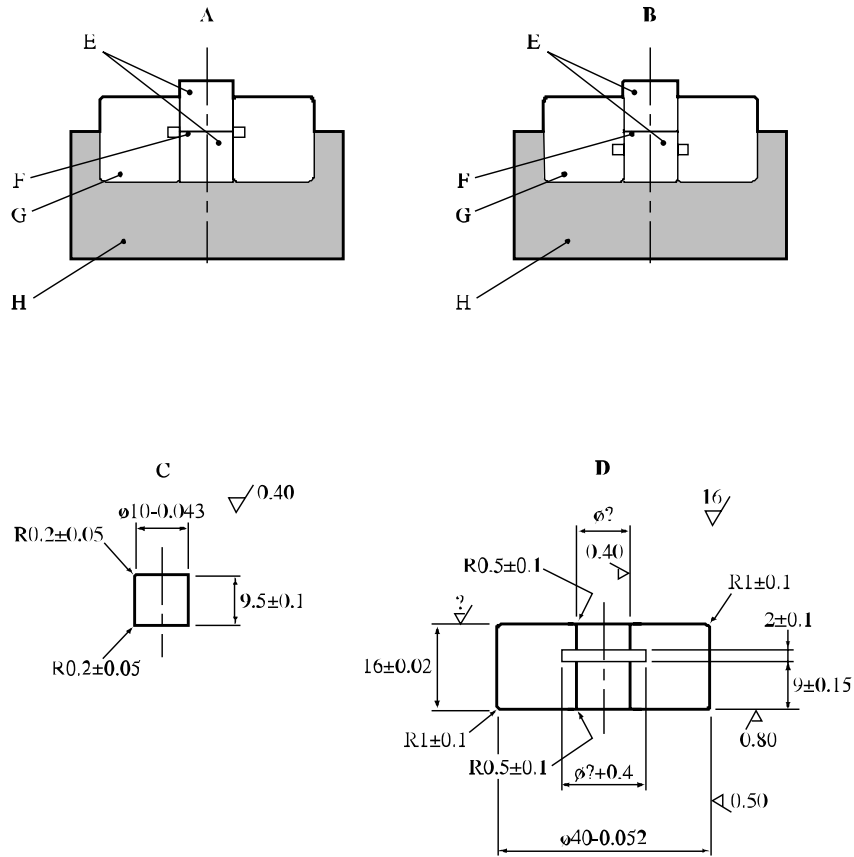


---

(A)	Dispositif de largage	(B)	Échelle graduée
(C)	Masse de chute	(D)	Glissière
(E)	Enclume	(F)	Crémaillère
(G)	Cliquet anti-rebond	(H)	Vue agrandie du dispositif de percussion

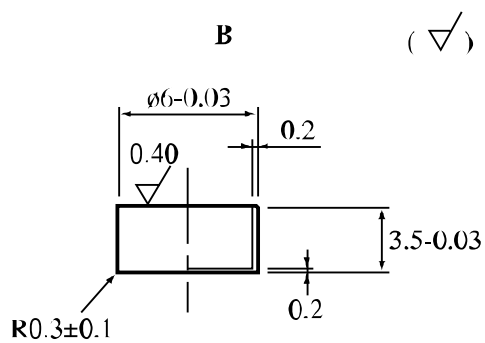
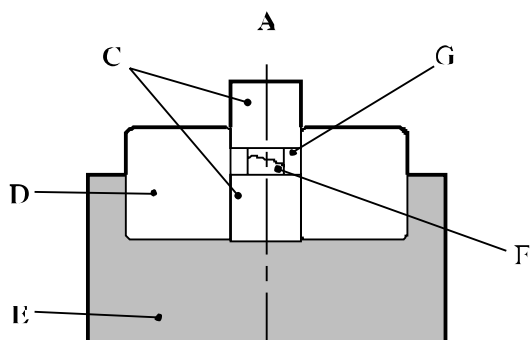
---

**Figure 13.4.6.1 : MOUTON DE CHOC**



- |     |  |     |  |
|-----|--|-----|--|
| (A) | Manchon en position "gorge vers le haut"                             | (B) | Manchon en position "gorge vers le bas"                      |
| (C) | Galet en acier à roulement à billes<br>(dureté Rockwell C : 63 - 66) | (D) | Manchon en acier au carbone<br>(dureté Rockwell C : 57 - 61) |
| (E) | Galets   | (F) | Échantillon  |
| (G) | Manchon  | (H) | Porte-échantillon  |

**Figure 13.4.6.2 : DISPOSITIF DE PERCUSSION No 2**




---

(A)	Dispositif de percussion No 3	(B)	Capsule en cuivre M2 nickelé sur 3 microns
(C)	Galets	(D)	Manchons
(E)	Porte-échantillon	(F)	Échantillon
(G)	Capsule		

---

**Figure 13.4.6.3 : DISPOSITIF DE PERCUSSION No 3**

### 13.5 Série 3, type b) : Dispositions d'épreuve

#### 13.5.1 Épreuve 3 b) i) : Épreuve de frottement BAM

##### 13.5.1.1 Introduction

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité de la matière au frottement et à déterminer si celle-ci est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée.

##### 13.5.1.2 Appareillage et matériels

13.5.1.2.1 L'appareil à frottement (voir la figure 13.5.1.1) se compose d'une embase en acier coulé sur laquelle est monté le dispositif de frottement proprement dit. Ce dernier est constitué d'un crayon de porcelaine fixe et d'une plaquette mobile en porcelaine (voir le paragraphe 13.5.1.2.2). La plaquette en porcelaine est fixée sur un chariot coulissant sur deux glissières. Le chariot est entraîné par un moteur électrique par l'intermédiaire d'une bielle, d'une came à excentrique et d'un jeu d'engrenages, de telle manière que la plaquette exécute sous le crayon un seul mouvement de va-et-vient sur une course de 10 mm. Le dispositif d'appui est monté sur pivot pour permettre le changement du crayon; il est prolongé par un fléau portant six encoches pour l'accrochage d'un poids. Le tarage à zéro est effectué au moyen d'un contrepoids réglable. Lorsque le dispositif d'appui est abaissé sur la plaquette, l'axe du crayon de porcelaine est perpendiculaire à celle-ci. Il existe différents poids, dont la masse va jusqu'à 10 kg. Les encoches du fléau sont situées à 11, 16, 21, 26, 31 et 36 cm de l'axe géométrique du crayon. Le poids est suspendu à l'encoche de réglage au moyen d'un anneau et d'un crochet. La combinaison des différents poids et des différentes positions d'accrochage permet de régler la force verticale exercée sur le crayon à 5, 10, 20, 40, 60, 80, 120, 160, 240 et 360 N. On peut également, si nécessaire, régler la force d'appui à des valeurs intermédiaires de force.

13.5.1.2.2 Les plaquettes sont en porcelaine technique blanche pure; avant cuisson, leurs deux surfaces de frottement sont rendues entièrement rugueuses par frottement avec une éponge (leur rugosité doit être de 9 à 32 microns). Les marques de frottement laissées par l'éponge sont clairement visibles. Les crayons de porcelaine sont aussi en porcelaine technique blanche pure et leurs extrémités rugueuses sont arrondies. Les dimensions de la plaquette et du crayon sont indiquées à la figure 13.5.1.2.

##### 13.5.1.3 Mode opératoire

13.5.1.3.1 Normalement, les matières sont éprouvées telles qu'elles ont été reçues. Les matières mouillées doivent être essayées avec la teneur minimale en agent mouillant prévue pour le transport. En outre, pour les matières solides, à l'exception des matières pâteuses ou gélatineuses, il y a lieu de procéder comme suit :

- a) Les matières pulvérulentes sont tamisées (maille : 0,5 mm); toute la fraction passante est utilisée pour l'épreuve<sup>3</sup>;
- b) Les matières comprimées, coulées ou compactes sont fragmentées et tamisées; toute la fraction passante (maille : 0,5 mm) est utilisée pour l'épreuve<sup>3</sup>;
- c) Les matières transportées seulement sous forme de charges sont soumises à l'épreuve sous forme de disques (plaquettes) d'un diamètre minimal de 4 mm (volume : 10 mm<sup>3</sup>).

La partie utilisée de la surface de la plaquette et du crayon ne doit servir qu'une fois; chaque extrémité d'un crayon sert pour un essai, et chaque face d'une plaquette sert pour trois essais.

---

<sup>3</sup> Pour les matières qui sont formées de plusieurs constituants, l'échantillon tamisé doit être représentatif de la composition initiale.

13.5.1.3.2 Une plaquette est fixée sur le chariot de l'appareil à frottement de telle manière que les marques de l'éponge soient orientées transversalement par rapport à la direction du mouvement. Le prélèvement de l'échantillon, qui doit être de 10 mm<sup>3</sup> environ, s'effectue pour les matières sous forme pulvérulente au moyen d'une mesure cylindrique de 2,3 mm de diamètre et 2,4 mm de profondeur; pour les matières pâteuses ou géli-formes, on utilise un cadre rectangulaire de 0,5 mm d'épaisseur ayant une ouverture de 2 par 10 mm; on pose le cadre sur la plaquette, on le remplit de matière et on l'enlève ensuite avec précaution. On pose le crayon de porcelaine solidement serré dans son support, sur l'échantillon comme le montre la figure 13.5.1.2. On leste le fléau avec le poids prévu et on actionne l'interrupteur de mise en marche. On doit veiller à ce que le crayon repose sur l'échantillon et à ce qu'il y ait suffisamment de matière pour que le crayon soit en permanence en contact avec l'échantillon lorsque la plaquette se déplace vers l'avant.

13.5.1.3.3 On commence la série d'essais par un essai simple à une force de 360 N. Pour chaque essai on note s'il y a un des effets suivants: "pas de réaction", "décomposition" (changement de couleur, dégagement d'odeur) ou "explosion" (bruit de détonation, crépitement, émission d'étincelles ou inflammation). Si lors du premier essai, il y a "explosion", on poursuit la série à des forces d'appui réduites par paliers jusqu'à ce que l'on obtienne l'effet "décomposition" ou "pas de réaction". On répète alors l'essai à cette valeur jusqu'à un total de six fois, sauf si une "explosion" se produit auparavant. Dans le cas contraire, on réduit par paliers la force jusqu'à ce que l'on ait obtenu la valeur de force à laquelle il n'y ait pas d'explosion sur six essais. Si au premier essai à 360 N, on obtient l'effet "décomposition" ou "pas de réaction", on exécute jusqu'à cinq autres essais. Si lors des six essais effectués à la valeur de force la plus élevée, on obtient l'effet "décomposition" ou "pas de réaction", la matière est jugée insensible au frottement. Si l'on obtient une explosion, on réduit la force comme indiqué plus haut. La force limite se définit comme étant la force la plus basse à laquelle il y ait explosion lors d'au moins un essai sur six.

#### 13.5.1.4 *Critères d'épreuve et méthodes d'évaluation des résultats*

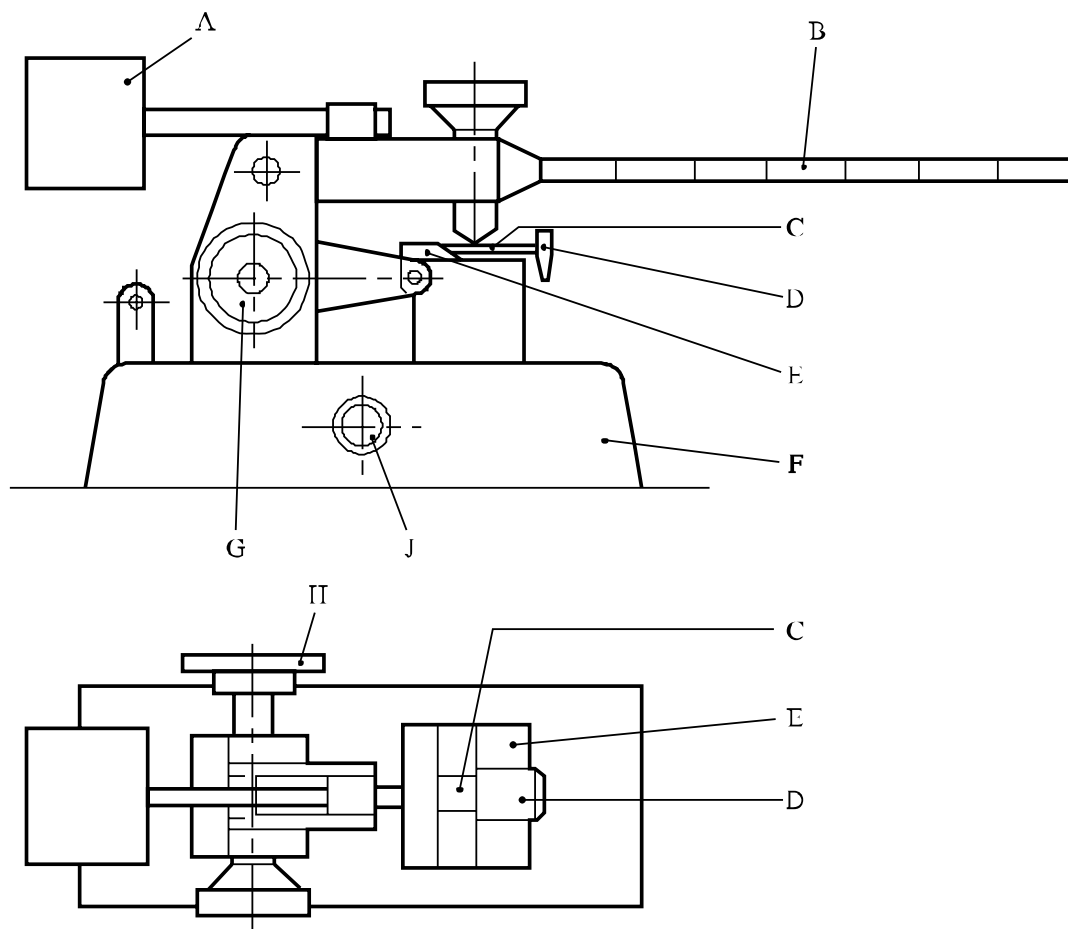
Pour l'évaluation des résultats, on se fonde sur les critères suivants :

- a) Le fait qu'il y ait "explosion" lors d'un essai au moins sur six exécutés à une force d'appui donnée;
- b) La plus basse force d'appui à laquelle il y ait au moins une "explosion" lors de six essais.

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si la plus basse force d'appui à laquelle il y ait au moins une fois "explosion" lors de six essais est inférieure à 80 N. On considère autrement que le résultat de l'épreuve est négatif (-).

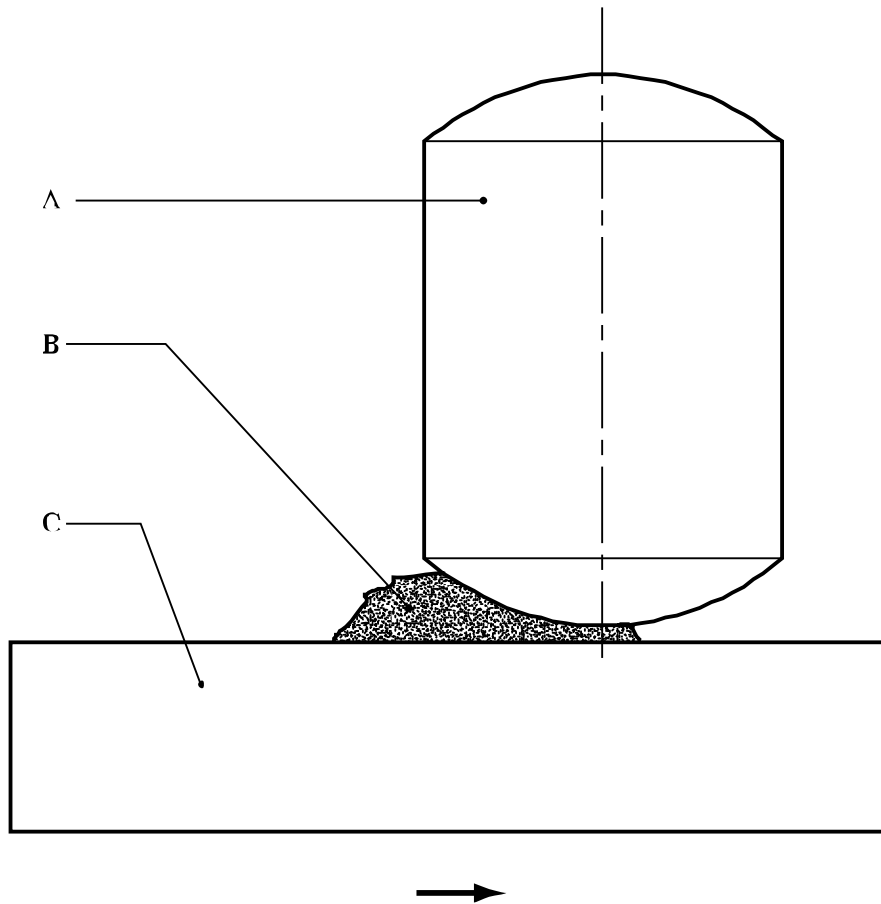
13.5.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Force limite (N)</b>	<b>Résultat</b>
Dynamite gomme (à 75 % de NG)	80	-
Hexanitrostilbène	240	-
Octogène (sec)	80	-
Perchlorate d'hydrazine (sec)	10	+
Azoture de plomb (sec)	10	+
Styphnate de plomb	2	+
Fulminate de mercure (sec)	10	+
Nitrocellulose à 13,4 % de N (sèche)	240	-
Octol (70/30) (sec)	240	-
Pentrite (sèche)	60	+
Pentocire (95/5)	60	+
Pentocire (93/7)	80	-
Pentocire (90/10)	120	-
Pentocire (75/25)	160	-
Pentrite/lactose (85/15)	60	+
Acide picrique (sec)	360	-
Hexogène (sec)	120	-
Hexogène (mouillé à l'eau)	160	-
TNT	360	-



- 
- |     |  |     |   |
|-----|--|-----|---|
| (A) | Contrepoids  | (B) | Fléau   |
| (C) | Plaquette de porcelaine fixée sur le chariot         | (D) | Vis de serrage                                |
| (E) | Chariot mobile                                       | (F) | Embase en acier                               |
| (G) | Bouton pour le réglage du chariot en position départ | (H) | Direction du moteur électrique d'entraînement |
| (J) | Interrupteur de mise en marche                       |     |   |
- 

**Figure 13.5.1.1 : APPAREIL DE FROTTEMENT BAM**



- 
- (A) Crayon de porcelaine (de 10 mm de diamètre × 15 mm de long)
  - (B) Matière à éprouver
  - (C) Plaquette de porcelaine (de 25 × 25 × 5 mm)
- 

**Figure 13.5.1.2 : APPAREIL DE FROTTEMENT BAM -  
PLAQUETTE ET CRAYON DE PORCELAINE**



### 13.5.2 *Épreuve 3 b) ii) : Épreuve sur machine à frottement rotatif*

#### 13.5.2.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité d'une matière au frottement mécanique, et à déterminer si elle est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée. Elle consiste à soumettre un échantillon mince à un frottement entre les surfaces préparées d'une barre plate et de la jante d'un galet d'un diamètre spécifié, sous une force donnée.

#### 13.5.2.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif d'essai est représenté de manière schématique à la figure 13.5.2.1. La barre (A) est en acier doux de qualité courante; sa surface a été préparée par sablage à un fini de  $3,2 \mu\text{m} \pm 0,4 \mu\text{m}$ . Le même traitement par sablage a été appliqué à la jante du galet (C), fabriqué du même acier qui a 70 mm de diamètre et 10 mm d'épaisseur. L'échantillon est soit découpé en minces lamelles soit étalé sous forme de poudre en une couche d'épaisseur ne dépassant pas 0,1 mm, sur la barre. Le galet est monté sur des doigts d'entraînement à l'extrémité d'un rotor, dont l'autre extrémité porte un ergot pivotant actionné par un solénoïde commandé par un relais. La force d'appui (B) est appliquée à une valeur prédéterminée au moyen d'air. Lorsque l'interrupteur du solénoïde est actionné, l'ergot vient se placer sur la trajectoire d'un doigt d'entraînement situé à la périphérie d'un lourd volant qui entraîne le rotor, et indirectement le galet, sur un arc de  $60^\circ$ , à la fin duquel les surfaces de frottement sont séparées au moyen d'une came sur le rotor et d'une biellette actionnée par le vérin de force d'appui.

#### 13.5.2.3 *Mode opératoire*

Dans le mode opératoire normal, on applique une force correspondant à une pression pneumatique de 0,275 MPa, sauf pour les matières explosibles très sensibles, pour lesquelles il peut être nécessaire de réduire la force. La vitesse angulaire de la roue est utilisée comme paramètre variable; on peut la régler en faisant varier la vitesse du moteur d'entraînement du volant. La vitesse initiale pour le début d'une série est déterminée par un essai au palier de vitesse le plus proche de la moyenne des valeurs les plus proches donnant un effet positif et un effet négatif, et en répétant ce processus jusqu'à ce que celles-ci se situent à deux paliers contigus. Lors d'un essai normal, on utilise la méthode Bruceton (voir l'appendice 2) sur une série de 50 tirs avec un pas logarithmique de 0,10. Si l'on applique la procédure SCT (Sample Comparison Test) (épreuve comparative entre échantillons - voir l'appendice 2), on exécute alternativement des tirs sur la matière témoin et sur l'échantillon, en suivant une série de Bruceton séparée pour chacun. Le critère d'inflammation est normalement une flamme ou un bruit d'explosion, mais même un simple dégagement de fumée ou noircissement de l'échantillon sont considérés comme une réaction positive. Chaque échantillon est utilisé une fois seulement. Les surfaces de contact de la barre et du galet sont aussi utilisées une seule fois. Pour contrôler la stabilité à long terme du fonctionnement de l'appareillage, on exécute régulièrement des mesures sur un explosif de référence (l'hexogène, recristallisé à partir de la cyclohexanone et séché conformément à une méthode normalisée). Les données pour l'explosif témoin, si elles ne sont pas obtenues par la méthode SCT sont déterminées sur la base de la moyenne mobile de 50 tirs.

#### 13.5.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Pour l'évaluation des résultats d'épreuve, on se fonde sur les critères suivants :

- a) Le fait qu'une inflammation soit observée lors d'un essai;
- b) La détermination de la vitesse médiane d'impact pour l'explosif de référence (hexogène) et l'échantillon par la méthode Bruceton (voir l'appendice 2);

- c) La comparaison de la moyenne mobile de la vitesse médiane d'impact de l'explosif de référence ( $V_1$ ) avec celle de l'échantillon ( $V_2$ ), selon l'équation :

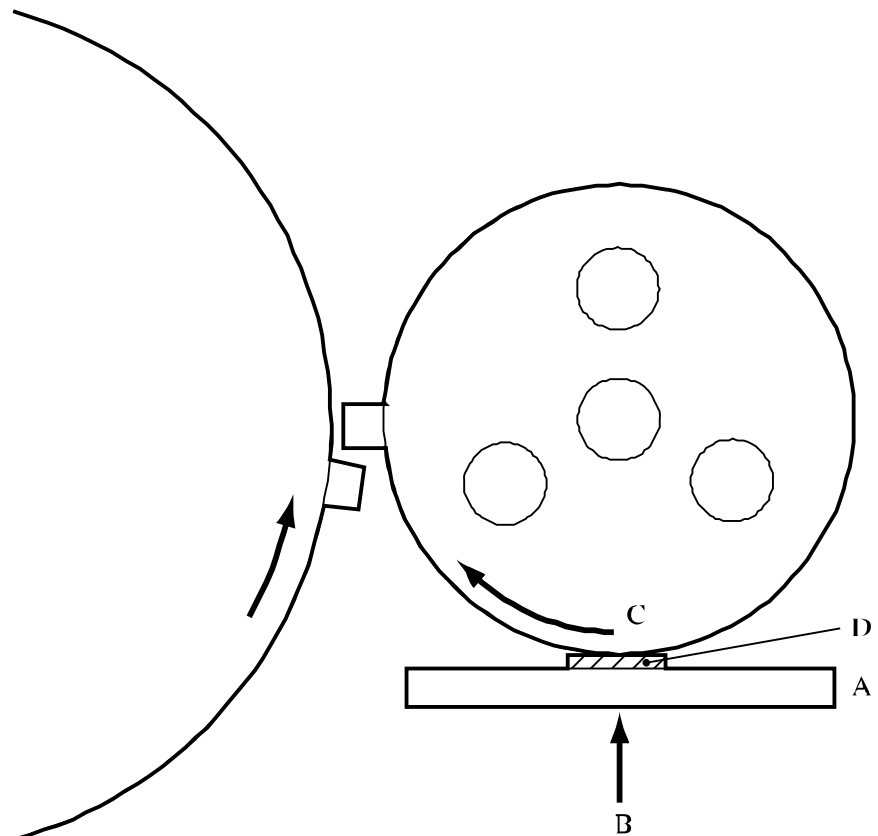
$$\text{Indice de frottement (IF)} = 3,0 \times V_2/V_1$$

On affecte à l'explosif de référence (hexogène) un IF de 3,0.

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si IF est inférieur ou égal à 3,0. On considère que le résultat est négatif (-) si l'indice est supérieur à cette valeur. Dans le cas où la valeur obtenue pour la matière éprouvée est de moins de 3,0 on peut effectuer une comparaison directe avec l'explosif de référence (hexogène) en utilisant la méthode SCT (Sample Comparison Test) (épreuve comparative entre échantillons - voir l'appendice 2) en exécutant 100 tirs sur chaque matière. S'il y a une probabilité de 95 % que la matière éprouvée ne soit pas plus sensible que l'hexogène, elle est considérée comme n'étant pas trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée.

#### 13.5.2.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Indice de frottement</b>	<b>Résultat</b>
Dynamite-gomme ("geophex")	2,0	+
Dynamite-gomme ("sous-marine")	1,3	+
Azoture de plomb	0,84	+
Pentocire (90/10)	4,0	-
Hexogène	3,4	-
Tétryl	4,5	-
TNT	5,8	-



- 
- (A) Barre en acier doux
  - (B) Force appliquée pneumatiquement
  - (C) Galet frottant contre l'échantillon
  - (D) Échantillon
- 

**Figure 13.5.2.1 : ÉPREUVE SUR MACHINE À FROTTEMENT ROTATIF**

### 13.5.3 *Épreuve 3 (b) (iv) : Épreuve de frottement avec impact*

#### 13.5.3.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité d'une matière au frottement mécanique et à déterminer si elle est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée.

#### 13.5.3.2 *Appareillage et matériels*

13.5.3.2.1 Le schéma de principe du dispositif d'essai est donné à la figure 13.5.3.1. Il est composé de quatre sous-ensembles : un système de balancier, un porte-balancier, un bâti porte-échantillon et une presse hydraulique. Il est installé sur une embase en béton. Le dispositif de percussion No 1, contenant la matière à éprouver, est placé dans le bâti. L'échantillon, placé entre les deux galets, est comprimé à la valeur prescrite au moyen d'une presse hydraulique. La translation du galet supérieur à la surface de l'échantillon, sur une longueur de 1,5 mm, est obtenue par choc d'une masse pendulaire.

13.5.3.2.2 Le dispositif de percussion No 1 est composé de deux galets et d'un manchon. Ses dimensions et caractéristiques sont indiquées sur la figure 13.5.3.2.

#### 13.5.3.3 *Mode opératoire*

13.5.3.3.1 Les matières sont normalement soumises à l'épreuve telles qu'elles ont été reçues. Les matières mouillées doivent lors des essais contenir la teneur minimale d'agent mouillant prévue pour le transport. Les échantillons doivent être préparés comme suit :

- a) Les matières granulées, en paillettes, comprimées, coulées ou compactes sont broyées puis tamisées; on utilise pour l'épreuve la fraction passante à travers une maille de  $0,50 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$ ;
- b) Les matières à consistance gommeuse sont hachées avec une lame tranchante sur un plateau de bois en fragments ne dépassant pas 1 mm; l'échantillon n'est pas tamisé;
- c) Les matières pulvérulentes ou sous forme plastique ou pâteuse ne sont pas broyées ni tamisées.

Avant l'essai, les dispositifs de percussion sont dégraissés. Ils peuvent être réutilisés s'ils demeurent conformes aux spécifications.

13.5.3.3.2 L'échantillon, d'une masse de 20 mg, est déposé dans le dispositif de percussion ouvert. En imprimant simultanément une légère pression et une rotation au galet supérieur, on répartit régulièrement la matière entre les deux galets. Le dispositif de percussion, avec l'échantillon, est placé dans la chambre d'épreuve où il est comprimé à la valeur prévue. On fait alors glisser le manchon vers le bas, tout en maintenant la pression, jusqu'à ce que la face supérieure du manchon soit située au-dessous du niveau de l'échantillon pressé entre les galets. On amène alors le percuteur en contact avec le galet. À son autre extrémité, le percuteur est frappé par la masse du balancier. Le déplacement latéral de 1,5 mm du galet supérieur ainsi causé soumet l'échantillon à un frottement. L'angle de lâcher du balancier est choisi selon le tableau suivant en fonction de la pression verticale exercée sur l'échantillon. On poursuit les essais jusqu'à ce que l'on obtienne la pression maximale à laquelle aucune explosion ne soit obtenue lors de 25 essais. On juge qu'il y a explosion s'il y a réaction accompagnée d'un bruit d'explosion, d'une flamme visible ou de la présence de traces de brûlures sur les galets. La limite inférieure de sensibilité au frottement se définit comme étant la pression verticale maximale pour laquelle il n'est observé aucune explosion lors de 25 essais, qui diffère bien entendu de la pression à laquelle il y a explosion, mais ne doit pas s'en écarter de plus de :

- 10 MPa - pour une pression d'épreuve allant jusqu'à 100 MPa
- 20 MPa - pour une pression d'épreuve comprise entre 100 et 400 MPa
- 50 MPa - pour une pression d'épreuve supérieure à 400 MPa.

Si l'on n'observe aucune explosion sur 25 essais à une pression de 1 200 MPa, on considère que la limite inférieure de sensibilité au frottement est " $\geq 1\ 200$  MPa". Si par contre on observe une ou plusieurs explosions sur 25 essais à une pression de 30 MPa, on note que la limite inférieure est " $< 30$  MPa".

**RELATION ENTRE LA PRESSION VERTICALE SUR L'ÉCHANTILLON  
ET L'ANGLE DE LÂCHER DU BALANCIER DONNANT UNE VALEUR  
CONSTANTE DE DÉPLACEMENT LATÉRAL DU GALET**

Pression verticale sur l'échantillon (MPa)	Angle de lâcher du balancier (° par rapport à la verticale)	Pression verticale sur l'échantillon (MPa)	Angle de lâcher du balancier (° par rapport à la verticale)
30	28	40	32
50	35	60	38
70	42	80	43
90	46	100	47
120	54	140	58
160	61	180	64
200	67	220	70
240	73	260	76
280	78	300	80
320	82	340	83
360	84	380	85
400	86	450	88
500	91	550	93
600	95	650	97
700	100	750	101
800	103	850	106
900	107	950	108
1 000	110	1 100	115
1 200	118		

13.5.3.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

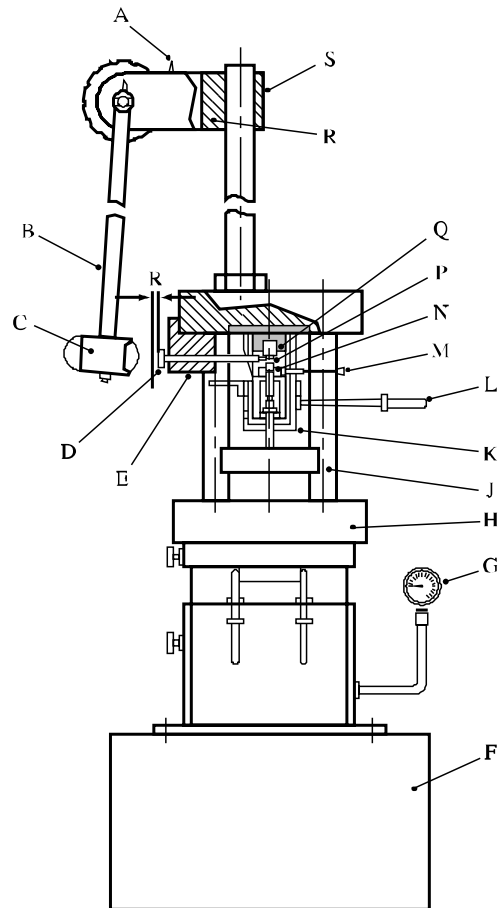
Pour l'évaluation des résultats d'épreuve, on se fonde sur les critères suivants :

- a) L'observation d'une "explosion" lors d'un essai au moins sur 25;
- b) La pression verticale maximale pour laquelle il n'y a aucune explosion au cours de 25 essais.

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée si la limite inférieure de sensibilité au frottement avec impact est inférieure à 200 MPa. Le résultat est négatif (-) si elle est égale ou supérieure à cette valeur.

13.5.3.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Limite inférieure (Mpa)</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'ammonium	1 200	-
Azoture de plomb	30	+
Penthrite (sèche)	150	+
Penthrite/paraffine (95/5)	350	-
Pentolite (90/10)	350	-
Penthrite/eau (75/25)	200	-
Acide picrique	450	-
Hexogène (sec)	200	-
Hexogène/eau (85/15)	350	-
Triaminotrinitrobenzène	900	-
Trinitrotoluène	600	-

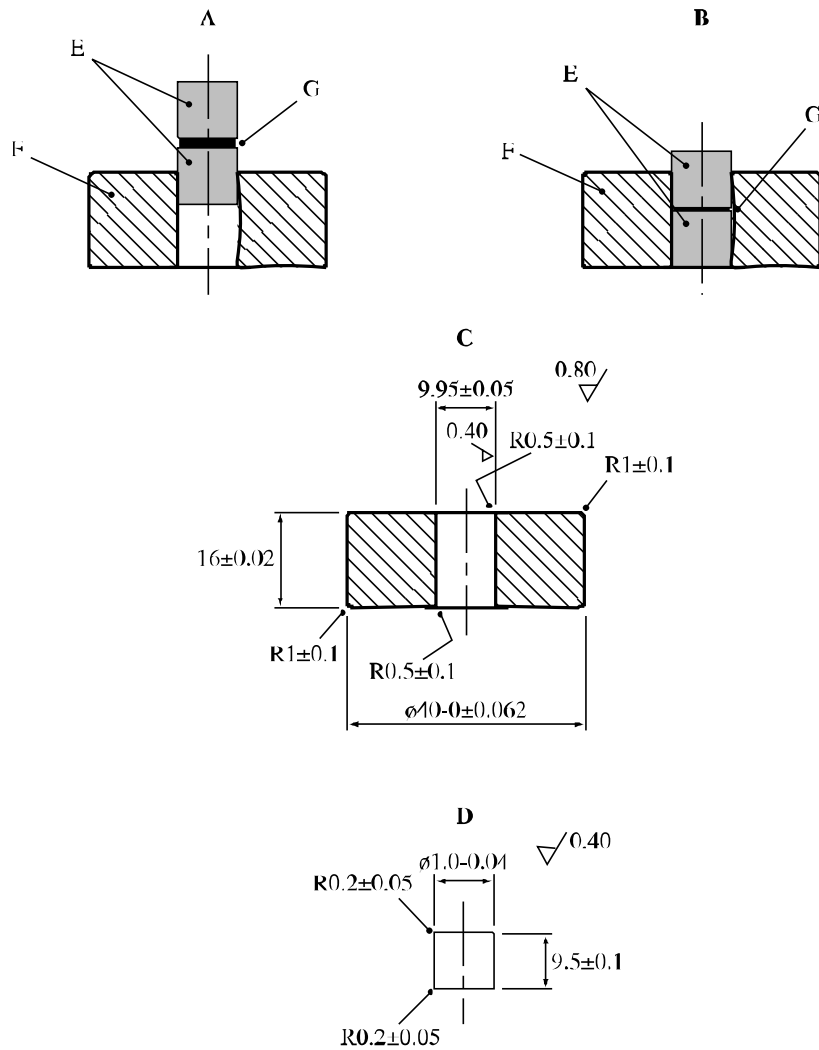



---

(A)	Commande de lâcher du balancier	(B)	Bras du balancier
(C)	Masse de choc du balancier	(D)	Percuteur
(E)	Guide-percuteur	(F)	Embase
(G)	Manomètre	(H)	Presse hydraulique
(J)	Bâti porte-échantillon	(K)	Porte-échantillon
(L)	Manette abaisse-manchon	(M)	Pousse-galet
(N)	Manchon	(O)	Galet
(P)	Chambre d'épreuve	(Q)	Potence
(R)	Colonne		

---

**Figure 13.5.3.1 : APPAREIL POUR L'ÉPREUVE DE FROTTEMENT AVEC IMPACT**



- |     |  |     |   |
|-----|--|-----|---|
| (A) | Position des galets pour l'essai                             | (B) | Position initiale des galets                                |
| (C) | Manchon en acier au carbone<br>(dureté Rockwell C : 57 - 61) | (D) | Galet à roulement en acier<br>(dureté Rockwell C : 63 - 66) |
| (E) | Galets   | (F) | Manchon   |
| (G) | Échantillon  |     |   |

**Figure 13.5.3.2 : DISPOSITIF DE PERCUSSION No 1**



## 13.6 Série 3, type c) : Dispositions d'épreuve

### 13.6.1 Épreuve 3 c) : Épreuve de stabilité thermique à 75 °C

#### 13.6.1.1 Introduction

Cette épreuve sert à mesurer la stabilité de la matière lorsqu'elle est soumise à une température supérieure à la température normale et à déterminer si elle est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée.

#### 13.6.1.2 Appareillage et matériels

13.6.1.2.1 On doit disposer de l'appareillage suivant :

- a) Une étuve électrique avec ventilation, munie d'un équipement électrique antidéflagrant et d'un dispositif de réglage thermostatique permettant de maintenir la température à  $75 \pm 2$  °C et d'enregistrement de la température réelle. L'étuve devrait être pourvue de deux thermostats ou d'un système de protection équivalent contre un échauffement excessif en cas de défaillance du thermostat;
- b) Un bécher sans bec de 35 mm de diamètre et de 50 mm de haut, et un verre de montre de 40 mm de diamètre;
- c) Une balance permettant de déterminer la masse de l'échantillon à  $\pm 0,1$  g;
- d) Trois thermocouples et un système d'enregistrement;
- e) Deux tubes en verre à fond plat de  $50 \pm 1$  mm de diamètre et de 150 mm de haut et deux bouchons résistant à une surpression interne de 0,6 bar (60 kPa).

13.6.1.2.2 On devrait utiliser comme matière témoin une matière inerte dont les propriétés physiques et thermiques sont semblables à celles de la matière éprouvée.

#### 13.6.1.3 Mode opératoire

13.6.1.3.1 ***Dans le cas d'une matière nouvelle, il convient d'exécuter plusieurs essais préalables, consistant à chauffer de petits échantillons à 75 °C pendant 48 heures, afin d'étudier son comportement.*** S'il n'est pas observé de réaction explosive lors de l'essai d'une petite quantité de matière, la procédure décrite en 13.6.1.3.2 ou 13.6.1.3.3 est appliquée. S'il y a explosion ou inflammation lors de l'essai réduit, la matière est jugée thermiquement trop instable pour le transport.

13.6.1.3.2 Essai sans appareillage de mesure : On dépose un échantillon de 50 g dans un bécher que l'on recouvre et place dans l'étuve. Celle-ci est réglée à 75 °C et l'échantillon doit y séjourner pendant 48 heures ou jusqu'à ce qu'il y ait inflammation ou explosion. S'il ne se produit ni l'un ni l'autre, mais que l'on observe des signes d'échauffement spontané tels que dégagement de fumée ou décomposition, on applique la procédure décrite en 13.6.1.3.3. Si par contre la matière ne montre aucun signe d'instabilité thermique, elle peut être considérée comme thermiquement stable et n'a pas à être soumise à d'autres essais concernant cette propriété.

13.6.1.3.3 Essai avec appareillage de mesure : Un échantillon de 100 g (ou 100 cm<sup>3</sup> si la masse volumique apparente est inférieure à 1 000 kg/m<sup>3</sup>) est déposé dans un tube et la même quantité de matière témoin dans l'autre tube. Des thermocouples T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub> sont introduits dans les tubes à mi-hauteur du contenu. Si les thermocouples ne sont pas en matériaux inertes par rapport à la matière soumise à l'épreuve et à la matière témoin, ils doivent être placés dans des gaines inertes. Les tubes couverts et le thermocouple T<sub>3</sub> sont placés dans l'étuve, comme indiqué sur la figure 13.6.1.1. L'écart de température éventuel entre l'échantillon et le témoin est mesuré pendant 48 heures à partir du moment où l'échantillon et le témoin ont atteint la température de 75 °C. On note également les signes apparents de décomposition de l'échantillon.

13.6.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

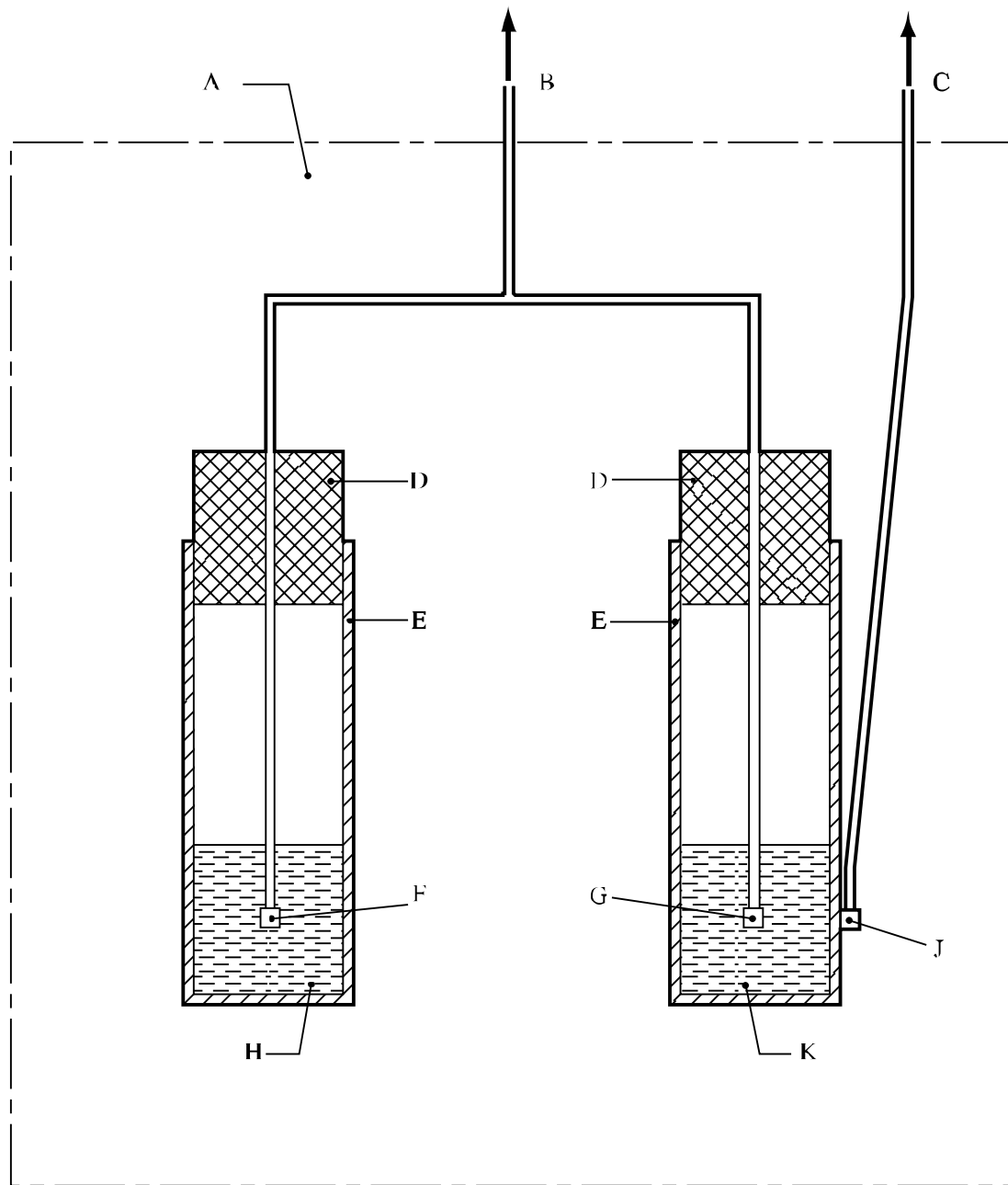
13.6.1.4.1 Le résultat de l'essai sans appareillage de mesure est considéré comme positif (+) s'il y a inflammation ou explosion, et négatif (-) s'il n'est pas observé de changement. Le résultat de l'essai avec appareillage de mesure est considéré comme positif (+) s'il y a inflammation ou explosion ou s'il est enregistré une différence de température (due à un échauffement spontané) égale ou supérieure à 3 °C. S'il ne se produit pas d'inflammation ou d'explosion mais que l'on constate un échauffement spontané de moins de 3 °C, il peut être nécessaire d'exécuter d'autres essais ou études pour déterminer si la matière est instable à la chaleur.

13.6.1.4.2 Si le résultat d'essai est positif (+), la matière doit être considérée comme thermiquement trop instable pour le transport.

13.6.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Observations</b>	<b>Résultat</b>
70 % perchlorate d'ammonium/ 16 % Al/2,5 % catocène/11,5 % liant	Réaction d'oxydation sur le catocène (catalyseur de vitesse de combustion). Changement de couleur à la surface de l'échantillon, mais pas de décomposition thermique	-
Pentocire (90/10)	Perte de masse négligeable	-
Hexogène mouillé avec 22 % d'eau	Perte de masse < 1 %	-
Dynamite plastique (22 % NG, 8 % dinitrotoluène, 3 % Al	Perte de masse négligeable	-
ANFO	Perte de masse < 1 %	-
Explosifs en bouillies <sup>a</sup>	Perte de masse négligeable, léger gonflement (éventuellement)	-

<sup>a</sup> *Divers types.*



(A)	Étuve	(B)	Vers le millivoltmètre ( $T_1$ et $T_2$ )
(C)	Vers le millivoltmètre ( $T_3$ )	(D)	Bouchons
(E)	Tubes de verre	(F)	Thermocouple No 1 ( $T_1$ )
(G)	Thermocouple No 2 ( $T_2$ )	(H)	100 cm <sup>3</sup> d'échantillon
(J)	Thermocouple No 3 ( $T_3$ )	(K)	100 cm <sup>3</sup> de matière témoin

**Figure 13.6.1.1 : ÉPREUVE DE STABILITÉ THERMIQUE À 75 °C - DISPOSITIF D'ESSAI**

**13.7 Série 3, type d) : Dispositions d'épreuve**

**13.7.1 Épreuve 3 d) : Épreuve de combustion à petite échelle**

Cette épreuve sert à déterminer la réaction d'une matière à l'inflammation.

13.7.1.1 *Appareillage et matériels*

13.7.1.1.1 Matières solides ou liquides

On doit disposer d'une quantité suffisante de sciure de bois imprégnée de kérosène (environ 100 g de sciure et 200 cm<sup>3</sup> de kérosène) pour préparer un lit carré de 30 cm de côté et de 1,3 cm d'épaisseur. Pour les matières qui ne s'enflamment pas spontanément, l'épaisseur est portée à 2,5 cm. On doit aussi disposer d'un inflammateur électrique et d'un béccher à paroi mince d'une matière plastique compatible avec la matière à éprouver et de taille juste suffisante pour contenir l'échantillon.

13.7.1.1.2 Variante (matières solides seulement)

On doit disposer d'un chronomètre et d'une feuille de papier kraft de 30 cm × 30 cm, reposant sur une surface d'un matériau ininflammable. Pour la mise à feu, on utilise quelques grammes de poudre fine sans fumée et un dispositif d'inflammation approprié, selon les indications données dans le mode opératoire et le schéma de la figure 13.7.1.1.

13.7.1.2 *Mode opératoire*

13.7.1.2.1 Matières solides et liquides

On verse 10 g de matière dans le béccher. Le récipient et son contenu sont placés au centre d'un lit de sciure de bois imprégnée de kérosène; on enflamme la sciure de bois avec l'inflammateur électrique. L'essai est exécuté deux fois avec 10 g de matière et deux fois avec 100 g, à moins qu'une explosion ne soit observée.

13.7.1.2.2 Variante (matières solides seulement)

On dépose un tas conique de matière explosible sur la feuille de papier kraft. (La hauteur du tas doit être égale à son rayon à la base.) On dépose également une traînée de poudre sans fumée tout autour du tas; on met à feu celle-ci en deux points diagonalement opposés (voir la figure 13.7.1.1) au moyen d'un dispositif approprié d'inflammation commandé par une personne située à bonne distance. Le papier kraft est enflammé par la traînée de poudre et transmet la flamme à la matière à éprouver. L'essai est exécuté deux fois avec un échantillon de 10 g et deux fois avec un échantillon de 100 g, à moins qu'une explosion ne soit observée.

13.7.1.3 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Les effets sont observés visuellement et les résultats sont notés comme suit :

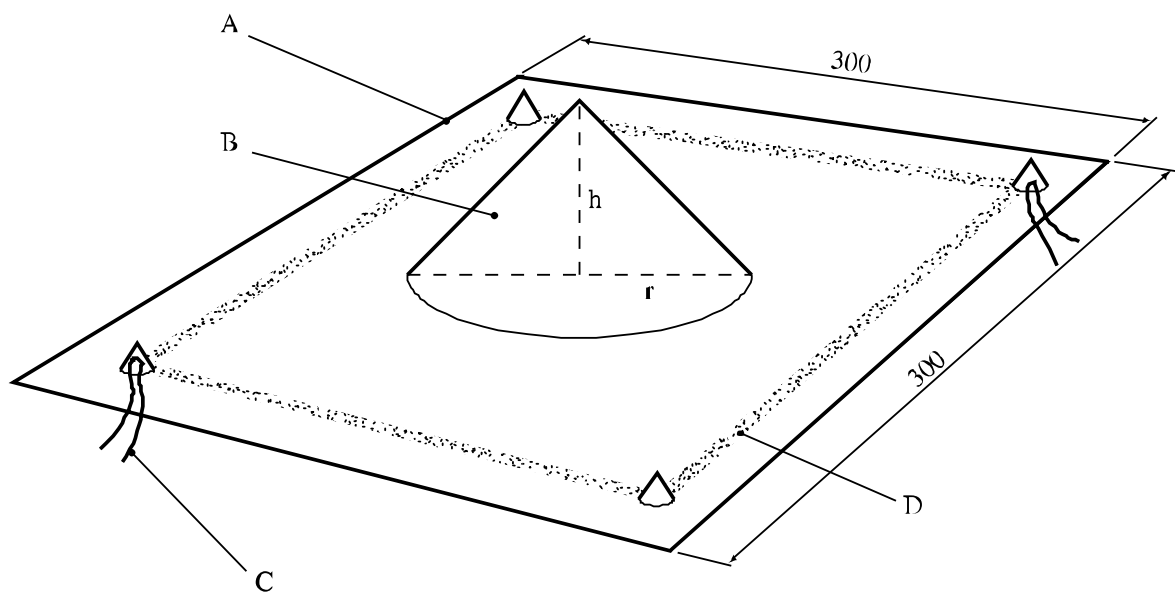
- a) "Pas d'inflammation";
- b) "Inflammation et combustion";
- c) "Explosion".

On peut noter la durée de la combustion ou le temps écoulé avant l'explosion à titre d'information supplémentaire.

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière est trop dangereuse pour être transportée sous la forme éprouvée s'il y a explosion de l'échantillon lors d'un des essais. Autrement, on considère que le résultat est négatif (-).

13.7.1.4 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Observations</b>	<b>Résultat</b>
<u>Liquides</u>		
Nitrométhane	Combustion	-
<u>Matières solides</u>		
<i>Variante</i>		
Dynamite-gomme A (NG 92 %, nitrate de cellulose 8 %)	Combustion	-
Pulvérisin	Combustion	-
Azoture de plomb	Explosion	+
Fulminate de mercure	Explosion	+



- 
- (A) Feuille de papier kraft
  - (B) Matière à éprouver
  - (C) Allumage par inflammateurs d'un petit tas de poudre sans fumée (en deux angles opposés)
  - (D) Traînée de poudre sans fumée
- 

**Figure 13.7.1.1 : ÉPREUVE DE COMBUSTION À PETITE ÉCHELLE  
(pour matières solides)**

## SECTION 14

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE 4

**14.1 Introduction**

14.1.1 Les épreuves de la série 4 visent à répondre à la question "L'objet, l'objet emballé ou la matière emballée sont-ils trop dangereux pour être transportés?" (case 16 de la figure 10.2). Les conditions rencontrées au cours du transport incluent les hautes températures et forts taux d'humidité, les basses températures, les vibrations, les chocs et les chutes. La série 4 comprend deux types d'épreuves :

- Type 4 a) épreuve de stabilité à la chaleur pour les objets;
- Type 4 b) épreuve pour déterminer le danger résultant d'une chute.

14.1.2 La réponse à la question de la case 16 est "oui" si l'on obtient un résultat positif (+) à l'une ou l'autre des épreuves types 4 a) ou 4 b).

**14.2 Méthodes d'épreuve**

Les méthodes d'épreuve de cette série actuellement utilisées sont énumérées au tableau 14.1.

**Tableau 14.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE 4**

Code	Nom de l'épreuve	Section
4 a)	Épreuve de stabilité à la chaleur pour les objets non emballés et les objets emballés <sup>a</sup>	14.4.1
4 b) i)	Épreuve de chute dans un tube en acier pour les liquides <sup>a</sup>	14.5.1
4 b) ii)	Épreuve de chute d'une hauteur de douze mètres pour les objets non emballés et les objets emballés et matières emballées <sup>a</sup>	14.5.2

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

**14.3 Conditions d'épreuve**

14.3.1 Les épreuves sont exécutées sur la matière emballée, le ou les objets emballés, et l'objet non emballé s'il doit être transporté ainsi. L'unité minimale de taille acceptable pour une épreuve du type 4 a) est le plus petit colis utilisé ou l'objet individuel s'il est transporté non emballé. L'épreuve du type 4 b) i) doit être appliquée aux liquides homogènes et l'épreuve du type 4 b) ii) aux objets non emballés et emballés et aux matières emballées autres que les liquides homogènes.

**14.4 Série 4, type a) : Dispositions d'épreuve****14.4.1 Épreuve 4 a) : Épreuve de stabilité à la chaleur pour les objets non emballés et les objets emballés****14.4.1.1 Introduction**

Cette épreuve sert à évaluer la stabilité thermique des objets et objets emballés lorsqu'ils sont soumis à des températures plus élevées que la normale, et à déterminer si le spécimen soumis à l'épreuve est trop dangereux pour être transporté. Le spécimen de taille minimale pour cette épreuve est le plus petit colis ou l'objet non emballé s'il est prévu de le transporter ainsi. On doit normalement soumettre à l'épreuve le colis tel qu'il doit être transporté. Si cela est impossible (parce que le colis est trop grand pour tenir dans l'étuve, par exemple), on doit utiliser un colis semblable, mais de plus petite dimension, qui doit être rempli du nombre maximum d'objets possible.

#### 14.4.1.2 *Appareillage et matériels*

Pour cette épreuve, on doit disposer d'une étuve avec un ventilateur et une commande thermostatique permettant de maintenir la température à  $75 \pm 2$  °C. L'étuve devrait de préférence être pourvue de deux thermostats ou d'un système de protection équivalent contre un échauffement excessif en cas de défaillance du thermostat. Le spécimen soumis à l'épreuve doit être muni d'un thermocouple relié à un enregistreur de température, pour permettre de détecter tout échauffement spontané.

#### 14.4.1.3 *Mode opératoire*

Selon le spécimen soumis à l'épreuve, un thermocouple est placé soit sur l'enveloppe extérieure de l'objet non emballé, soit sur celle d'un objet situé près du centre du colis. Le thermocouple est relié à un enregistreur de température. Le spécimen d'épreuve (avec son thermocouple) est placé dans l'étuve, et maintenu à 75 °C pendant 48 h. On laisse ensuite refroidir l'étuve, puis on en extrait le spécimen pour l'inspecter. Les températures sont enregistrées et les effets tels que réaction, détérioration, exsudation, etc. sont notés.

#### 14.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que l'objet, ou le ou les objets emballés sont trop dangereux pour être transportés :

- a) s'ils explosent;
- b) s'ils s'enflamment;
- c) si leur échauffement spontané dépasse 3 °C;
- d) si l'enveloppe extérieure de l'objet ou l'emballage extérieur sont endommagés; ou
- e) s'il est constaté une exsudation dangereuse, c'est-à-dire si de la matière explosible est visible à l'extérieur de l'objet.

On considère qu'il est négatif (-) s'il n'est pas observé d'effet extérieur, ni d'élévation de température dépassant 3 °C.

#### 14.4.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Objet</b>	<b>Résultat</b>
Fontaine cylindrique	-
Inflamateur électrique à retardement	-
Artifice de signalisation à main	-
Pétard pour chemins de fer	-
Chandelle romaine	-
Amorce de sûreté	-
Torche éclairante de signalisation	-
Munition pour arme de petit calibre	-
Chandelle fumigène	-
Grenade fumigène	-
Boîte fumigène	-
Artifice de signalisation fumigène	-



**14.5 Série 4, type b) : Dispositions d'épreuve****14.5.1 Épreuve 4 b) i) : Épreuve de chute dans un tube en acier pour les liquides**14.5.1.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer si un liquide énergétique homogène contenu dans un tube fermé en acier a un comportement explosif lorsqu'il tombe d'une certaine hauteur sur une enclume en acier.

14.5.1.2 *Appareillage et matériels*

On utilise un tube en acier (type A37) de 33 mm de diamètre intérieur, de 42 mm de diamètre extérieur et de 500 mm de long (voir la figure 14.5.1.1). Le tube est rempli de liquide et fermé à son extrémité supérieure par un bouchon fileté en fonte avec interposition de bande téflon. Le bouchon est percé axialement d'un trou de remplissage de 8 mm, qui est obturé par un bouchon en plastique.

14.5.1.3 *Mode opératoire*

La température et la masse volumique du liquide doivent être notées. Une heure au plus avant l'essai, le liquide est agité pendant 10 s. La hauteur de chute peut varier par palier de 0,25 m jusqu'à un maximum de 5 m. L'objet de l'essai est de déterminer la hauteur maximale à laquelle il n'y ait pas détonation. Pendant la chute, le tube doit rester en position verticale. On doit noter si l'un des effets suivants se produit, et à quelle hauteur :

- a) Détonation avec fragmentation du tube;
- b) Réaction causant l'éclatement du tube;
- c) Absence de réaction et dégâts négligeables au tube.

14.5.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

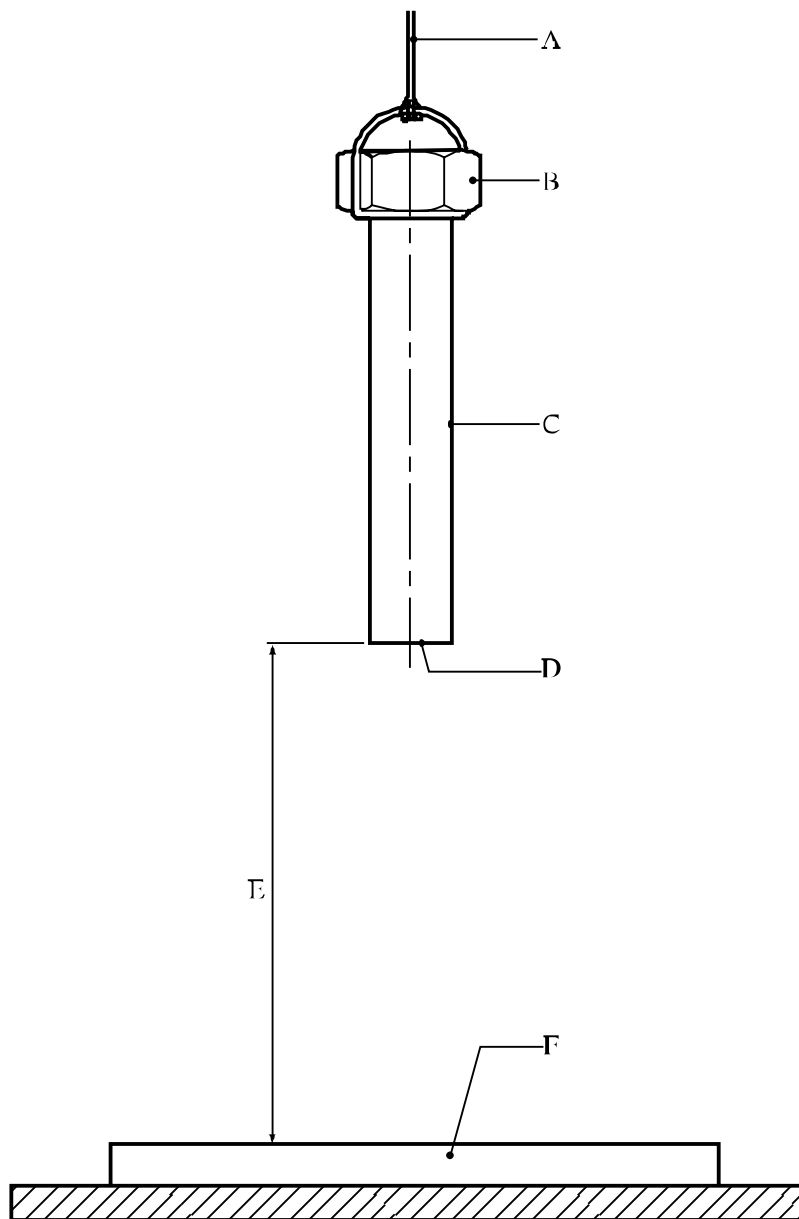
S'il y a détonation pour une hauteur de chute égale ou inférieure à 5 m, on considère que le résultat est positif (+) et que le liquide est trop dangereux pour être transporté.

S'il y a réaction locale sans détonation pour une hauteur de chute de 5 m, on considère que le résultat est négatif (-), mais qu'un emballage métallique ne devrait pas être utilisé à moins qu'il ne soit démontré à l'autorité compétente que cela ne présente pas de danger pour le transport.

S'il ne se produit pas de réaction pour une hauteur de chute de 5 m, on considère que le résultat d'épreuve est négatif (-) et que le liquide peut être transporté dans tout type d'emballage convenant pour les matières de ce genre.

14.5.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Liquide</b>	<b>Température (°C)</b>	<b>Hauteur de chute causant la détonation (m)</b>	<b>Résultat</b>
Nitroglycérine	15	< 0,25	+
Nitroglycérine/triacétine/2 NDPA (78/21/1)	14	1,00	+
Nitrométhane	15	> 5,00	-
Dinitrate de triéthylèneglycol	13	> 5,00	-



(A)	Fil fusible de largage	(B)	Bouchon fileté en fonte
(C)	Tube en acier sans soudure (type A37, DI 33 mm, DE 42 mm, L = 500 mm)	(D)	Fond en acier soudé (de 4 mm d'épaisseur)
(E)	Hauteur de chute (variable de 0,25 à 5,00 m)	(F)	Enclume en acier (de 1 m × 0,50 m × 0,15 m)

**Figure 14.5.1.1 : ÉPREUVE DE CHUTE DANS UN TUBE EN ACIER POUR LES LIQUIDES**

## 14.5.2 *Épreuve 4 b) ii) : Épreuve de chute de 12 mètres pour les objets non emballés et les objets et matières emballés*

### 14.5.2.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer si un spécimen d'épreuve (objet, objet(s) emballé(s) ou matières emballées (autre qu'un liquide homogène)) peut supporter une chute d'une grande hauteur sans qu'il y ait de risque notable d'incendie ou d'explosion. Elle n'a pas pour objet d'évaluer la résistance aux chocs du colis.

### 14.5.2.2 *Appareillage et matériels*

#### 14.5.2.2.1 *Aire d'impact*

L'aire d'impact est une plaque massive ayant une surface relativement lisse. On peut par exemple utiliser à cette fin : une plaque en acier d'au moins 75 mm d'épaisseur et d'au moins 200 de dureté Brinell, reposant de manière stable sur un socle en béton épais d'au moins 600 mm d'épaisseur. La longueur et la largeur de l'aire d'impact doivent être d'au moins une fois et demie les dimensions de l'article soumis à l'épreuve.

#### 14.5.2.2.2 *Autre matériel*

Un appareil d'enregistrement photographique ou vidéo doit être utilisé pour le contrôle de la position angulaire du spécimen lors de l'impact et des résultats de celui-ci. Si cette position angulaire est susceptible de jouer un rôle déterminant, le laboratoire d'essai peut utiliser des accessoires pour maintenir le spécimen dans la position souhaitée. Ces accessoires ne doivent pas sensiblement freiner la chute, ni empêcher l'objet de rebondir après le choc.

#### 14.5.2.2.3 *Lestage*

Dans certains cas, une partie des objets explosibles contenus dans un colis peut être remplacée pour l'essai par des objets inertes. Ceux-ci devraient avoir la même masse et le même volume que les objets qu'ils remplacent. Les objets explosibles restants devraient être placés dans la position où ils ont les plus grandes chances de fonctionner lors du choc. Si par contre l'essai concerne une matière emballée, il n'est pas admis que celle-ci soit remplacée partiellement par une matière inerte.

#### 14.5.2.3 *Mode opératoire*

Le spécimen d'épreuve doit tomber d'une hauteur de 12 m, mesurée entre le point le plus bas de celui-ci et l'aire d'impact. ***Pour des raisons de sécurité on doit respecter un délai, prescrit par le laboratoire d'essai, avant d'inspecter le colis, même s'il n'y a aucun signe visible d'amorçage ou d'inflammation lors de l'impact.*** Ce délai écoulé, on peut examiner ce spécimen pour déterminer s'il y a eu inflammation ou amorçage. Trois essais sont exécutés sur la matière ou l'objet emballés, à moins qu'un effet déterminant (inflammation ou explosion) ne soit obtenu dès le premier ou le deuxième. Toutefois, chaque spécimen ne subit qu'une chute. Des renseignements détaillés sur l'emballage et des commentaires doivent être donnés. Les données enregistrées devraient inclure des photographies et des informations sur les signes visibles et audibles de réaction, le moment où la réaction s'est produite, et l'intensité des effets tel que détonation en masse ou déflagration. Des renseignements doivent aussi être donnés sur la position angulaire du spécimen lors du choc. Une rupture éventuelle de l'emballage peut être signalée; elle n'a cependant pas d'incidence sur les résultats de l'essai.

14.5.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que la matière emballée ou le ou les objets emballés sont trop dangereux pour être transportés si le choc cause une inflammation ou une explosion. Par contre, une simple rupture de l'emballage, ou même de l'enveloppe de l'objet, n'est pas considérée comme un résultat positif. Le résultat est négatif (-) s'il n'y a inflammation ou explosion lors d'aucun des trois essais.

14.5.2.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière ou objet(s)</b>	<b>Nombre de chutes</b>	<b>Observations</b>	<b>Résultat</b>
Cartouches pour cisailles pyrotechniques, dans une caisse en métal contenant deux dispositifs	3	pas de réaction	-
Amorces moulées (27,2 kg)	3	pas de réaction	-
Propergol solide CBI de 7,11 mm de diamètre (36,3 kg)	3	pas de réaction	-
Dynamite plastique ammoniée (22,7 kg)	3	pas de réaction	-
Dynamite ammoniée à 40 % de NG (22,7 kg)	3	pas de réaction	-
Dynamite simple à 60 % de NG (22,7 kg)	3	pas de réaction	-
Dynamite simple de terrassement à 50 % de NF (22,7 kg)	3	pas de réaction	-
Générateur de gaz propulsif (61,7 kg de masse nette) dans un récipient en aluminium	3	pas de réaction	-
Dispositifs pour tirs de démolition, dans une caisse en bois contenant 20 dispositifs emballés individuellement	3	pas de réaction	-
Composant (d'un projectile) contenant détonateur/amorce/fusée	1	combustion	+

## SECTION 15

### ÉPREUVES DE LA SÉRIE 5

#### 15.1 Introduction

15.1.1 À la question "S'agit-il d'une matière explosible très peu sensible présentant un risque d'explosion en masse ?" (case 21 de la figure 10.3), on répond d'après les résultats de trois types d'épreuve de la série 5. Cette série comprend les types d'épreuves ci-après :

- Type 5 a) épreuve d'excitation par onde de choc pour déterminer la sensibilité à une sollicitation mécanique intense;
- Type 5 b) épreuves thermiques en vue de déterminer l'aptitude au passage de la déflagration à la détonation;
- Type 5 c) épreuve pour déterminer si une matière explose lorsqu'elle est soumise en grande quantité à un feu intense.

15.1.2 La réponse à la question de la case 21 est "non" si un résultat positif (+) est obtenu lors de l'un des trois types d'épreuve. Une matière examinée en vue de son classement éventuel dans la division 1.5 doit donc obtenir un résultat négatif à une épreuve de chaque type.

#### 15.2 Méthodes d'épreuve

Les méthodes d'épreuve de cette série actuellement utilisées sont énumérées au tableau 15.1.

**Tableau 15.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE 5**

Code	Nom de l'épreuve	Section
5 a)	Épreuve de sensibilité à l'amorce <sup>a</sup>	15.4.1
5 b) i)	Épreuve de passage de la déflagration à la détonation de la France	15.5.1
5 b) ii)	Épreuve de passage de la déflagration à la détonation des États-Unis <sup>a</sup>	15.5.2
5 b) iii)	Épreuve de passage de la déflagration à la détonation	15.5.3
5 c)	Épreuve du feu extérieur pour matières de la division 1.5 <sup>a</sup>	15.6.1

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

Une épreuve de chaque type doit être exécutée.

#### 15.3 Conditions d'épreuve

15.3.1 Étant donné l'effet important de la densité de la matière sur le résultat des épreuves du type 5 a) et 5 b), la densité des matières éprouvées doit être déterminée. La masse nette et la masse volumique de l'échantillon doivent être enregistrées dans tous les cas.

15.3.2 Les épreuves devraient être exécutées à la température ambiante sauf s'il est prévu de transporter la matière dans des conditions susceptibles de modifier son état physique ou sa densité.

## 15.4 Série 5, type a) : Dispositions d'épreuve

### 15.4.1 Épreuve 5 a) : Épreuve de sensibilité à l'amorce

#### 15.4.1.1 Introduction

L'épreuve sert à déterminer la sensibilité d'une matière à un stimulus mécanique intense.

#### 15.4.1.2 Appareillage et matériels

Le dispositif d'essai est représenté sur les figures 15.4.1.1 et 15.4.1.2. Il est constitué d'un tube en carton de 80 mm de diamètre minimal, de 160 mm de longueur minimale, et de 1,5 mm d'épaisseur maximale de paroi. Le stimulus mécanique intense est fourni par un détonateur normalisé (voir l'appendice 1) introduit en position centrale au sommet de la charge de matière contenue dans le tube, sur une profondeur égale à sa longueur. Le tube porte-échantillon est posé sur un témoin qui est constitué d'une plaque en acier de forme carrée de 160 mm de côté et de 1,0 mm d'épaisseur posée sur une entretoise annulaire de 50 mm de hauteur, de 100 mm de diamètre intérieur et de 3,5 mm d'épaisseur de paroi (voir la figure 15.4.1.1). On peut aussi utiliser un cylindre de plomb doux de 51 mm de diamètre et de 102 mm de longueur (voir la figure 15.4.1.2). L'ensemble du dispositif d'essai précité est placé sur une plaque en acier de forme carrée de 152 mm de côté et de 25 mm d'épaisseur.

#### 15.4.1.3 Mode opératoire

La matière est chargée dans le tube en trois portions égales. Pour les matières granulaires s'écoulant librement, on tasse l'échantillon en laissant tomber le tube verticalement sur son fond d'une hauteur de 50 mm après avoir versé chaque portion. Pour les matières géli-formes, on doit effectuer le chargement de manière soigneuse afin d'éviter tout vide. Dans tous les cas la densité finale de la matière explosible dans le tube doit être aussi proche que possible de la densité de transport. Pour les explosifs à haute densité en cartouche d'un diamètre supérieur à 80 mm, on utilise pour l'épreuve une portion d'au moins 160 mm de long découpée dans la cartouche. Dans ce cas, le détonateur est introduit à l'extrémité de la cartouche demeurée intacte. Les matières explosibles dont la sensibilité pourrait dépendre de la température doivent être entreposées avant l'épreuve, pendant 30 h au moins à une température de 28 à 30 °C. Les matières explosibles contenant des granules de nitrate d'ammonium qu'il est prévu de transporter dans des régions à forte température ambiante doivent subir avant l'essai un conditionnement thermique selon le cycle suivant : 25 °C → 40 °C → 25 °C → 40 °C → 25 °C. Le tube est posé sur la plaque témoin et le montage est placé sur la plaque d'embase en acier. On met à feu le détonateur depuis un endroit abrité. Après le tir on examine la plaque témoin. On exécute trois essais à moins qu'il n'y ait détonation au premier ou au deuxième.

#### 15.4.1.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

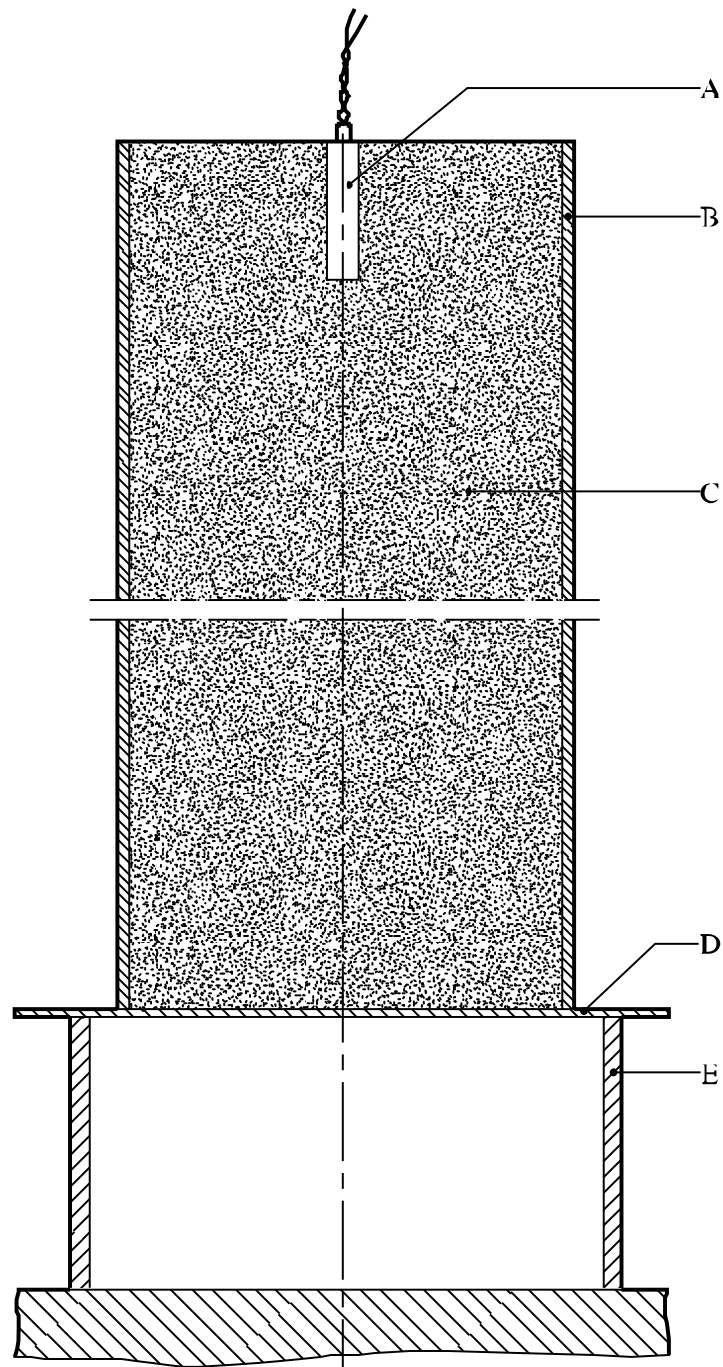
On considère que le résultat est positif (+) et que la matière ne doit pas être classée dans la division 1.5 si, lors d'un essai au moins :

- a) La plaque témoin est arrachée ou perforée d'une autre manière (si l'on peut voir le jour à travers la plaque) - des renflements, fissures ou plis dans la plaque-témoin n'indiquent pas qu'il y a sensibilité à l'amorce; ou
- b) Le centre du cylindre de plomb est comprimé d'une longueur de 3,2 mm ou plus par rapport à sa longueur initiale.

Autrement, on considère que le résultat est négatif (-).

## 15.4.1.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique kg/m<sup>3</sup></b>	<b>Observations</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'ammonium (granulés) + fioul	840-900	D'origine	-
" "	750-760	Deux cycles de température	+
Nitrate d'ammonium + TNT + matière combustible	1 030-1 070	D'origine	+
Nitrate d'ammonium (perles) + DNT (en surface)	820-830	D'origine	-
" "	800-830	30 h à 40 °C	+
Nitrate d'ammonium + DNT + matière combustible	970-1 030	D'origine	-
" "	780-960	D'origine	+
Nitrate d'ammonium + matière combustible	840-950	D'origine	-
" "	620-840	D'origine	+
Nitrate d'ammonium + nitrate alcalin + nitrate alcalino-terreux + aluminium + eau + matière combustible	1 300-1 450	D'origine	-
" "	1 130-1 220	D'origine	+
Nitrate d'ammonium + nitrate alcalin + TNT + aluminium + eau + matière combustible	1 500	D'origine	-
" "	1 130-1 220	D'origine	+
Nitrate d'ammonium/nitrométhane, (87/13)			+
TNT (granulés)			+
ANFO (94/6), granulés			-
ANFO (94/6), 200 µm			+
AN en granulés/méthanol (90/10)			-



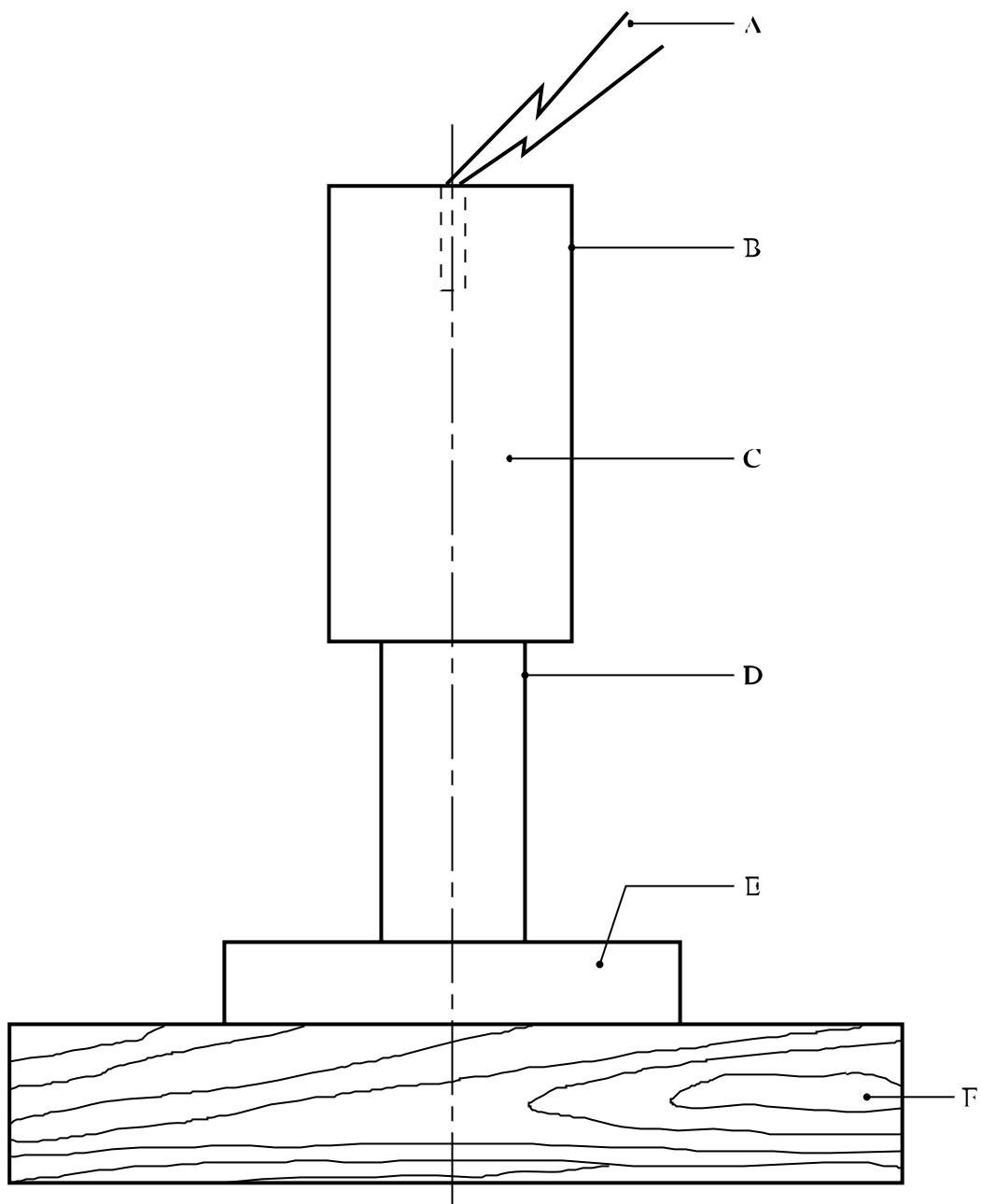
---

(A)	Détonateur	(B)	Tube en carton à enroulement oblique
(C)	Matière à éprouver	(D)	Plaque témoin en acier doux
(E)	Entretoise annulaire en acier		

---

**Figure 15.4.1.1 : ÉPREUVE DE SENSIBILITÉ À L'AMORCE (avec plaque témoin en acier)**





---

(A)	Détonateur électrique	(B)	Tube en carton
(C)	Matière à éprouver	(D)	Cylindre en plomb
(E)	Plaque en acier (de 15 × 15 × 2,5 cm)	(F)	Bloc en bois (de 30 × 30 × 5 cm)

---

**Figure 15.4.1.2 : ÉPREUVE DE SENSIBILITÉ À L'AMORCE (avec cylindre témoin en plomb)**

**15.5 Série 5, type b) : Dispositions d'épreuve**

**15.5.1 Épreuve 5 b) i) : Épreuve de passage de la déflagration à la détonation de la France**

15.5.1.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière à passer de la déflagration à la détonation.

15.5.1.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif est constitué d'un tube d'acier sans soudure (type A37) de 40,2 mm de diamètre intérieur, de 4,05 mm d'épaisseur de paroi et de 1 200 mm de longueur. Il doit avoir une résistance statique à la pression de 74,5 MPa. Le tube est fermé par deux bouchons filetés, et il est muni dans sa longueur d'une sonde de mesure de la vitesse de propagation de l'onde de choc (voir la figure 15.5.1.1). Il est posé horizontalement sur une plaque témoin en plomb de 30 mm d'épaisseur. La mise à feu de la matière est effectuée au moyen d'un fil chauffant au Ni/Cr (80/20) de 0,4 mm de diamètre et 15 mm de long, placé à une extrémité du tube.

15.5.1.3 *Mode opératoire*

La matière d'épreuve est chargée dans le tube et tassée manuellement. La température, la masse volumique et la teneur en eau de la matière doivent être enregistrées. On applique au fil d'allumage un courant de 8 A au maximum pendant une durée maximale de 3 min, pour enflammer la matière. On exécute trois essais à moins qu'il n'y ait passage de la déflagration à la détonation dès le premier ou le deuxième (ce qui ressort de l'empreinte de compression sur la plaque témoin en plomb ou de la vitesse de propagation mesurée).

15.5.1.4 *Critères d'épreuves et méthodes d'évaluation des résultats*

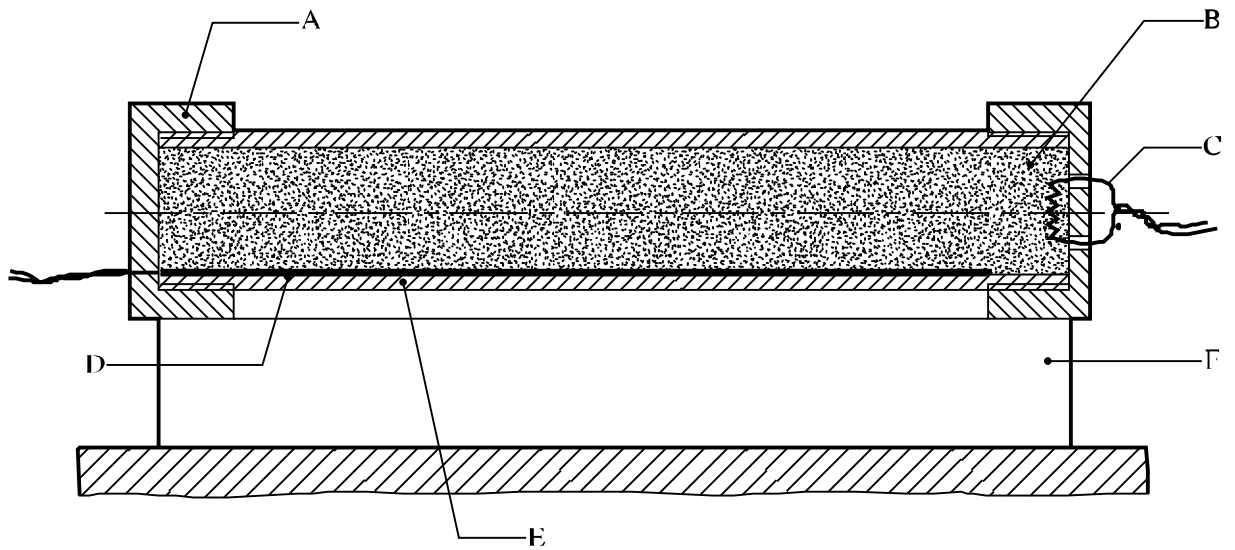
On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que la matière est à exclure de la division 1.5 si lors d'un essai quelconque il y a détonation. Pour en juger, on se fonde sur les critères suivants :

- a) La plaque témoin en plomb porte une empreinte de compression typique d'une réaction détonante;
- b) La vitesse de propagation mesurée est supérieure à la vitesse du son dans la matière et constante dans la partie du tube la plus éloignée de l'amorce.

On doit noter la longueur parcourue avant détonation et la vitesse de propagation mesurée. On considère que le résultat est négatif (-) si la plaque témoin ne montre pas d'empreinte de compression et si la vitesse de propagation, au cas où elle est mesurée, est inférieure à la vitesse du son dans la matière.

15.5.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Résultat</b>
Gel aluminisé (sels oxydants 62,5 %, Al 15 %, autres combustibles 15 %)	1 360	-
ANFO (granulométrie du nitrate d'ammonium 0,85 mm, rétention du fioul 15 %)	860	-
Dynamite plastique (NG/dinitrate d'éthylèneglycol 40 %, NA 48 %, AL 8 %, NC)	1 450	+
Dynamite-guhr (NG 60 %, guhr 40 %)	820	+
Explosif en bouillie sensibilisé	1 570	-



---

(A)	Bouchons filetés en fonte	(B)	Matière à éprouver
(C)	Fil d'allumage	(D)	Sonde de vitesse de propagation
(E)	Tube d'acier sans soudure	(F)	Plaque témoin en plomb

---

**Figure 15.5.1.1 : ÉPREUVE DE PASSAGE DE LA DÉFLAGRATION  
À LA DÉTONATION DE LA FRANCE**

## 15.5.2 *Épreuve 5 b) ii) : Épreuve de passage de la déflagration à la détonation des États-unis*

### 15.5.2.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière à passer de la déflagration à la détonation.

### 15.5.2.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif d'essai est représenté à la figure 15.5.2.1. Un échantillon de matière est placé dans un tube d'acier au carbone (A53 qualité B) de 74 mm de diamètre intérieur et de 7,6 mm d'épaisseur de paroi ("3 inch schedule 80") long de 457 mm, fermé à une extrémité par un bouchon en acier forgé (type "3 000 lb") et à l'autre par une plaque témoin carrée de 13 cm de côté en acier doux de 8 mm d'épaisseur, soudée au tube. Une capsule d'allumage, contenant 5 g de poudre noire (traversant à 100 % la maille No 20 de 0,84 mm et retenue à 100 % par la maille No 50 de 0,297 mm) est placée au centre du tube. Elle est constituée d'un étui cylindrique de 21 mm de diamètre en acétate de cellulose de 0,54 mm d'épaisseur, maintenue par deux couches de bande d'acétate renforcée de filament nylon. La longueur de la capsule est d'environ 1,6 cm pour l'inflamateur de 5 g. La capsule contient une boucle d'allumage formée de 25 mm de fil résistant en nickel-chrome de 0,30 mm de diamètre, ayant une résistance électrique de 0,343 ohms. Cette boucle est reliée à deux fils de cuivre étamé isolés de 0,66 mm de diamètre (diamètre extérieur avec gaine de 1,27 mm). Les fils passent par deux petits trous percés dans la paroi du tube, l'étanchéité étant assurée par la résine époxyde.

### 15.5.2.3 *Mode opératoire*

On charge la matière dans le tube à la température ambiante, jusqu'à une hauteur de 23 cm, on introduit la capsule d'allumage au centre du tube (les fils doivent passer par les trous de la paroi) et on scelle les trous à la résine époxyde après avoir tendu les fils. On charge ensuite le reste de l'échantillon et on visse le bouchon du haut. Pour les matières gélatineuses, la densité de remplissage doit être aussi proche que possible de la densité normale de transport. Pour les matières sous forme granulaire, on tasse la matière à la densité voulue par petits chocs répétés contre une surface dure. L'inflamateur est mis à feu avec un courant de 15 A/20 V alternatif. On exécute trois essais, à moins que le passage de la déflagration à la détonation ne se produise lors du premier ou du deuxième.

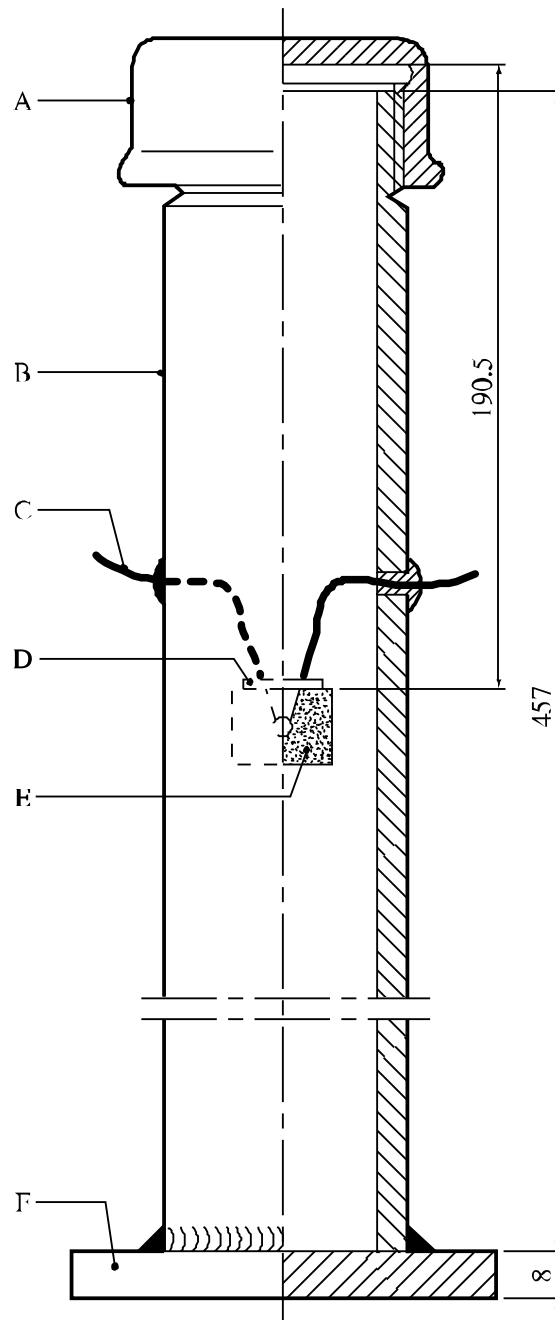
### 15.5.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

On considère que le résultat d'épreuve est positif (+) et que la matière doit être exclue de la division 1.5 si la plaque témoin est perforée. Dans le cas contraire, le résultat est négatif (-).

## 15.5.2.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique apparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Résultat</b>
Nitrate d'ammonium/fioul (94/6)	795	-
Perchlorate d'ammonium (200 µm) <sup>a</sup>	1 145	-
Explosif de mine ANFO (avec additif combustible à basse densité)	793	-
Explosif de mine en émulsion (sensibilité aux microsphérules)	1 166	-
Explosif de mine en émulsion (sensibilité à la nitrocellulose)	1 269	-
Explosif de mine en émulsion (sensibilité à l'huile)	1 339	-
Dynamite NG <sup>a</sup>	900	+
Penthrite (mouillé avec 25 % d'eau) <sup>a</sup>	1 033	+

<sup>a</sup> *Matières essayées à des fins d'étalonnage et non pas en vue d'un classement dans la division 1.5.*



---

(A)	Bouchon en acier forgé	(B)	Tube en acier
(C)	Fil de l'inflammeur	(D)	Joint d'étanchéité
(E)	Capsule d'allumage	(F)	Plaque témoin

---

**Figure 15.5.2.1 : ÉPREUVE DE PASSAGE DE LA DÉFLAGRATION  
À LA DÉTONATION DES ÉTATS-UNIS**

### 15.5.3 *Épreuve 5 b) iii) : Épreuve de passage de la déflagration à la détonation*

#### 15.5.3.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière à passer de la déflagration à la détonation.

#### 15.5.3.2 *Appareillage et matériels*

On utilise un tube en acier de 40 mm de diamètre intérieur, de 10 mm d'épaisseur de paroi et de 1 000 mm de longueur. Le tube (voir la figure 15.5.3.1) a une résistance à la pression de 130 MPa. Une de ses extrémités est fermée par un bouchon fileté en métal ou par un autre système de fermeture tel que boulon ou fond soudé. Cette fermeture doit avoir une résistance au moins égale à la résistance de rupture du tube. Un logement fileté pour l'inflamateur est aménagé dans la paroi du tube à 100 mm du bouchon. L'inflamateur est constitué par un étui en acier doux, contenant de la poudre noire et muni d'une amorce électrique. Après avoir vérifié la conductivité de cette dernière avec un appareil spécial ou un ohmmètre, on charge  $3 \pm 0,01$  g de poudre noire (SGP No 1) dans l'étui et on ferme l'extrémité supérieure de celui-ci avec de la bande adhésive en plastique.

#### 15.5.3.3 *Mode opératoire*

La matière est chargée dans le tube à sa densité normale en vrac. L'extrémité d'un morceau de cordeau détonant (chargé à 12 g/m) de 10 m de long, est introduite dans la matière à l'extrémité ouverte du tube sur une profondeur de 100 mm; le tube est alors fermé avec de la bande adhésive en plastique. Le tube chargé est posé horizontalement sur une plaque d'acier. L'extrémité libre du cordeau détonant est fixée à une plaque d'aluminium de 200 mm de long, de 50 mm de large et de 2 à 3 mm d'épaisseur (figure 15.5.3.1). On visse l'inflamateur dans la paroi du tube, en s'assurant que le filetage ne contient pas de matière explosible, et on le raccorde à la ligne de tir. On procède alors à la mise à feu. Après le tir on inspecte le tube. On note en particulier le caractère de la rupture du tube (renflement, éclatement en gros morceaux, fragmentation en petits morceaux), la présence ou l'absence de matière n'ayant pas réagi et la présence ou l'absence de traces laissées par le cordeau détonant sur la plaque témoin. On exécute trois essais, à moins qu'il n'y ait passage de la déflagration à la détonation lors du premier ou du deuxième.

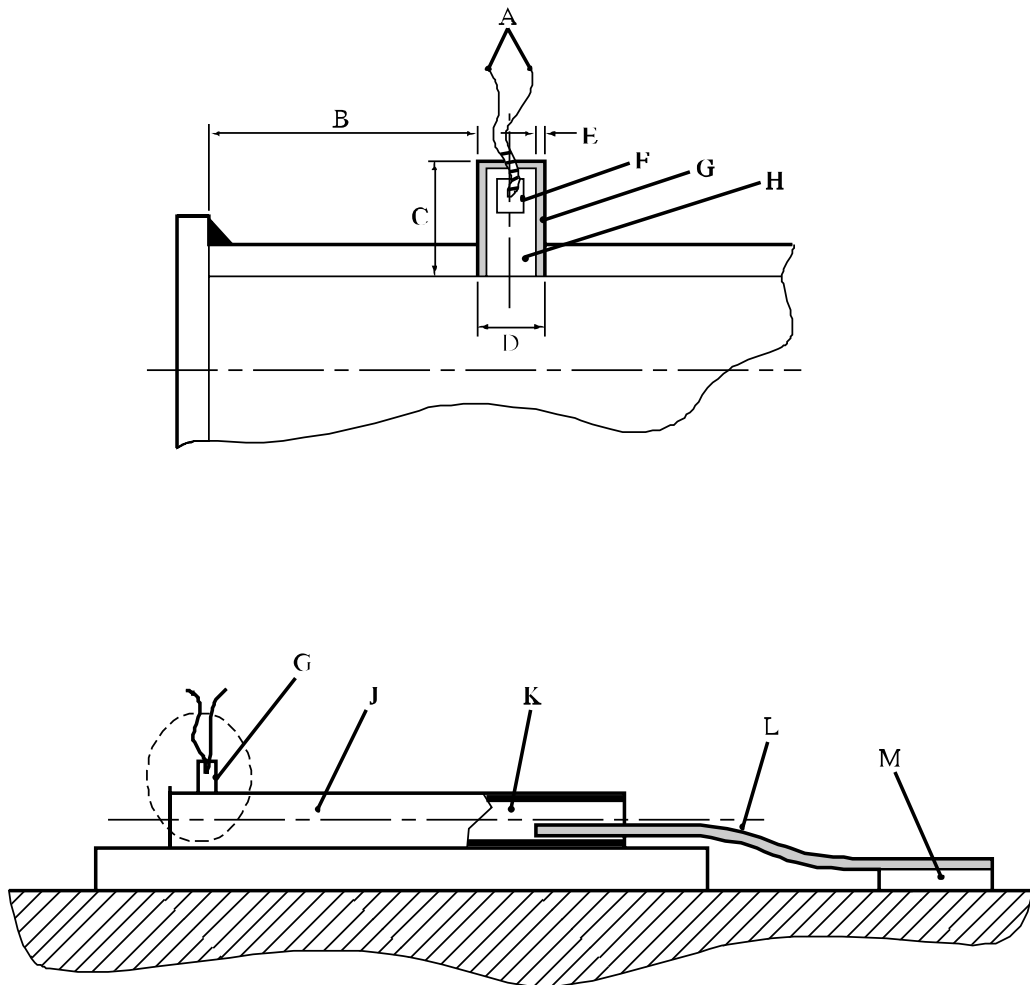
#### 15.5.3.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Pour l'évaluation des résultats on se fonde sur le caractère de la rupture du tube ou l'explosion du cordeau détonant. On considère que le résultat est positif (+) et que la matière doit être exclue de la division 1.5 s'il y a fragmentation du tube. On considère qu'il est négatif (-) si ce n'est pas le cas.



## 15.5.3.5 Exemples de résultats

<b>Matière (à 20 °C)</b>	<b>Masse volumique (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Résultat</b>
Ammonal (nitrate d'ammonium 80,5 %, trotyl 15 %, aluminium 4,5 %) (poudre)	1 000	-
Ammonal détonant No 1 (nitrate d'ammonium 66 %, hexogène 24 %, aluminium 5 %)	1 100	+
Ammonite 6Zhv (nitrate d'ammonium 79 %, trotyl 21 %) (poudre)	1 000	-
Granulite AS-4 (nitrate d'ammonium 91,8 %, fioul 4,2 %, aluminium 4 %)	1 000 (1 600)	-
Granulite ASR-8 (nitrate d'ammonium 70 %, nitrate de sodium 4,2 %, aluminium 8 %, fioul 2 %)	1 000 (1 600)	-
Perchlorate d'ammonium	1 100	-
Perchlorate d'ammonium plus 1,5 % d'additifs combustibles	1 100	+



(A) Fils de l'inflammeur	(B) Distance entre l'inflammeur et l'extrémité du tube (100 mm)
(C) Longueur de l'inflammeur (40 mm)	(D) Diamètre extérieur de l'inflammeur (16 mm)
(E) Épaisseur de l'étui de l'inflammeur (1 mm)	(F) Amorce électrique
(G) Inflammeur	(H) Poudre noire
(J) Tube d'acier sans soudure bouché à une extrémité	(K) Matière à éprouver
(L) Cordeau détonant	(M) Plaque témoin en aluminium

**Figure 15.5.3.1 : ÉPREUVE DE PASSAGE DE LA DÉFLAGRATION À LA DÉTONATION**

**15.6 Série 5, type c) : Dispositions d'épreuve**

**15.6.1 Épreuve 5 c) : Épreuve du feu extérieur (brasier) pour matières de la division 1.5**

15.6.1.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer si une matière, telle qu'elle est emballée pour le transport, peut exploser lorsqu'elle est exposée à un incendie.

15.6.1.2 *Appareillage et matériels*

On doit disposer du matériel suivant :

- a) Un colis (ou plusieurs colis) de matière explosible dans l'état et sous la forme où elle est présentée au transport. Le volume total du ou des colis à éprouver ne doit pas être inférieur à 0,15 m<sup>3</sup>, mais il n'est pas nécessaire que la quantité nette de matière explosible dépasse 200 kg;
- b) Une grille métallique pour soutenir les produits au-dessus du feu dans une position permettant un chauffage efficace. Si l'on utilise un feu de lattes de bois entrecroisées, la grille doit être située à 1,0 m au-dessus du sol; si l'on utilise un feu d'hydrocarbure liquide la grille doit être située à 0,5 m au-dessus du sol;
- c) Du feuillard ou du fil de fer pour assujettir ensemble, si nécessaire, les colis sur la grille;
- d) Assez de combustible pour entretenir un feu pendant au moins 30 minutes ou pendant une durée largement suffisante pour faire réagir la matière;
- e) Des moyens d'allumage permettant d'enflammer le combustible sur au moins deux côtés : pour un feu de lattes de bois, par exemple, on utilisera du kérosène pour imprégner le bois et un allumeur pyrotechnique avec des copeaux de bois;
- f) Des caméras cinématographiques ou vidéo pour l'enregistrement en couleur des événements, ayant de préférence une vitesse rapide et une vitesse normale.

15.6.1.3 *Mode opératoire*

15.6.1.3.1 Les colis, dans l'état et sous la forme où ils sont présentés au transport, sont disposés en nombre voulu sur la grille, le plus près possible les uns des autres. Si nécessaire ils doivent être assujettis avec du feuillard d'acier pour les maintenir groupés pendant l'essai. Le combustible est placé sous la grille de telle manière que les colis soient enveloppés par les flammes. Il peut être nécessaire de prendre des mesures pour protéger le feu des effets du vent qui risquent d'entraîner des pertes de chaleur. Diverses méthodes peuvent être utilisées pour le chauffage : pile de lattes de bois entrecroisées, feu de combustible liquide, brûleurs à propane, par exemple.

15.6.1.3.2 La méthode recommandée est toutefois celle du feu de bois qui offre divers avantages : rapport air/combustible équilibré évitant le dégagement de fumées pouvant gêner l'observation, combustion d'une intensité suffisante et d'une durée permettant de faire réagir de nombreuses matières explosibles emballées dans un délai de 10 à 30 minutes. Ce feu peut par exemple être constitué de lattes de bois séchées à l'air (de section carrée d'environ 50 mm de côté), empilées en position entrecroisée sous la grille (hauteur : 1,0 m par rapport au sol) et montant jusqu'à la base de la grille qui porte les colis. La pile de bois doit s'étendre au-delà des colis jusqu'à au moins 1,0 m dans chaque direction et l'écart entre lattes devrait être d'environ 100 mm. On doit disposer d'assez de combustible pour alimenter le feu pendant au moins 30 minutes ou pendant une durée largement suffisante pour faire réagir la matière.

15.6.1.3.3 On peut également utiliser pour le chauffage un récipient rempli d'un combustible liquide, ou une combinaison de combustible liquide et de bois, ou encore un système de chauffage à gaz, pour autant que les conditions d'essai soient aussi rigoureuses. Si l'on utilise un feu de combustible liquide, le récipient doit s'étendre au-delà du pourtour des colis jusqu'à au moins 1,0 m dans chaque direction. La distance verticale entre la grille et le récipient doit être d'environ 0,5 m. Avant de recourir à cette méthode, on doit cependant s'assurer qu'il ne risque pas de se produire un effet d'extinction ou des réactions indésirables entre matières explosibles et combustible liquide, qui puissent remettre en cause les résultats de l'essai. Si l'on utilise un feu de gaz, la grille doit être placée à une hauteur telle au-dessus du brûleur que les colis soient entourés par les flammes.

15.6.1.3.4 Le système d'allumage est mis en place et le combustible est enflammé simultanément de deux côtés, dont l'un doit être le côté au vent. Les essais ne doivent pas être exécutés par vent de vitesse dépassant 6 m/s. ***Un délai de sécurité suffisant, prescrit par l'organisme responsable des épreuves, doit être observé après l'extinction du feu.***

15.6.1.3.5 Des observations visant à constater les signes d'explosion tels que bruit violent ou projections de fragments depuis le feu, sont effectuées.

15.6.1.3.6 L'essai est normalement exécuté une seule fois. Cependant si à la fin de l'essai le bois ou tout autre combustible utilisé est épuisé alors qu'il reste une quantité appréciable de matière explosible non consommée dans le feu ou à proximité, l'essai doit être exécuté une nouvelle fois avec une plus grande quantité de combustible ou une méthode différente, de manière à accroître l'intensité et/ou la durée du feu. Si les résultats de l'essai ne permettent pas de déterminer avec précision la division de risque, un nouvel essai doit être exécuté.

#### 15.6.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Si une matière explose lors de cette épreuve, on considère que le résultat est positif (+) et qu'elle ne doit pas être classée dans la division 1.5.

#### 15.6.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
ANFO	-
ANFO (avec 6 % de poudre d'aluminium)	-
ANFO (avec 6 % de matériaux combustibles)	-
ANFO en émulsion (avec 1 % de microsphérules)	-
ANFO en émulsion (avec 3,4 % de microsphérules)	-

## SECTION 16

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE 6

## 16.1 Introduction

16.1.1 On se fonde sur les résultats de quatre types d'épreuves de la série 6 pour déterminer laquelle des divisions 1.1, 1.2, 1.3 et 1.4 correspond le mieux au comportement d'un produit, lorsqu'un chargement de celui-ci est exposé à un feu d'origine interne ou externe, ou à une explosion d'origine externe (cases 26, 28, 30, 32 et 33 de la figure 10.3). Les résultats de ces essais sont aussi nécessaires pour évaluer si un produit peut être affecté à la division 1.4, groupe de compatibilité S, ou s'il devrait être exclu de la classe 1 (cases 35 et 36 de la figure 10.3). La série 6 comprend quatre types d'épreuves :

- Type 6 a) épreuve sur un seul colis pour déterminer s'il y a explosion en masse du contenu;
- Type 6 b) épreuve sur des colis de matière explosible ou d'objets explosibles, ou des objets explosibles non emballés, pour déterminer si une explosion se propage d'un colis ou d'un objet non emballé à un autre;
- Type 6 c) épreuve sur des colis de matière explosible ou d'objets explosibles ou des objets explosibles non emballés, pour déterminer s'il y a explosion en masse ou risque de projection dangereuse, de rayonnement calorifique intense ou de combustion violente ou de tout autre effet dangereux lorsque ces produits sont exposés à un incendie; et
- Type 6 d) épreuve sur un colis, sans confinement, d'objets explosibles auxquels la disposition spéciale 347 du chapitre 3.3 du Règlement type s'applique, pour déterminer si une inflammation accidentelle ou un amorçage accidentel du contenu entraîne des effets dangereux à l'extérieur du colis.

## 16.2 Méthodes d'épreuve

16.2.1 Les méthodes d'épreuve de cette série actuellement utilisées sont énumérées au tableau 16.1.

Tableau 16.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE 6

Code	Nom de l'épreuve	Section
6 a)	Épreuve sur un seul colis <sup>a</sup>	16.4.1
6 b)	Épreuve sur une pile de colis (ou d'objets) <sup>a</sup>	16.5.1
6 c)	Épreuve du feu extérieur (brasier) <sup>a</sup>	16.6.1
6 d)	Épreuve sur un colis sans confinement <sup>a</sup>	16.7.1

<sup>a</sup> Épreuve recommandée.

16.2.2 Les épreuves des types 6 a), 6 b), 6 c) et 6 d) doivent être exécutées dans l'ordre alphabétique. Par contre il n'est pas toujours nécessaire de les exécuter toutes. L'épreuve du type 6 a) n'est pas obligatoire si les objets explosibles sont transportés sans emballage ou si le colis contient seulement un objet. L'épreuve du type 6 b) n'est pas obligatoire si lors des essais de l'épreuve 6 a) :

- a) L'enveloppe extérieure de l'emballage n'est pas endommagée par une détonation ou une inflammation interne;
- b) Le contenu du colis n'explose pas, ou explose si faiblement qu'une propagation de l'effet explosif d'un colis à un autre lors de l'épreuve du type 6 b) est exclue.

L'épreuve du type 6 c) n'est pas obligatoire si lors d'une épreuve du type 6 b) il y a explosion pratiquement instantanée de la quasi totalité du contenu de la pile. Dans un tel cas, le produit est classé dans la division 1.1.

L'épreuve de type d) sert à déterminer si le classement dans la division 1.4, groupe de compatibilité S, est approprié, et n'est utilisée que si la disposition spécial 347 du chapitre 3.3 du Règlement type s'applique.

Les résultats des épreuves 6 c) et 6 d) indiquent que le classement du produit dans la division 1.4, groupe de compatibilité S, est approprié. Dans le cas contraire, le produit est classé dans la division 1.4, mais dans un groupe de compatibilité autre que le groupe S.

16.2.3 Si une matière donne un résultat négatif (-) (pas de propagation de la détonation) dans le type d'épreuve a) de la série 1, il n'est pas nécessaire d'exécuter l'épreuve 6 a) avec un détonateur. Si une matière donne un résultat négatif (-) (déflagration nulle ou lente) dans une épreuve du type c) de la série 2, il n'est pas nécessaire d'exécuter l'épreuve 6 a) avec un inflammateur.

16.2.4 Des explications sur certains termes utilisés pour l'affectation à une division et à un groupe de compatibilité sont données dans le glossaire de l'appendice B du Règlement type (explosion en masse, matière pyrotechnique, totalité du chargement, totalité du contenu, explosion, explosion de la totalité du contenu).

### **16.3 Conditions d'épreuve**

16.3.1 Les épreuves de la série 6 doivent être exécutées sur les colis de matière et objets explosibles dans l'état et sous la forme où ils sont présentés au transport. La disposition géométrique des produits doit être représentative de la méthode d'emballage et des conditions de transport et devrait correspondre aux résultats d'essai les plus défavorables. Dans le cas où il est prévu de transporter des objets explosibles sans emballage, les essais doivent être exécutés sur les objets non emballés. Tous les types d'emballage contenant des matières ou objets devraient être soumis aux essais sauf si :

- a) Le produit, dans son emballage, peut être affecté sans ambiguïté à une division de risque par une autorité compétente en fonction des résultats d'autres épreuves ou d'informations dont on dispose; ou
- b) Le produit, quel que soit son emballage, est affecté à la division 1.1.

**16.4 Série 6 type a) : Dispositions d'épreuve**

**16.4.1 Épreuve 6 a) : Épreuve sur un seul colis**

16.4.1.1 *Introduction*

Il s'agit d'une épreuve exécutée sur un seul colis en vue de déterminer s'il y a explosion en masse du contenu.

16.4.1.2 *Appareillage et matériels*

Les éléments nécessaires sont les suivants :

- a) Un détonateur pour amorcer la matière ou l'objet;
- b) Un inflammateur juste suffisant pour assurer l'inflammation de la matière ou de l'objet;
- c) Des matériaux de confinement appropriés; et
- d) Une tôle d'acier doux de 3 mm d'épaisseur qui servira de plaque témoin.

On peut utiliser des appareils de mesure de l'effet de souffle.

16.4.1.3 *Mode opératoire*

16.4.1.3.1 L'essai est exécuté sur les colis de matières et d'objets explosibles dans l'état et sous la forme où ils sont présentés au transport. Dans le cas des objets explosibles transportés sans emballage, l'essai doit s'appliquer aux objets non emballés. Le choix d'une excitation par amorçage ou par inflammation se fait en fonction des considérations suivantes.

16.4.1.3.2 Pour les matières emballées :

- a) Si la matière est destinée à détoner, elle doit être éprouvée avec un détonateur normalisé (voir l'appendice 1);
- b) Si la matière est destinée à déflagrer, elle doit être éprouvée avec un inflammateur juste suffisant (mais ne contenant pas plus de 30 g de poudre noire) pour assurer l'inflammation de la matière dans le colis. L'inflammateur doit être placé au centre de la matière dans le colis;
- c) Les matières non destinées à être utilisées comme explosifs, mais provisoirement admises dans la classe 1, doivent être éprouvées d'abord avec un détonateur normalisé (appendice 1) et, s'il ne se produit pas d'explosion, avec un inflammateur selon les dispositions de b) ci-dessus. Si une matière donne un résultat négatif (-) (pas de propagation de la détonation) dans l'épreuve du type a) de la série 1, il n'est pas nécessaire d'exécuter l'épreuve avec un détonateur et si une matière donne un résultat négatif (-) (déflagration nulle ou lente) dans une épreuve du type c) de la série 2, il n'est pas nécessaire d'exécuter l'épreuve avec un inflammateur.

16.4.1.3.3 Pour les objets emballés<sup>1</sup> :

- a) Objets pourvus de leur propre dispositif d'amorçage ou d'inflammation : le fonctionnement d'un objet proche du centre du colis est provoqué au moyen de son propre dispositif d'amorçage ou d'inflammation. Si cela n'est pas faisable, ce dernier est remplacé par un autre dispositif d'excitation ayant l'effet requis;
- b) Objets non pourvus de leur propre dispositif d'amorçage ou d'inflammation :
  - i) On fait fonctionner un objet proche du centre du colis de la manière prévue; ou
  - ii) On remplace un objet proche du centre du colis par un autre objet que l'on peut faire fonctionner avec le même effet.

16.4.1.3.4 Le colis est placé sur une plaque témoin en acier posée au sol. Pour assurer le confinement nécessaire, la méthode recommandée consiste à utiliser des emballages, de forme et de dimensions semblables à l'emballage à éprouver, complètement remplis de terre ou de sable et disposés aussi près que possible tout autour du colis à éprouver. L'épaisseur minimale de confinement dans toutes les directions doit être de 0,5 m pour un colis ne dépassant pas 0,15 m<sup>3</sup> ou de 1 m pour un colis de volume supérieur. Pour assurer le confinement voulu, on peut aussi utiliser des caisses ou sacs remplis de terre ou de sable disposés tout autour du colis et sur celui-ci, ou enfouir ce dernier sous du sable en vrac.

16.4.1.3.5 On met à feu le dispositif d'amorçage ou d'inflammation de la matière ou de l'objet et l'on observe les effets suivants : effets thermiques, projections, détonation, déflagration ou explosion de la totalité du contenu. ***Pour des raisons de sécurité, un certain délai d'attente, prescrit par l'organisme responsable des épreuves, doit être respecté après la mise à feu.*** Trois essais sont exécutés, à moins qu'un résultat déterminant (explosion de la totalité du contenu) ne soit obtenu lors du premier ou du deuxième. Si les résultats de ce nombre d'essai ne permettent pas d'aboutir à des conclusions précises, on exécute un plus grand nombre d'essais.

16.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Lorsqu'il y a explosion en masse (voir à ce sujet la définition donnée au chapitre 2.1 du Règlement type) la matière remplit en principe les conditions voulues pour être classée dans la division 1.1. Les critères d'un tel effet sont :

- a) La formation d'un cratère dans le sol;
- b) Des dégâts causés à la plaque témoin placée sous le colis;
- c) Un effet de souffle mesuré;
- d) Une dislocation et une dispersion des matériaux de confinement.

Si l'objet est accepté dans la division 1.1, il n'est pas nécessaire d'exécuter d'autres épreuves; dans le cas contraire, on doit passer à l'épreuve 6 b).

---

<sup>1</sup> Dans le cas d'objets contenant une très petite quantité de matières du groupe de compatibilité A uniquement, on doit amorcer simultanément un nombre suffisant de ces objets pour faire exploser une quantité d'explosif primaire au moins égale à 0,2 g.



16.4.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Emballage</b>	<b>Dispositif d'excitation</b>	<b>Effet</b>	<b>Résultat</b>
Perchlorate d'ammonium (12 µm)	fût en carton de 10 kg	Détonateur	Détonation	Relève éventuellement de la division 1.1
Tert-butyltrinitroxylène (Musc xylène)	fût en carton de 50 kg	Détonateur	Décomposition localisée	Ne relève pas de la division 1.1
Tert-butyltrinitroxylène (Musc xylène)	fût en carton de 50 kg	Inflamateur	Décomposition localisée	Ne relève pas de la division 1.1
Poudre à simple base (non poreuse)	fût en carton de 60 l	Inflamateur	Pas d'explosion	Ne relève pas de la division 1.1
Poudre à simple base (poreuse)	fût en carton de 60 l	Inflamateur	Explosion	Relève éventuellement de la division 1.1

**16.5 Série 6, type b) : Dispositions d'épreuve**

**16.5.1 Épreuve 6 b) : Épreuve sur une pile de colis (ou d'objets)**

16.5.1.1 *Introduction*

Cette épreuve est exécutée sur une pile de colis de matières ou d'objets explosibles ou d'objets non emballés en vue de déterminer si une explosion se propage d'un colis ou d'un objet non emballé à un autre.

16.5.1.2 *Appareillage et matériels*

Les éléments nécessaires sont les suivants :

- a) Un détonateur pour assurer l'amorçage de la matière ou de l'objet;
- b) Un inflammateur juste suffisant pour assurer l'inflammation de la matière ou de l'objet;
- c) Des matériaux de confinement appropriés; et
- d) Une tôle d'acier doux de 3 mm d'épaisseur qui servira de plaque témoin.

On peut utiliser des appareils de mesure de l'effet de souffle.

16.5.1.3 *Mode opératoire*

L'essai est exécuté sur une pile de colis d'un produit explosible ou une pile d'objets non emballés dans l'état et sous la forme où ils sont présentés au transport. S'il est prévu de transporter des objets explosibles sans emballage, l'essai doit s'appliquer aux objets non emballés. On commence par empiler sur une plaque témoin en acier posée au sol un nombre suffisant de colis ou d'objets pour obtenir un volume total de 0,15 m<sup>3</sup>. Si le volume d'un seul colis (ou objet non emballé) est en soi supérieur à 0,15 m<sup>3</sup>, on exécute l'essai en plaçant au moins un autre colis ou objet récepteur dans la position ayant le plus de chances de causer une propagation d'un article à l'autre (voir le paragraphe 16.3.1). À défaut de connaître cette position, on doit utiliser plusieurs récepteurs. La méthode de confinement recommandée consiste à utiliser des emballages de forme et de dimensions semblables au colis soumis à l'épreuve, complètement remplis de terre ou de sable et disposés aussi près que possible tout autour du colis de manière à former une enceinte de confinement d'une épaisseur minimale d'un mètre dans toutes les directions. On peut aussi utiliser des caisses ou sacs remplis de terre ou de sable entourant la pile de tous les côtés et la recouvrant ou enfouir celle-ci sous du sable en vrac. Si l'on choisit cette dernière solution, on doit d'abord couvrir la pile d'une bâche ou la protéger d'autre manière pour éviter que du sable puisse s'introduire dans les interstices entre colis ou objets non emballés. Pour les objets transportés sans emballage, les méthodes de confinement sont les mêmes que pour les objets emballés. Le choix d'une excitation par amorçage ou par inflammation se fait en fonction des considérations suivantes.

16.5.1.4 Pour les matières emballées :

- a) Si la matière est destinée à détoner, elle doit être essayée avec un détonateur normalisé (voir l'appendice 1);
- b) Si la matière est destinée à déflagrer, elle doit être essayée avec un inflammateur juste suffisant (mais ne contenant pas plus de 30 g de poudre noire) pour assurer l'inflammation de la matière à l'intérieur d'un seul colis. L'inflammateur doit être placé au centre de la matière dans le colis;
- c) Les matières non destinées à être utilisées comme explosifs, mais provisoirement acceptées dans la classe 1, doivent être essayées avec le type de dispositif d'excitation avec lequel on a obtenu un résultat positif (+) lors de l'épreuve de type 6 a).

16.5.1.5 Pour les objets emballés et les objets non emballés<sup>2</sup> :

a) Objets pourvus de leur propre dispositif d'amorçage ou d'inflammation :

Le fonctionnement d'un objet au centre du colis situé au milieu de la pile est provoqué au moyen de son propre dispositif d'amorçage ou d'inflammation. Si cela n'est pas faisable, ce dernier est remplacé par un autre dispositif d'excitation ayant l'effet requis;

b) Objets non pourvus de leur propre dispositif d'amorçage ou d'inflammation :

i) On fait fonctionner un objet au centre du colis situé au milieu de la pile, de la manière prévue; ou

ii) On remplace un objet au centre du colis situé au milieu de la pile par un autre objet que l'on peut faire fonctionner avec le même effet.

16.5.1.6 Comme il a été dit plus haut, le point d'inflammation ou d'amorçage doit être situé dans un colis placé près du milieu de la pile. Les objets transportés sans emballage sont soumis à l'épreuve de la même manière que les objets emballés.

16.5.1.7 On met à feu le dispositif d'amorçage ou d'inflammation de la matière ou de l'objet et l'on observe les effets suivants : effets thermiques, projections, détonation, déflagration ou explosion de la totalité du contenu. ***Pour des raisons de sécurité, un certain délai d'attente, prescrit par l'organisme responsable des épreuves, doit être respecté après la mise à feu.*** Trois essais sont exécutés, à moins qu'un résultat déterminant (explosion de la totalité du contenu) ne soit obtenu lors du premier ou du deuxième. Si les résultats de ce nombre d'essai ne permettent pas d'aboutir à des conclusions précises, on exécute un plus grand nombre d'essais.

16.5.1.8 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

S'il y a explosion pratiquement instantanée du contenu de plus d'un colis ou emballage non emballé, l'objet doit être classé dans la division 1.1. Les critères d'un tel effet sont les suivants :

- a) La présence d'un cratère au sol nettement plus grand que celui résultant de l'explosion d'un seul colis ou objet non emballé;
- b) Des dégâts à la plaque témoin placée sous la pile sensiblement plus importants que ceux résultant de l'explosion d'un seul colis ou objet non emballé;
- c) Un effet de souffle mesuré nettement supérieur à celui résultant de l'explosion d'un seul colis ou objet non emballé;
- d) Une dislocation et une dispersion violentes de la majeure partie des matériaux de confinement.

Dans le cas contraire, on poursuit par une épreuve de type 6 c).

16.5.1.9 *Exemples de résultats*

Il n'est pas possible de donner d'exemples de résultats, car ceux-ci sont trop spécifiques au colis ou à l'objet éprouvés.

---

<sup>2</sup> Dans le cas d'objets contenant une très petite quantité de matières du groupe de compatibilité A uniquement, on doit amorcer simultanément un nombre suffisant de ces objets pour faire exploser une quantité d'explosif primaire au moins égale à 0,2 g.

**16.6 Série 6, type c) : Dispositions d'épreuve**

**16.6.1 Épreuve 6 c) : Épreuve du feu extérieur (brasier)**

16.6.1.1 *Introduction*

Cette épreuve est exécutée sur des colis de matière ou objets explosibles, ou sur des objets explosibles non emballés, pour déterminer s'il y a explosion en masse ou risque de projections dangereuses, de rayonnement calorifique intense ou de combustion violente, ou d'autres effets dangereux en cas d'incendie.

16.6.1.2 *Appareillage et matériels*

Les éléments nécessaires sont les suivants :

- a) Si le volume d'un colis de matière ou d'objets, ou d'un objet non emballé, est inférieur à 0,05 m<sup>3</sup>, un nombre suffisant de colis ou d'objets non emballés pour que le volume total soit d'au moins 0,15 m<sup>3</sup>;
- b) Si le volume d'un colis de matière ou d'objets, ou d'un objet non emballé, est égal ou supérieur à 0,05 m<sup>3</sup>, trois colis ou objets non emballés. Si le volume d'un colis ou d'un objet non emballé est supérieur à 0,15 m<sup>3</sup>, l'autorité compétente peut renoncer à faire appliquer la prescription selon laquelle trois colis ou objets non emballés doivent être éprouvés;
- c) Une grille métallique destinée à soutenir les produits au-dessus du feu dans une position permettant un chauffage efficace. Si l'on utilise un feu de lattes de bois entrecroisées, la grille doit être située à 1,0 m au-dessus du sol; si l'on utilise un feu d'hydrocarbure liquide, la grille doit être située à 0,5 m au-dessus du sol;
- d) Du feuillard ou du fil de fer pour assujettir ensemble, si nécessaire, les colis ou objets non emballés sur la grille;
- e) Assez de combustible pour entretenir un feu pendant au moins 30 minutes ou, si nécessaire, pendant une durée largement suffisante pour faire réagir la matière ou l'objet (voir 16.6.1.3.8);
- f) Des moyens d'allumage pour enflammer le combustible sur au moins deux côtés : pour un feu de lattes de bois, par exemple, on utilisera du kérosène pour imprégner le bois et un allumeur pyrotechnique avec des copeaux de bois;
- g) Trois écrans en aluminium de type 1100-0 (dureté Brinell 23, résistance à la traction 90 MPa), ou en un matériau équivalent, de 2 000 mm × 2 000 mm × 2 mm, jouant le rôle de témoins, avec des supports permettant de les maintenir en position verticale. Les écrans témoins doivent être fixés rigidement sur leur cadre. Lorsque plus d'un panneau est utilisé pour constituer un écran témoin, chaque panneau doit être maintenu le long de tous les joints;
- h) Des caméras cinématographiques ou vidéo, pour l'enregistrement en couleurs de l'essai, pouvant de préférence fonctionner à grande vitesse et à vitesse normale.

Des appareils de mesure de l'effet de souffle et du rayonnement, et un matériel d'enregistrement adaptés, peuvent aussi être utilisés.

### 16.6.1.3 *Mode opératoire*

16.6.1.3.1 Les colis ou objets non emballés, dans l'état et sous la forme où ils sont présentés au transport, sont disposés en nombre voulu sur la grille, le plus près possible les uns des autres. Les colis doivent être orientés de telle façon que la probabilité d'impact des projections sur les écrans témoins soit maximale. Si nécessaire, ils doivent être assujettis avec du feuillard d'acier pour les maintenir groupés pendant l'essai. Le combustible est placé sous la grille de telle manière que les colis ou objets non emballés soient enveloppés par les flammes. Il peut être nécessaire de prendre des mesures pour protéger le feu des effets du vent qui risquent d'entraîner des pertes de chaleur. Diverses méthodes peuvent être utilisées pour le chauffage : pile de lattes de bois entrecroisées, feu de combustible liquide ou gazeux, produisant des flammes ayant une température d'au moins 800 °C.

16.6.1.3.2 Une méthode recommandée est celle du feu de bois qui offre divers avantages : rapport air/combustible équilibré évitant le dégagement de fumées pouvant gêner l'observation, combustion d'une intensité suffisante et d'une durée permettant de faire réagir de nombreuses matières explosibles emballées dans un délai de 10 à 30 min. Ce feu peut par exemple être constitué de lattes de bois séchées à l'air (de section carrée d'environ 50 mm de côté), empilées en position entrecroisée sous la grille (hauteur : 1,0 m par rapport au sol) et montant jusqu'à la base de la grille qui porte les colis ou objets non emballés. Les lattes de bois doivent s'étendre au-delà du pourtour des colis ou objets non emballés jusqu'à au moins 1,0 m dans chaque direction horizontale et l'écart entre lattes devrait être d'environ 100 mm.

16.6.1.3.3 On peut également utiliser pour le chauffage un récipient rempli d'un combustible liquide ou une combinaison de combustible liquide et de bois, pour autant que les conditions d'essai soient aussi rigoureuses. Si l'on utilise un feu de combustible liquide, le récipient doit s'étendre au-delà du pourtour des colis ou objets non emballés jusqu'à au moins 1,0 m dans chaque direction. La distance verticale entre la grille et le récipient doit être d'environ 0,5 m. Avant de recourir à cette méthode, on doit cependant s'assurer qu'il ne risque pas de se produire un effet d'extinction, ou des réactions indésirables entre matières explosibles et combustible liquide qui puissent remettre en cause les résultats de l'essai.

16.6.1.3.4 Si l'on utilise du gaz comme combustible, la zone de combustion doit s'étendre au-delà des colis ou des objets non emballés à une distance d'au moins 1,0 m dans chaque direction. L'alimentation en gaz doit se faire de façon telle que la flamme soit distribuée uniformément autour des colis. Le réservoir de gaz doit être suffisamment grand pour entretenir les flammes pendant au moins 30 min. L'inflammation des gaz peut se faire soit par un dispositif pyrotechnique actionné à distance, soit par l'ouverture à distance de l'alimentation en gaz à proximité d'une source d'inflammation déjà allumée.

16.6.1.3.5 Les écrans témoins sont installés verticalement sur trois côtés de l'installation à une distance de 4,0 m du pourtour des colis ou objets non emballés. Sur le côté situé sous le vent il n'est pas utilisé d'écran car l'exposition prolongée aux flammes de la tôle d'aluminium risque de modifier sa résistance à la pénétration. Les tôles doivent être placées de telle manière que leur centre soit au même niveau que celui des colis ou objets non emballés sauf si ceux-ci sont à moins d'un mètre du sol, auquel cas les tôles doivent toucher le sol. Si elles présentent déjà des perforations ou traces d'impact avant l'essai, celles-ci doivent être repérées de manière bien visible pour pouvoir être distinguées de celles produites par le nouvel essai.

16.6.1.3.6 Le système d'allumage est mis en place et le combustible est allumé simultanément de deux côtés, dont l'un doit être le côté situé au vent. L'essai ne doit pas être exécuté par vent de vitesse dépassant 6 m/s. ***Un délai de sécurité suffisant, prescrit par l'organisme responsable des épreuves, doit être observé après l'extinction du feu.***

16.6.1.3.7 Les observations faites visent à constater les effets suivants :

- a) Signes d'explosion;
- b) Projections potentiellement dangereuses;
- c) Effets thermiques.

16.6.1.3.8 Un seul essai est normalement exécuté. Cependant, si l'on constate que le bois ou un autre combustible utilisé s'est consumé intégralement alors qu'il subsiste une quantité non négligeable de matière explosible non brûlée dans les cendres ou autour du foyer, on doit répéter l'essai en augmentant la quantité de combustible ou en changeant de méthode de chauffage, de manière à accroître l'intensité et/ou la durée du feu. Si les résultats de cet essai ne permettent toujours pas de déterminer avec précision la division de risque, on doit exécuter un nouvel essai.

16.6.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

16.6.1.4.1 Pour répondre aux questions de la figure 10.3 (cases 26, 28, 30, 32, 33, 35 et 36) en vue du classement du produit, on évalue les résultats en fonction des critères suivants.

16.6.1.4.2 S'il y a explosion en masse, le produit est classé dans la division 1.1. On considère qu'il y a explosion en masse si une proportion importante du contenu explose si bien qu'il y a lieu, pour l'évaluation du risque pratique, d'admettre qu'il y a explosion simultanée de la totalité du contenu explosif des colis ou objets non emballés.

16.6.1.4.3 S'il n'y a pas explosion en masse, mais que l'on observe l'un des effets suivants :

- a) une perforation de l'un au moins des trois écrans témoins verticaux (voir le paragraphe 16.6.1.3.5);
- b) une projection métallique d'une énergie cinétique supérieure à 20 J, évaluée par la relation masse-distance de la figure 16.6.1.1;

le produit est affecté à la division 1.2.

16.6.1.4.4 Si l'on ne constate aucun des effets justifiant un classement dans les divisions 1.1 ou 1.2, mais que l'on observe l'un des effets suivants :

- a) une boule de feu ou un jet de flamme s'étendant au-delà de l'un des trois écrans témoins;
- b) des projections de matière enflammée provenant du produit à plus de 15 m du pourtour des colis ou objets non emballés;
- c) une durée de combustion du produit inférieure à 35 s pour 100 kg de masse nette de matière explosible (voir les notes de 16.6.1.4.8 pour la correction des durées mesurées dans l'évaluation des effets du flux thermique); ou encore, dans le cas des objets et des matières à faible valeur énergétique, une densité de flux thermique due à la combustion du produit dépassant celle du foyer lui-même de plus de 4 kW/m<sup>2</sup> à une distance de 15 m du pourtour des colis ou objets non emballés. Cette densité est mesurée sur une durée de 5 s pendant la période de rayonnement maximal;

le produit est classé dans la division 1.3.

16.6.1.4.5 Si l'on ne constate aucun des effets justifiant un classement dans les divisions 1.1, 1.2 ou 1.3, mais que l'on observe l'un des effets suivants :

- a) une boule de feu ou un jet de flamme s'étendant à plus de 1 m des flammes du foyer;
- b) des projections de matières enflammées provenant du produit à plus de 5 m du pourtour des colis ou objets non emballés;
- c) une empreinte de plus de 4 mm sur l'un des écrans témoins;

- d) une projection métallique d'une énergie cinétique supérieure à 8 J, déterminée au moyen de la relation distance-masse de la figure 16.6.1.1;
- e) une durée de combustion du produit de moins de 330 s pour une masse nette de matière explosible de 100 kg (voir 16.6.1.4.8 : Notes pour la correction des durées mesurées dans l'évaluation des effets du flux thermique);

le produit est classé dans la division 1.4 et a un groupe de compatibilité autre que le groupe S.

16.6.1.4.6 Si l'on ne constate aucun des effets justifiant un classement dans l'une des divisions 1.1, 1.2, 1.3 ou 1.4 avec un groupe de compatibilité autre que S, les effets thermiques, de souffle ou de projection ne sont donc pas susceptibles d'entraver sérieusement la lutte contre le feu ou les autres interventions d'urgence au voisinage immédiat et si les effets dangereux demeurent contenus dans le colis, le produit est affecté à la division 1.4, groupe de compatibilité S.

16.6.1.4.7 S'il n'est observé aucun effet dangereux, le produit est soumis à un examen en vue de son exclusion de la classe 1. Trois cas sont envisageables (voir les cases 35 et 36 de la figure 10.3) :

- a) Si le produit est un objet fabriqué en vue d'un effet explosif ou pyrotechnique :
  - i) Et si l'on observe un effet extérieur à l'engin (projection, feu, fumée, chaleur ou bruit intense), celui-ci est jugé appartenir à la classe 1 et le produit tel qu'il est emballé est affecté à la division 1.4 et au groupe de compatibilité S. Le paragraphe 2.1.1.1 b) du Règlement type mentionne explicitement l'engin et non pas le colis; il est donc habituellement nécessaire d'effectuer cette évaluation sur la base d'une épreuve consistant à faire fonctionner l'engin sans emballage ni confinement. Parfois, les effets décrits sont observés lors de l'épreuve 6 c), auquel cas le produit doit être classé 1.4 S sans autre épreuve;
  - ii) Ou si l'on n'observe aucun effet extérieur à l'engin (projection, feu, fumée, chaleur ou bruit intense), l'engin non emballé est exclu de la classe 1, conformément aux dispositions du paragraphe 2.1.1.1 b) du Règlement type. Ce paragraphe mentionne explicitement l'engin et non pas le colis; il est donc habituellement nécessaire d'effectuer cette évaluation sur la base d'une épreuve consistant à faire fonctionner l'engin sans emballage ni confinement;
- b) Si le produit n'est pas fabriqué en vue d'un effet explosif ou pyrotechnique, il est exclu de la classe 1 conformément aux dispositions du paragraphe 2.1.1.1 du Règlement type.

16.6.1.4.8 Notes pour la correction des mesures de durée dans l'évaluation des effets du flux thermique

**NOTA 1:** La valeur de 35 s/100 kg (voir 16.6.1.4.4 c)) correspond à un flux thermique moyen de 4 kW/m<sup>2</sup> à 15 m et à une chaleur de combustion postulée de 12 500 J/g. Si la chaleur de combustion effective est nettement différente, la durée de combustion de 35 s peut être corrigée; par exemple, une chaleur de combustion effective de 8 372 J/g dégagée pendant  $(8\,372/12\,500) \times 35\text{ s} = 23,4\text{ s}$  produirait le même niveau de flux thermique. Des corrections pour les masses autres que 100 kg s'opèrent à l'aide des relations d'échelle et des exemples du tableau 16.2.

**2:** La valeur de 330 s/100 kg (voir 16.6.1.4.5 e)) correspond à un flux thermique moyen de 4 kW/m<sup>2</sup> à 5 m et repose sur une chaleur de combustion postulée de 12 500 J/g. Si la chaleur effective de combustion est nettement différente, la durée de combustion de 330 s peut être corrigée; par exemple, une chaleur de combustion effective de 8 372 J/g dégagée pendant  $(8\,372/12\,500) \times 330\text{ s} = 221\text{ s}$  produirait le même niveau de flux thermique. Les corrections pour les masses autres que 100 kg se font à l'aide des relations d'échelle et des exemples du tableau 16.2.

3: Dans certains essais de durée de combustion, on peut observer que la combustion des colis ou des objets ne se déroule pas de manière continue, mais par épisodes; on doit alors se baser sur les durées de combustion et les masses déterminées pour chaque épisode.

**Tableau 16.2 : FLUX THERMIQUES COMPARÉS POUR DIFFÉRENTES MASSES**

Masse (kg)	1.3/1.4		1.4/1.4S	
	Flux (à 15 m)	Durée de combustion (en s)	Flux (à 5 m)	Durée de combustion (en s)
20	1,36 kW/m <sup>2</sup>	21,7	1,36 kW/m <sup>2</sup>	195
50	2,5	29,6	2,5	266
100	4	35	4	330
200	6,3	46,3	6,3	419
500	11,7	63,3	11,7	569

**NOTA :** Les flux thermiques sont corrigés sur la base de  $(m/m_o)^{2/3}$ .  
Les durées sont corrigées sur la base de  $(m/m_o)^{1/3}$ .

Les flux thermiques peuvent être calculés au moyen de l'équation :

$$F = \frac{C \times E}{4\pi R^2 t}$$

où

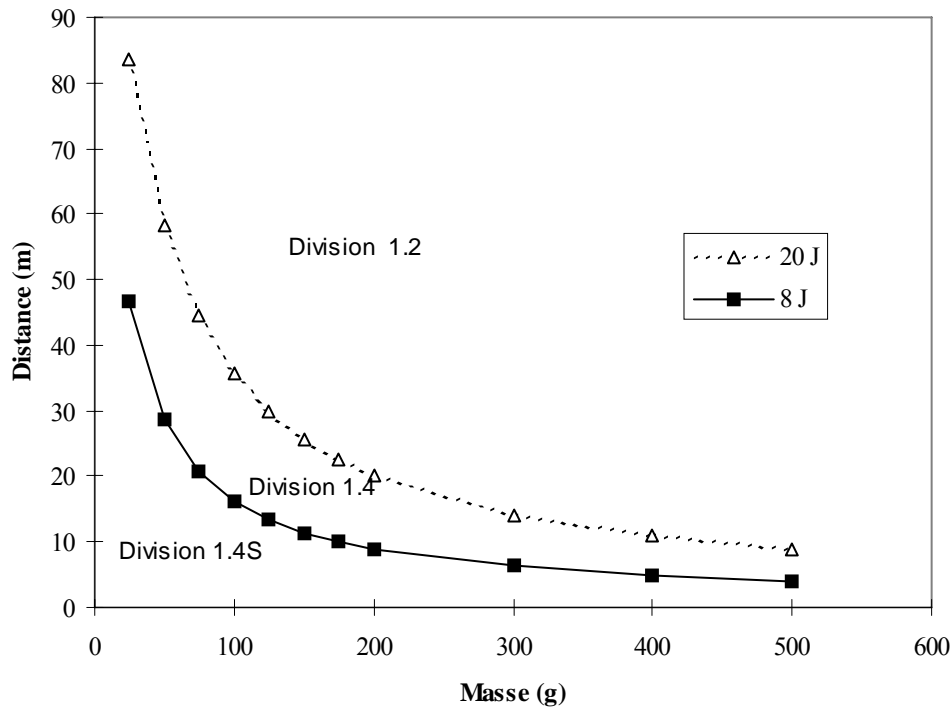
F	=	flux thermique en kW/m <sup>2</sup> ;
C	=	constante = 0,33;
E	=	valeur énergétique totale en joules;
R	=	distance des flammes à la position exposée, en mètres;
t	=	durée de combustion observée en secondes.

#### 16.6.1.5 Exemple de résultats

Matière	Emballage	Effet	Résultat
tert-Butyltrinitroxyène (Musc xylène)	3 × 50 kg fûts en carton	La matière brûle lentement	Ne relève pas de la classe 1



**Relation distance-masse**



Masse (g)	Distance de projection (m)	
	20 J	8 J
25	83,6	46,8
50	58,4	28,7
75	44,4	20,6
100	35,6	16,2
125	29,8	13,3
150	25,6	11,4
175	22,43	10
200	20	8,8
300	13,9	6,3
400	10,9	4,9
500	8,9	4,1

Exemple de valeurs pour projections métalliques douées d'une énergie cinétique de 20 J et 8 J

**Figure 16.6.1.1 : RELATION DISTANCE-MASSE POUR PROJECTIONS MÉTALLIQUES DOUÉES D'UNE ÉNERGIE CINÉTIQUE DE 20 J ET 8 J <sup>3</sup>**

<sup>3</sup> Les données de la figure 16.6.1.1 correspondent aux projections métalliques. Les projections non métalliques donneront d'autres résultats et peuvent être dangereuses. Les risques liés aux projections non métalliques devraient aussi être pris en considération.

**16.7 Série 6, type d) : Dispositions d'épreuve**

**16.7.1 Épreuve 6 d) : Épreuve sur un colis sans confinement**

16.7.1.1 *Introduction*

Il s'agit d'une épreuve exécutée sur un seul colis en vue de déterminer si une inflammation accidentelle ou un amorçage accidentel du contenu entraîne des effets dangereux à l'extérieur du colis.

16.7.1.2 *Appareillage et matériels*

Les éléments nécessaires sont les suivants :

- a) Un détonateur pour amorcer l'objet; ou
- b) Un inflammateur juste suffisant pour assurer l'inflammation de la matière ou de l'objet; et
- c) Une tôle d'acier doux de 3 mm d'épaisseur qui servira de plaque témoin.

On peut utiliser un équipement vidéo.

16.7.1.3 *Mode opératoire*

16.7.1.3.1 L'épreuve est exécutée sur les colis d'objets explosibles dans l'état et sous la forme où ils sont présentés au transport. Lorsque les objets explosibles doivent être transportés sans emballage, les épreuves doivent être effectuées sur les objets non emballés. Le choix d'une excitation par amorçage ou par inflammation se fait en fonction des considérations suivantes.

16.7.1.3.2 Pour les objets emballés :

- a) Objets pourvus de leur propre dispositif d'amorçage ou d'inflammation :  
Le fonctionnement d'un objet au centre du colis est provoqué au moyen de son propre dispositif d'amorçage ou d'inflammation. Si cela n'est pas faisable, ce dernier est remplacé par un autre dispositif d'excitation ayant l'effet requis;
- b) Objets non pourvus de leur propre dispositif d'amorçage ou d'inflammation :
  - i) on fait fonctionner un objet au centre du colis, de la manière prévue; ou
  - ii) on remplace un objet au centre du colis par un autre objet que l'on peut faire fonctionner avec le même effet.

16.7.1.3.3 Le colis est placé sur une plaque témoin en acier posée au sol sans confinement.

16.7.1.3.4 On met à feu l'objet excitateur et l'on observe les effets suivants : bosselure ou perforation de la plaque témoin sous le colis, éclair ou flamme susceptibles d'enflammer des matériaux adjacents, rupture du colis entraînant des projections du contenu explosible ou perforation complète de l'emballage par une projection. Pour des raisons de sécurité, un certain délai d'attente, prescrit par l'organisme responsable des épreuves, doit être respecté après la mise à feu. Trois essais sont exécutés, dans des orientations différentes, à moins qu'un résultat déterminant ne soit observé lors du premier ou du deuxième essai. Si les résultats de ce nombre d'essais ne permettent pas d'aboutir à des conclusions précises, on exécute un plus grand nombre d'essais.

16.7.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Pour l'inclusion dans le groupe de compatibilité S, il est exigé que tout effet dangereux résultant du fonctionnement d'objets dans cette épreuve demeure contenu dans le colis. Il y a effet dangereux à l'extérieur du colis si l'on observe l'un des faits suivants :

- a) Bosselure ou perforation de la plaque témoin sous le colis;
- b) Un éclair ou une flamme susceptible d'enflammer des matériaux adjacents, par exemple une feuille de papier de  $80 \pm 3 \text{ g/m}^2$  placée à une distance de 25 cm du colis;
- c) Rupture du colis entraînant des projections du contenu explosible; ou
- d) Des projections qui traversent entièrement l'emballage (les projections ou fragments qui restent dans ou sur la paroi de l'emballage sont considérés comme non dangereux).

Lors de l'évaluation des résultats d'épreuve, l'autorité compétente peut souhaiter tenir compte des effets imputables aux dispositifs d'excitation si elle estime que ces effets sont significatifs par rapport à ceux provoqués par l'objet soumis à l'épreuve. Si l'on observe des effets dangereux à l'extérieur du colis, le produit est alors exclu du groupe de compatibilité S.

#### 16.7.1.5 Exemples de résultats

Objet	Emballage	Dispositif d'excitation	Effet	Résultat
Cartouches pour pyromécanismes	Caisse en carton renfermant 20 objets (contenant 300 g de poudre chacun) enveloppés chacun dans un sac en plastique	L'un des objets	Inflammation des objets les uns après les autres avec production à l'extérieur du colis de flammes pouvant atteindre 2 m de haut	Ne peut pas être classé dans le groupe de compatibilité S
Assemblages de détonateurs non électriques	Caisse en carton renfermant 60 assemblages enveloppés chacun dans un sac en plastique. Tube conducteur d'onde de choc enroulé en forme de huit et détonateurs équipés d'atténuateurs	L'un des objets	Mise à feu d'un détonateur sur 60 et aucun effet visible à l'extérieur de la caisse	Peut être classé dans le groupe de compatibilité S
Détonateurs électriques	Caisse en carton renfermant 84 assemblages, embobinés chacun dans leur fil de manière à atténuer l'explosion provoquée par le détonateur	L'un des objets	Mise à feu d'un détonateur sur 84. La réaction a provoqué l'ouverture de la caisse et l'éparpillement de certains assemblages, mais il a été estimé qu'il n'y avait pas de risque d'effets dangereux à l'extérieur du colis	Peut être classé dans le groupe de compatibilité S
Charges creuses (perforateurs à charges creuses de 19 g)	Caisse en carton renfermant 50 charges sur deux couches disposées en vis-à-vis	Détonateur pourvu de 60 mm de cordeau détonnant	Trois essais effectués. Chaque fois, la plaque témoin a été perforée suite à la réaction de 3 à 4 charges. Les colis ont explosé et les charges restantes ont été éparpillées	Ne peut pas être classé dans le groupe de compatibilité S
Détonateurs électriques	Caisse en carton renfermant 50 détonateurs pourvus chacun d'un fil conducteur de 450 mm. Chaque assemblage a été contenu dans sa propre boîte intérieure en carton. Les boîtes étaient séparées par des cloisons en carton	L'un des objets	Mise à feu d'un sur 50 détonateurs. Ouverture des rabats de la boîte. Aucun risque d'effets dangereux à l'extérieur du colis	Peut être classé dans le groupe de compatibilité S



## SECTION 17

### ÉPREUVES DE LA SÉRIE 7

#### 17.1 Introduction

À la question "S'agit-il d'un objet explosible extrêmement peu sensible ?" (case 40 de la figure 10.3) il est répondu selon les résultats d'épreuves de la série 7; toute matière susceptible d'être classée dans la division 1.6 doit subir chacune des dix épreuves de la série avec un résultat négatif. Les épreuves des six premiers types (7 a) à 7 f)) servent à déterminer s'il s'agit d'une matière détonante extrêmement peu sensible (MDEPS) et celle des quatre derniers types (7 g), 7 h) et 7 k)) si un objet contenant une MDEPS peut être affecté à la division 1.6. Les dix types d'épreuves sont :

- Type 7 a) épreuve d'excitation par onde de choc pour déterminer la sensibilité à une sollicitation mécanique intense;
- Type 7 b) épreuve d'excitation avec relais détonant et confinement défini pour déterminer la sensibilité à une onde de choc;
- Type 7 c) épreuve pour déterminer l'aptitude d'une matière explosible à se dégrader dangereusement sous l'effet d'un impact;
- Type 7 d) épreuve pour déterminer la réaction d'une matière explosible à l'impact et à la perforation par un projectile d'énergie donnée;
- Type 7 e) épreuve pour déterminer la réaction à un feu extérieur d'une matière explosible confinée;
- Type 7 f) épreuve pour déterminer la réaction d'une matière explosible soumise à une température externe qui augmente lentement jusqu'à 365 °C;
- Type 7 g) épreuve pour déterminer la réaction à un feu extérieur d'un objet tel qu'il est présenté au transport;
- Type 7 h) épreuve pour déterminer la réaction d'un objet soumis à une température qui augmente lentement jusqu'à 365 °C;
- Type 7 j) épreuve pour déterminer la réaction d'un objet à l'impact et à la pénétration par un projectile d'énergie donnée;
- Type 7 k) épreuve pour déterminer si la détonation d'un objet amorce une détonation dans un objet adjacent identique.

À la question de la case 40 il est répondu "non" si l'une quelconque des épreuves de la série 7 fournit un résultat positif (+).

#### 17.2 Méthodes d'épreuve

Les méthodes d'épreuve de cette série actuellement utilisées sont énumérées au tableau 17.1.

**Tableau 17.1 : MÉTHODES DE LA SÉRIE 7**

Code	Nom de l'épreuve	Section
<b>Épreuves s'appliquant aux matières</b>		
7 a)	Épreuve de sensibilité à l'amorce pour les MDEPS <sup>a</sup>	17.4.1
7 b)	Épreuve d'amorçage de la détonation pour les MDEPS <sup>a</sup>	17.5.1
7 c) i)	Épreuve d'impact "Susan"	17.6.1
7 c) ii)	Épreuve de friabilité <sup>a</sup>	17.6.2
7 d) i)	Épreuve de l'impact de balle pour les MDEPS <sup>a</sup>	17.7.1
7 d) ii)	Épreuve de friabilité	17.7.2
7 e)	Épreuve du feu extérieur pour les MDEPS <sup>a</sup>	17.8.1
7 f)	Épreuve de chauffage lent pour les MDEPS <sup>a</sup>	17.9.1
<b>Épreuves s'appliquant aux objets</b>		
7 g)	Épreuve du feu extérieur pour les objets de la division 1.6 <sup>a</sup>	17.10.1
7 h)	Épreuve de chauffage lent pour les objets de la division 1.6 <sup>a</sup>	17.11.1
7 j)	Épreuve de l'impact de balle pour les objets de la division 1.6 <sup>a</sup>	17.12.1
7 k)	Épreuve sur une pile d'objets pour les objets de la division 1.6 <sup>a</sup>	17.13.1

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

### 17.3 Conditions d'épreuve

17.3.1 Une matière destinée à être utilisée comme charge explosive d'un objet de la division 1.6 devra être soumise aux épreuves des séries 3 et 7. Pour les épreuves de la série 7, la matière doit se présenter sous la forme (du point de vue de la composition, de la granulométrie, de la densité, etc.) qu'elle doit avoir dans l'objet.

17.3.2 Un objet susceptible d'être classé dans la division 1.6 ne doit subir les épreuves de la série 7 qu'après que sa charge explosive ait elle-même subi les épreuves 7 a) à 7 f) pour déterminer s'il s'agit d'une MDEPS.

17.3.3 Pour déterminer si un objet chargé avec une MDEPS est un objet de la division 1.6, on effectue les épreuves 7 g), 7 h), 7 j) et 7 k). Ces épreuves sont à exécuter sur les objets dans l'état et sous la forme où ils sont présentés au transport, sauf que les composants non explosifs peuvent être omis ou simulés si l'autorité compétente estime que cela ne modifie pas la validité des résultats des épreuves.

**17.4 Série 7, type a) : Dispositions d'épreuve**

**17.4.1 Épreuve 7 a) : Épreuve de sensibilité à l'amorce pour les MDEPS**

17.4.1.1 *Introduction*

Cette épreuve d'amorçage par onde de choc vise à déterminer la sensibilité d'une matière susceptible d'être considérée comme MDEPS à une sollicitation mécanique intense.

17.4.1.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif d'essai est le même que pour l'épreuve 5 a) (voir le paragraphe 15.4.1).

17.4.1.3 *Mode opératoire*

Le mode opératoire est le même que pour l'épreuve 5 a) (voir le paragraphe 15.4.1).

17.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière ne doit pas être classée comme MDEPS si, au cours de l'un des essais :

- a) La plaque témoin est arrachée ou autrement perforée (si l'on voit le jour à travers la plaque) - des renflements, fissures ou plis dans la plaque témoin n'indiquent pas qu'il y a sensibilité à l'amorce; ou
- b) Le cylindre de plomb est comprimé en son centre d'une longueur de 3,2 mm ou plus par rapport à sa longueur initiale.

Autrement, on considère que le résultat est négatif (-).

17.4.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
Octogène/liant inerte (86/14), moulé	-
Octogène/liant énergétique (80/20), moulé	+
Octogène/aluminium/liant énergétique (51/19/14), moulé	-
Hexogène/TNT (60/40), moulé	+
TATB/Kel-F(95/5), comprimé	-

## 17.5 Série 7, type b) : Dispositions d'épreuve

### 17.5.1 Épreuve 7 b) : Épreuve d'amorçage de la détonation pour les MDEPS

#### 17.5.1.1 Introduction

Cette épreuve est utilisée pour mesurer la sensibilité d'une matière susceptible d'être considérée comme une MDEPS à une onde de détonation d'intensité donnée, c'est-à-dire avec charge excitatrice et barrière spécifiées.

#### 17.5.1.2 Appareillage et matériels

Le dispositif d'épreuve se compose d'une charge explosive excitatrice, d'une barrière, d'un tube contenant la charge à éprouver et d'une plaque témoin en acier (cible).

On utilise le matériel suivant :

- a) Un détonateur normalisé ONU ou équivalent;
- b) Un comprimé de pentolite 50/50 ou d'hexocire 95/5, de 95 mm de diamètre et de 95 mm de long, ayant une masse volumique de  $1\,600\text{ kg/m}^3 \pm 50\text{ kg/m}^3$ ;
- c) Un tube d'acier étiré à froid, sans soudure, de 95 mm de diamètre extérieur, de  $11,1\text{ mm} \pm 10\%$  d'épaisseur de paroi et de 280 mm de long, ayant les caractéristiques mécaniques suivantes :
  - Résistance à la traction = 420 MPa ( $\pm 20\%$ )
  - Allongement (%) = 22 ( $\pm 20\%$ )
  - Dureté Brinell = 125 ( $\pm 20\%$ ).
- d) Un échantillon de matière à éprouver, usiné à un diamètre juste inférieur au diamètre du tube d'acier. L'intervalle d'air entre l'échantillon et la paroi du tube doit être aussi réduit que possible;
- e) Un tronçon de barreau de polyméthacrylate de méthyle (PMMA) moulé de 95 mm de diamètre et de 70 mm de long;
- f) Une plaque d'acier doux de  $200\text{ mm} \times 200\text{ mm} \times 20\text{ mm}$  et de caractéristiques mécaniques suivantes :
  - Résistance à la traction = 580 MPa ( $\pm 20\%$ )
  - Allongement (%) = 21 ( $\pm 20\%$ )
  - Dureté Brinell = 160 ( $\pm 20\%$ )
- g) Un tube en carton de 97 mm de diamètre intérieur et de 443 mm de long;
- h) Un bloc de bois de 95 mm de diamètre et de 25 mm d'épaisseur percé d'un trou central pour maintenir le détonateur.



17.5.1.3 *Mode opératoire*

17.5.1.3.1 Comme il est indiqué sur la figure 17.5.1.1, le détonateur, la charge excitatrice, la barrière et l'échantillon à éprouver sont empilés coaxialement au centre de la plaque témoin. Un intervalle de 1,6 mm d'air est maintenu entre l'extrémité libre de l'échantillon et la plaque témoin à l'aide de cales adaptées qui ne doivent pas empiéter sur l'échantillon. On doit veiller à un bon contact entre le détonateur et la charge excitatrice, entre celle-ci et la barrière et entre la barrière et l'échantillon. L'échantillon et la charge excitatrice doivent être à la température ambiante au moment de l'épreuve.

17.5.1.3.2 Pour faciliter la récupération des fragments de la plaque témoin, l'ensemble du dispositif peut être placé au-dessus d'un récipient d'eau avec un intervalle d'air de 10 cm au moins entre la surface de l'eau et la face inférieure de la plaque témoin, laquelle doit être soutenue sur deux de ses côtés seulement.

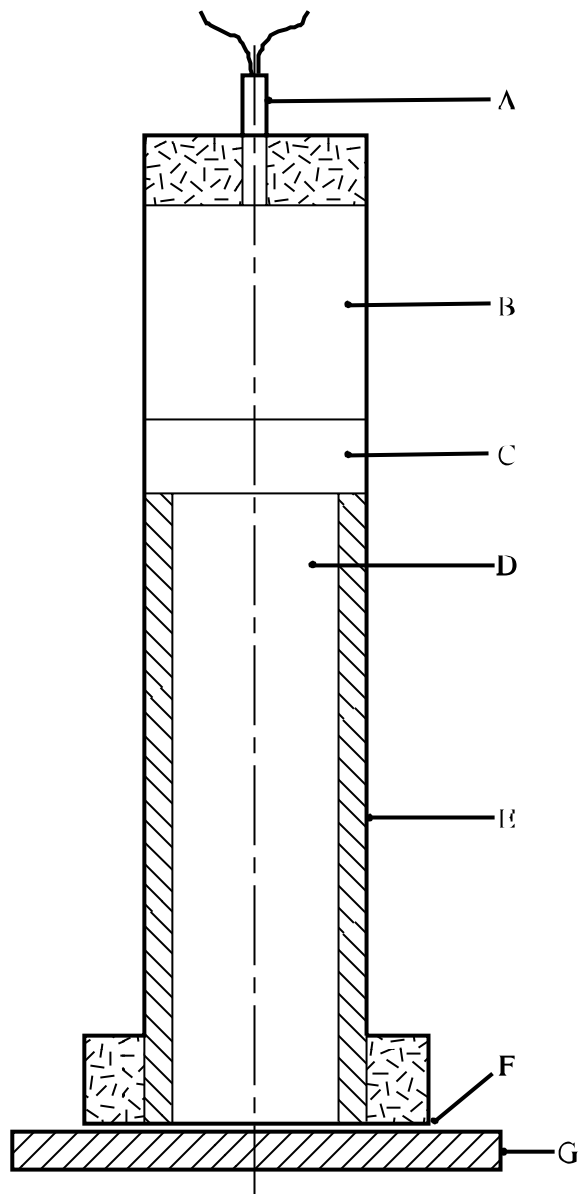
17.5.1.3.3 D'autres méthodes de récupération des fragments peuvent être utilisées, mais il importe de ménager sous la plaque témoin un espace suffisant de façon à ne pas contrarier l'effet de perforation de la plaque. L'épreuve est exécutée trois fois, à moins qu'un résultat positif ne soit constaté à la première ou à la deuxième.

17.5.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Un trou net percé à travers la plaque indique qu'une détonation a été amorcée dans l'échantillon. Une matière qui détone au cours de l'un des essais n'est pas une MDEPS et le résultat est considéré comme positif (+).

17.5.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
Octogène/liant inerte (86/14), moulé	+
Octogène/liant énergétique (80/20), moulé	+
Octogène/aluminium/liant énergétique (51/19/14), moulé	+
Hexogène/liant inerte (85/15), moulé	+
Hexogène/TNT (60/40), moulé	+
TATB/Kel-F (95/5), comprimé	-
TNT, moulé	+



---

(A)	Détonateur	(B)	Charge excitatrice
(C)	Barrière de PMMA	(D)	Échantillon
(E)	Tube en acier	(F)	Intervalle d'air
(G)	Plaque témoin		

---

**Figure 17.5.1.1 : ÉPREUVE D'AMORCAGE DE LA DÉTONATION POUR MDEPS**

**17.6 Série 7, type c) : Dispositions d'épreuve**

**17.6.1 Épreuve 7 c) i) : Épreuve d'impact "SUSAN"**

17.6.1.6 *Introduction*

L'épreuve d'impact "SUSAN" a pour objet de déterminer le degré de réaction explosive sous l'effet d'un impact à grande vitesse. On procède à cette épreuve en chargeant les matières explosibles dans des projectiles normalisés et en tirant ces projectiles sur une cible à une vitesse déterminée.

17.6.1.2 *Appareillage et matériels*

17.6.1.2.1 On utilise des pastilles cylindriques d'explosif de 51 mm de diamètre et 102 mm de long, produites par les techniques classiques.

17.6.1.2.2 L'épreuve "SUSAN" utilise les projectiles décrits à la figure 17.6.1.1. Le projectile pèse 5,4 kg prêt au tir et contient environ 0,45 kg d'explosif. Ses dimensions extérieures sont de 81,3 mm de diamètre et 220 mm de long.

17.6.1.2.3 Les projectiles sont tirés dans un canon à âme lisse de calibre 81,3 mm. La bouche du canon se trouve à 4,65 m d'une plaque d'acier à blindage à surface lisse, de 64 mm d'épaisseur, qui sert de cible. La vitesse d'impact du projectile est obtenue par adaptation des charges propulsives dans le canon.

17.6.1.2.4 La figure 17.6.1.2 donne le schéma du dispositif de tir avec l'emplacement du canon par rapport à la cible et les positions relatives des appareils de contrôle. La trajectoire se trouve à environ 1,2 m au-dessus du sol.

17.6.1.2.5 L'aire de tir est équipée de capteurs de pression étalonnés et d'appareils d'enregistrement. Le système d'enregistrement des pressions doit avoir une fréquence de réponse s'étendant jusqu'à au moins 20 kHz. On mesure les vitesses d'impact et les surpressions d'onde de choc aérienne. Les pressions sont mesurées à une distance de 3,05 m du point d'impact (capteurs (C) sur la figure 17.6.1.2).

17.6.1.3 *Mode opératoire*

17.6.1.3.1 La charge propulsive dans le canon est ajustée de façon à lancer le projectile à la vitesse de 333 m/s. On exécute le tir et on enregistre la vitesse d'impact ainsi que la surpression résultant de la réaction de la matière à l'impact. Si on n'obtient pas une vitesse de 333 m/s (+ 10 %, - 0 %), on ajuste la quantité de poudre propulsive et on recommence l'épreuve.

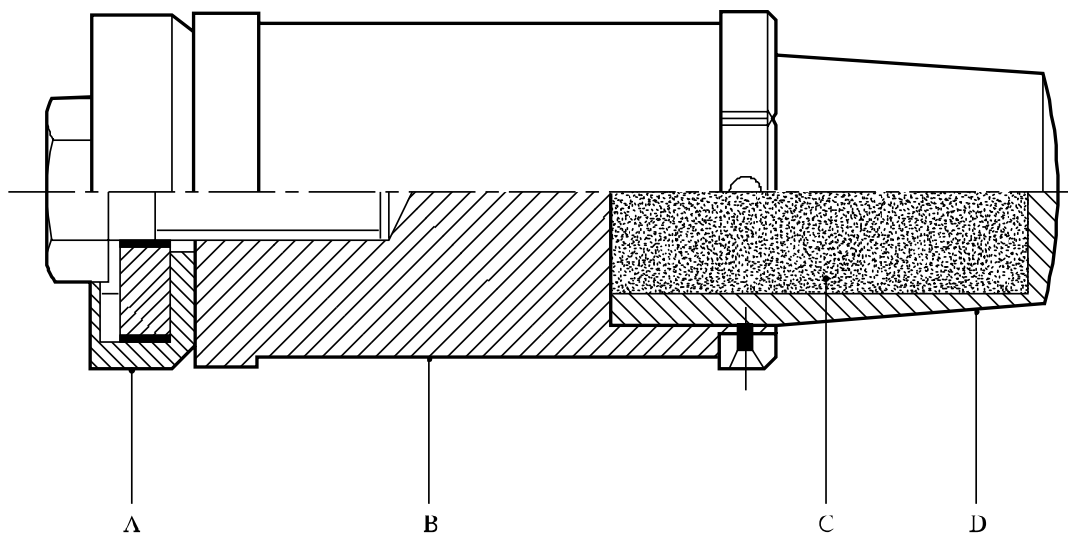
17.6.1.3.2 Dès que l'on a obtenu une vitesse d'impact de 333 m/s, l'épreuve est répétée jusqu'à l'obtention d'enregistrements pression/temps satisfaisants sur au moins cinq tirs différents. Pour chacun de ces tirs reconnus valables, la vitesse d'impact doit être de 333 m/s (+ 10 %, - 0 %).

17.6.1.4 *Critères d'épreuve et méthodes d'évaluation des résultats*

On enregistre la surpression maximale (effet de souffle) pour chaque tir. On détermine la moyenne des pressions maximales obtenues lors des cinq tirs reconnus valables. Si la pression moyenne ainsi obtenue est supérieure ou égale à 27 kPa, la matière n'est pas une MDEPS et le résultat est considéré comme positif (+).

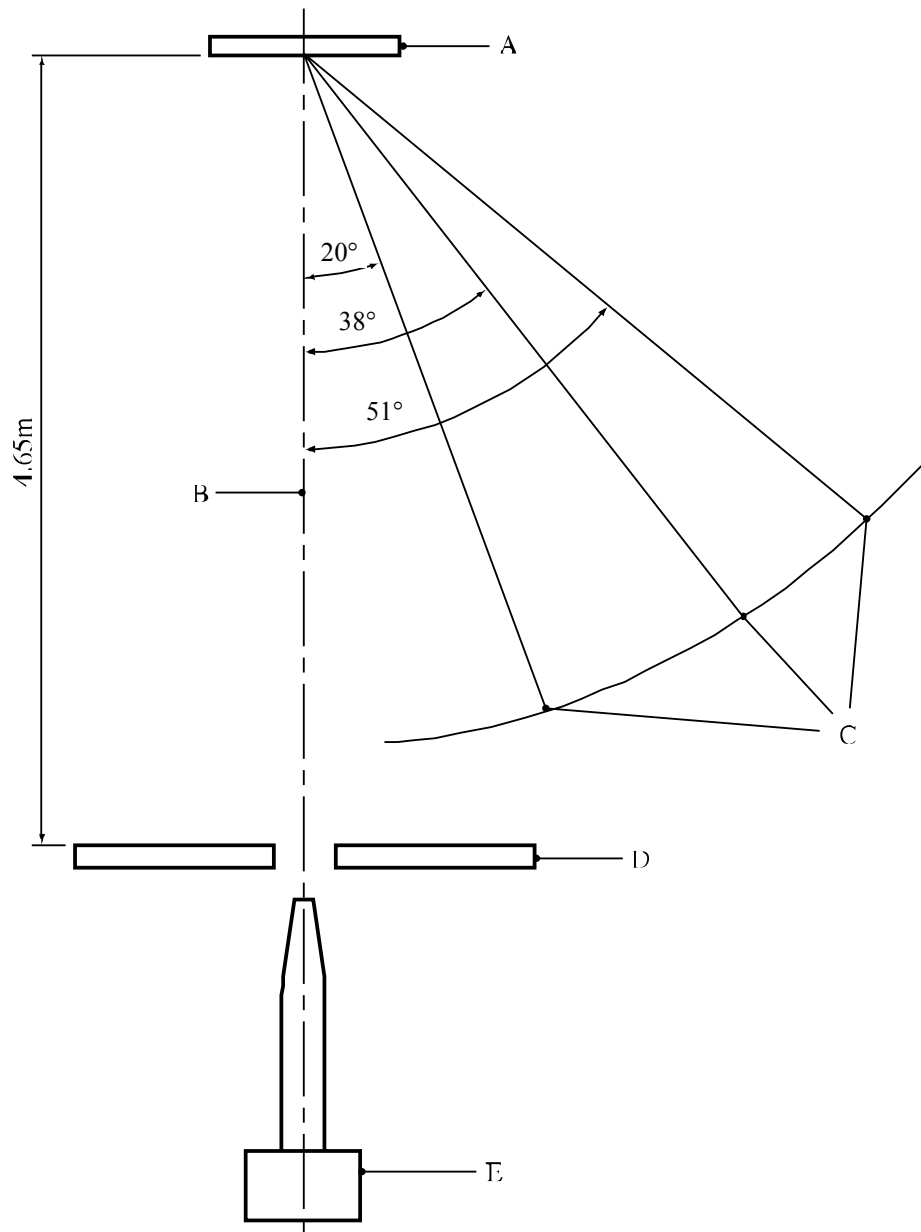
17.6.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
Octogène/liant inerte (86/14), moulé	-
Octogène/liant énergétique (80/20), moulé	+
Octogène/aluminium/liant énergétique (51/19/14), moulé	+
Hexogène/TNT (60/40), moulé	+
TATB/Kel-F (95/5), comprimé	-



- 
- (A) Joint en cuir
  - (B) Corps en acier
  - (C) Explosif éprouvé
  - (D) Coiffe en aluminium
- 

**Figure 17.6.1.1 : PROJECTILE DE L'ÉPREUVE "SUSAN"**



- 
- (A) Plaque de blindage (64 mm d'épaisseur)
  - (B) Trajectoire
  - (C) Capteurs de mesure de souffle (à 3,05 m du point d'impact)
  - (D) Écran pare-fumée
  - (E) Canon de 81,3 mm
- 

**Figure 17.6.1.2 : SCHÉMA DE PRINCIPE DU SITE DE TIR (vue en élévation)**

## 17.6.2 *Épreuve 7 c) ii) : Épreuve de friabilité*

### 17.6.2.1 *Introduction*

L'épreuve de friabilité sert à déterminer l'aptitude d'une matière compacte susceptible d'être considérée comme MDEPS à se dégrader dangereusement sous l'effet d'un choc.

### 17.6.2.2 *Appareillage et matériels*

On utilise le matériel suivant :

- a) Une arme permettant de projeter des échantillons de matière cylindriques de 18 mm de diamètre à la vitesse de 150 m/s;
- b) Une plaque d'acier inoxydable Z30 C 13 d'épaisseur 20 mm et dont la face avant a une rugosité de 3,2 microns (normes AFNOR NF E 05-015 et NF E 05-016);
- c) Une bombe manométrique de  $108 \pm 0,5 \text{ cm}^3$  maintenue à 20 °C;
- d) Une capsule d'allumage contenant 0,5 g de poudre noire d'une granulométrie moyenne de 0,75 mm et une boucle de fil chauffant. La composition de la poudre noire doit être la suivante : 74 % de nitrate de potassium, 10,5 % de soufre et 15,5 % de carbone. Sa teneur en humidité doit être inférieure à 1 %;
- e) Un échantillon cylindrique de matière compacte, de  $18 \pm 0,1 \text{ mm}$  de diamètre. Sa longueur est ajustée de façon à obtenir une masse de  $9,0 \pm 0,1 \text{ g}$ . L'échantillon est maintenu à la température de 20 °C;
- f) Une boîte pour la récupération des fragments.

### 17.6.2.3 *Mode opératoire*

17.6.2.3.1 L'échantillon est projeté contre la plaque d'acier avec une vitesse initiale suffisante pour obtenir à l'impact une vitesse aussi proche que possible de 150 m/s. La masse des fragments recueillis après le choc doit être d'au moins 8,8 g. Ces fragments sont mis à feu dans une bombe manométrique. L'épreuve est exécutée trois fois.

17.6.2.3.2 On enregistre la courbe de pression en fonction du temps,  $p = f(t)$ , ce qui permet de construire la courbe  $(dp/dt) = f'(t)$ , de laquelle on tire la valeur  $(dp/dt)_{\max}$ . La valeur  $(dp/dt)_{\max}$  correspondant à la vitesse d'impact de 150 m/s est alors déterminée.

### 17.6.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Si la moyenne des valeurs maximales  $(dp/dt)_{\max}$  obtenue à la vitesse d'impact de 150 m/s est supérieure à 15 MPa/ms, la matière éprouvée n'est pas une MDEPS et le résultat est considéré comme positif (+).

### 17.6.2.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
Octogène/liant inerte (86/14), moulé	-
Octogène/liant énergétique (80/20), moulé	+
Octogène/aluminium/liant énergétique (51/19/14), moulé	-
Hexogène/TNT (60/40), moulé	+
TATB/Kel-F (95/5), comprimé	-

**17.7 Série 7, type d) : Dispositions d'épreuve****17.7.1 Épreuve 7 d) i) : Épreuve de l'impact de balle pour MDEPS****17.7.1.1 Introduction**

L'épreuve de l'impact de balle vise à évaluer la réaction d'une matière susceptible d'être considérée comme MDEPS au transfert d'énergie cinétique associé à l'impact et à la perforation par un projectile d'énergie donnée (balle de 12,7 mm lancée à une vitesse déterminée).

**17.7.1.2 Appareillage et matériels**

17.7.1.2.1 On utilise des échantillons d'explosif produits selon des techniques classiques. Les échantillons doivent avoir une longueur de 20 cm et un diamètre permettant un ajustage serré dans un tube en acier sans soudure d'un diamètre intérieur nominal de 45 mm ( $\pm 10\%$ ), d'une épaisseur de 4 mm ( $\pm 10\%$ ) et d'une longueur de 200 mm. Les tubes sont fermés par des couvercles d'acier ou de fonte, de résistance au moins égale à celle du tube, serrés au couple de 204 Nm.

17.7.1.2.2 Le projectile est une balle perforante normale de 12,7 mm d'une masse de 0,046 kg, tiré par une arme de même calibre à la vitesse nominale d'environ  $840 \pm 40$  m/s.

**17.7.1.3 Mode opératoire**

17.7.1.3.1 Pour les épreuves, on doit produire au moins six spécimens d'essai (matière à éprouver dans son tube en acier fermé par les couvercles).

17.7.1.3.2 Chaque spécimen d'essai est fixé sur un support adéquat à une certaine distance de la bouche de l'arme. Il doit être solidement maintenu par un dispositif de serrage sur le support. Ce dispositif doit pouvoir empêcher l'objet d'être délogé sous l'impact de la balle.

17.7.1.3.3 L'épreuve consiste à tirer un projectile sur chaque spécimen. Il doit être effectué trois essais au moins avec l'objet orienté de façon que son axe longitudinal soit perpendiculaire à la trajectoire (impact sur le côté du tube). Il doit aussi en être effectué trois au moins avec l'objet orienté de façon que son axe longitudinal soit parallèle à la trajectoire (impact sur l'un des couvercles).

17.7.1.3.4 Les restes du tube d'essai sont récupérés. La fragmentation totale du tube indique qu'il y a eu explosion ou détonation.

**17.7.1.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats**

Une matière qui explose ou détone au cours d'un essai n'est pas une MDEPS et le résultat est considéré comme positif (+).

**17.7.1.5 Exemples de résultats**

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
Octogène/liant inerte (86/14), moulé	-
Octogène/liant énergétique (80/20), moulé	+
Octogène/Aluminium/liant énergétique (51/19/14), moulé	-
Hexogène/TNT (60/40), moulé	+
TATB/Kel-F (95/5), comprimé	-



## 17.7.2 *Épreuve 7 d) ii) : Épreuve de friabilité*

### 17.7.2.1 *Introduction*

L'épreuve de friabilité sert à évaluer la réaction d'une matière susceptible d'être considérée comme MDEPS au transfert d'énergie cinétique associé à l'impact et à la pénétration d'un projectile d'énergie donnée, se déplaçant à une vitesse donnée.

### 17.7.2.2 *Appareillage et matériels*

On utilise le matériel suivant :

- a) Une arme permettant de projeter des échantillons cylindriques de 18 mm de diamètre à la vitesse de 150 m/s;
- b) Une plaque d'acier inoxydable Z30 C 13 d'épaisseur 20 mm et dont la face avant a une rugosité de 3,2 microns (normes AFNOR NF E 05-015 et NF E 05-16);
- c) Une bombe manométrique de  $108 \pm 0,5 \text{ cm}^3$  maintenue à 20 °C;
- d) Une cartouche d'allumage contenant 0,5 g de poudre noire d'une granulométrie moyenne de 0,75 mm et une boucle de fil chauffant. La poudre noire doit avoir la composition suivante : nitrate de potassium 74 %, soufre 10,5 %, carbone 15,5 %. Sa teneur en humidité doit être inférieure à 1 %;
- e) Un échantillon cylindrique de matière compacte, de  $18 \pm 0,1 \text{ mm}$  de diamètre. Sa longueur est ajustée de façon à obtenir une masse de  $9,0 \pm 0,1 \text{ g}$ . L'échantillon est maintenu à la température de 20 °C;
- f) Une boîte pour la récupération des fragments.

### 17.7.2.3 *Mode opératoire*

17.7.2.3.1 L'échantillon est projeté contre la plaque d'acier avec une vitesse initiale suffisante pour obtenir à l'impact une vitesse aussi proche que possible de 150 m/s. La masse des fragments recueillis après le choc doit être d'au moins 8,8 g. Ces fragments sont mis à feu dans une bombe manométrique. L'épreuve est exécutée trois fois.

17.7.2.3.2 On enregistre la courbe de pression en fonction du temps,  $p = f(t)$ ; ce qui permet de construire la courbe  $(dp/dt) = f(t)$ , de laquelle on tire la valeur  $(dp/dt)_{\text{max}}$ . La valeur  $(dp/dt)_{\text{max}}$  correspondant à la vitesse d'impact de 150 m/s est alors déterminée.

### 17.7.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Si la moyenne des valeurs maximales  $(dp/dt)_{\text{max}}$  obtenue à la vitesse d'impact de 150 m/s est supérieure à 15 MPa/ms, la matière éprouvée n'est pas une MDEPS et le résultat est considéré comme positif (+).

### 17.7.2.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
Octogène/liant inerte (86/14), moulé	-
Octogène/liant énergétique (80/20), moulé	+
Octogène/aluminium/liant énergétique (51/19/14), moulé	-
Hexogène/TNT (60/40), moulé	+
TATB/Kel-F (95/5), comprimé	-

**17.8 Série 7, type e) : Dispositions d'épreuve****17.8.1 Épreuve 7 e) : Épreuve du feu extérieur pour les MDEPS**17.8.1.1 *Introduction*

L'épreuve du feu extérieur sert à déterminer la réaction à un feu extérieur d'une matière susceptible d'être considérée comme une MDEPS, lorsqu'elle est confinée.

17.8.1.2 *Appareillage et matériels*

On utilise des échantillons d'explosif produits selon des techniques classiques. Ils doivent avoir une longueur de 20 cm et un diamètre permettant un ajustage serré dans un tube en acier sans soudure d'un diamètre intérieur de 45 mm ( $\pm 10\%$ ), d'une épaisseur de paroi de 4 mm ( $\pm 10\%$ ) et d'une longueur de 200 mm. Les tubes sont fermés par des couvercles d'acier ou de fonte, de résistance au moins égale à celle du tube, serrés au couple de 204 Nm.

17.8.1.3 *Mode opératoire*

17.8.1.3.1 Le mode opératoire est le même que celui de l'épreuve 6 c) (voir le paragraphe 16.6.1.3) sauf pour ce qui est indiqué au paragraphe 17.8.1.3.2 ci-dessous.

17.8.1.3.2 Pour l'épreuve, on utilise :

- a) Soit un feu dont les flammes doivent envelopper quinze échantillons confinés entassés en trois piles adjacentes de deux échantillons attachés au-dessus de trois échantillons;
- b) Soit trois feux au-dessus de chacun desquels cinq échantillons sont disposés horizontalement et attachés ensemble.

Des photographies en couleurs sont prises comme preuves de l'état des échantillons après chaque épreuve. On note la formation d'un cratère au sol ainsi que la taille et la répartition des fragments du tube pour indiquer le degré de violence de la réaction.

17.8.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Une matière explosible qui détone ou réagit violemment avec projection de fragments à plus de 15 m n'est pas une MDEPS et le résultat est considéré comme positif (+).

17.8.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
Octogène/liant inerte (86/14), moulé	-
Octogène/liant inerte (85/15), moulé	-
Octogène/liant énergétique (80/20), moulé	+
Octogène/aluminium/liant énergétique (51/19/14), moulé	-
Hexogène/liant inerte (85/15), moulé	+
Hexogène/TNT (60/40), moulé	+
TATB/Kel-F (95/5), comprimé	-

## **17.9 Série 7, type f) : Dispositions d'épreuve**

### **17.9.1 Épreuve 7 f) : Épreuve de chauffage lent pour les MDEPS**

#### *17.9.1.1 Introduction*

L'épreuve sert à déterminer la réaction d'une matière susceptible d'être considérée comme MDEPS à un environnement dont la température augmente progressivement, ainsi que la température à laquelle cette réaction se produit.

#### *17.9.1.2 Appareillage et matériels*

17.9.1.2.1 On utilise des échantillons d'explosifs produits selon des techniques classiques. Ils doivent avoir une longueur de 200 mm et un diamètre permettant un ajustage serré dans un tube en acier sans soudure d'un diamètre intérieur de 45 mm ( $\pm 10\%$ ), d'une épaisseur de paroi de 4 mm ( $\pm 10\%$ ) et d'une longueur de 200 mm. Les tubes sont fermés par des couvercles d'acier, de résistance au moins égale à celle du tube, serrés au couple de 204 Nm.

17.9.1.2.2 On utilise un four réglé ayant une plage de température de 40 °C à 365 °C avec une vitesse d'accroissement de 3,3 °C par heure sur toute cette plage, tout en assurant, par circulation d'air ou par un autre moyen, une répartition uniforme de la température autour de l'éprouvette.

17.9.1.2.3 Des dispositifs doivent enregistrer la température en continu ou au moins toutes les 10 minutes. L'appareillage, qui doit avoir une précision de  $\pm 2\%$  sur la plage de température au cours de l'épreuve, sert à mesurer :

- a) la température de l'air à l'intérieur du four;
- b) la température de la surface extérieure du tube d'acier.

#### *17.9.1.3 Mode opératoire*

17.9.1.3.1 Le spécimen est soumis à une augmentation progressive de la température de l'air, à raison de 3,3 °C par heure, jusqu'à ce qu'une réaction se produise. On peut commencer l'épreuve en préconditionnant l'objet à une température située à 55 °C au-dessous de la température de réaction prévue. On enregistre la température à partir de laquelle la température de l'échantillon dépasse celle du four.

17.9.1.3.2 À la fin de chaque épreuve, on récupère dans la zone d'essai le tube, ou ses fragments, que l'on examine pour rechercher les indices d'une réaction explosive violente. On peut prendre des photographies en couleurs comme documents sur l'état de l'échantillon et celui du matériel d'épreuve avant et après l'essai. On note également s'il y a formation d'un cratère dans le sol, ainsi que la taille et la répartition des fragments pour indiquer le degré de violence de la réaction.

17.9.1.3.3 On effectue trois essais pour chaque matière, à moins qu'un résultat positif ne soit constaté au premier ou au deuxième.

#### *17.9.1.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Une matière qui détone ou réagit violemment (fragmentation d'un ou des deux couvercles d'extrémité et fragmentation du tube en plus de trois morceaux) n'est pas considérée comme une MDEPS et le résultat est jugé positif (+).

17.9.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
Octogène/liant inerte (86/14), moulé	-
Octogène/liant énergétique (80/20), moulé	+
Hexogène/TNT (60/40), moulé	+
TATB/Kel-F (95/5), comprimé	-

**17.10 Série 7, type g) : Dispositions d'épreuve**

**17.10.1 Épreuve 7 g) : Épreuve du feu extérieur pour les objets de la division 1.6**

17.10.1.1 *Introduction*

L'épreuve du feu extérieur sert à déterminer la réaction à un feu extérieur d'un objet susceptible d'être affecté à la division 1.6 tel qu'il est présenté au transport.

17.10.1.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif d'essai est le même que celui de l'épreuve 6 c) (voir le paragraphe 16.6.1.2).

17.10.1.3 *Mode opératoire*

Le mode opératoire pour cette épreuve est le même que celui de l'épreuve 6 c) (voir le paragraphe 16.6.1.3), à l'exception près que si le volume d'un objet individuel dépasse 0,15 m<sup>3</sup>, un seul objet est nécessaire.

17.10.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

S'il est observé une réaction plus violente qu'une combustion, on considère que le résultat est positif (+) et que l'objet ne peut être classé comme objet de la division 1.6.

**17.11 Série 7, type h) : Dispositions d'épreuve**

**17.11.1 Épreuve 7 h) : Épreuve de chauffage lent pour les objets de la division 1.6**

17.11.1.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer la réaction d'un objet susceptible d'être affecté à la division 1.6 à un environnement dont la température augmente progressivement, ainsi que la température à laquelle cette réaction se produit.

17.11.1.2 *Appareillage et matériels*

17.11.1.2.1 On utilise un four réglé ayant une plage de température de 40 °C à 365 °C avec une vitesse d'accroissement de 3,3 °C par heure sur toute cette plage, tout en assurant, par circulation d'air ou par un autre moyen, une répartition uniforme de la température autour de l'objet éprouvé. Les réactions secondaires pouvant se produire (par exemple lorsque des exsudats ou gaz d'explosion entrent en contact avec les éléments de chauffe) sont de nature à invalider l'épreuve; il est toutefois possible de les éviter en utilisant un récipient intérieur étanche dans lequel sont enfermés les objets transportés sans emballage. Il est en outre nécessaire de prévoir des dispositifs de décharge pour la surpression d'air due à l'échauffement.

17.11.1.2.2 Des dispositifs doivent enregistrer la température en continu ou au moins toutes les 10 minutes. L'appareillage, qui doit avoir une précision de  $\pm 2\%$  sur la plage de température au cours de l'épreuve, sert à mesurer :

- a) la température de l'air autour de l'objet éprouvé;
- b) la température de la surface extérieure de l'objet.

17.11.1.3 *Mode opératoire*

17.11.1.3.1 L'objet est soumis à une augmentation progressive de la température de l'air, à raison de 3,3 °C par heure, jusqu'à ce qu'une réaction se produise. On peut commencer l'épreuve en préconditionnant l'objet à une température située à 55 °C au-dessous de la température de réaction prévue. On mesure et on enregistre les températures et le temps écoulé.

17.11.1.3.2 On prend des photographies en couleurs comme documents sur l'état de l'échantillon et celui du matériel d'épreuve avant et après l'essai. On note s'il y a formation d'un cratère dans le sol, ainsi que la taille des fragments, pour indiquer le degré de violence de la réaction. Il peut arriver que les matières énergétiques s'enflamment et brûlent et que l'enveloppe fonde ou soit suffisamment affaiblie pour laisser s'échapper en douceur les gaz de combustion. La réaction de combustion doit être telle que les débris de l'enveloppe et les éléments d'emballage restent dans la zone d'épreuve, sauf en ce qui concerne les couvercles, qui peuvent être arrachés par la pression interne et projetés jusqu'à 15 mètres de distance.

17.11.1.3.3 L'épreuve est exécutée deux fois, à moins qu'un résultat positif ne soit obtenu dès la première.

17.11.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

S'il se produit une réaction plus violente que la combustion, le résultat est considéré comme positif (+) et l'objet n'est pas classé comme objet de la division 1.6.

**17.12 Série 7, type j) : Dispositions d'épreuve**

**17.12.1 Épreuve 7 j) : Épreuve de l'impact de balle pour les objets de la division 1.6**

17.12.1.1 *Introduction*

L'épreuve de l'impact de balle vise à évaluer la réaction d'un objet susceptible d'être affecté à la division 1.6 au transfert d'énergie cinétique associé à l'impact et à la perforation par un projectile d'énergie donnée.

17.12.1.2 *Appareillage et matériels*

On utilise une arme de calibre 12,7 mm pour tirer des munitions perforantes du même calibre, avec un projectile d'une masse de 0,046 kg et avec une charge propulsive normale. L'arme est actionnée par télécommande et, pour la protéger des éclats, on effectue le tir à travers une ouverture pratiquée dans une plaque d'acier épaisse. La bouche du canon doit être située à une distance de 3 à 20 mètres de l'objet éprouvé, selon le poids d'explosif que ce dernier contient. L'objet à éprouver doit être fixé à l'aide d'un dispositif de serrage qui l'empêche d'être délogé sous l'effet des projectiles. L'épreuve est enregistrée visuellement par photographie ou par un autre moyen.

17.12.1.3 *Mode opératoire*

L'épreuve consiste à soumettre un objet complet chargé d'une MDEPS à une rafale de trois coups tirés à la vitesse initiale de  $840 \pm 40$  m/s et à la cadence de 600 coups par minute. L'épreuve est répétée selon trois orientations différentes. Dans ces orientations, on choisit sur l'objet à éprouver un point pour les impacts multiples, tel que les projectiles perforent les matériaux les plus sensibles, non séparés de la charge explosive principale par des barrières ou autres éléments de sécurité. On détermine le degré de réaction après examen du film de l'épreuve et du matériel après l'épreuve. La fragmentation complète de l'objet indique une détonation.

17.12.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

S'il y a eu détonation lors de l'un quelconque des essais, l'objet ne peut être classé comme objet de la division 1.6 et le résultat est considéré comme positif (+). L'absence de réaction, la combustion ou la déflagration de l'objet sont considérées comme donnant un résultat négatif (-).

**17.13 Série 7, type k) : Dispositions d'épreuve**

**17.13.1 Épreuve 7 k) : Épreuve sur une pile d'objets pour les objets de la division 1.6**

17.13.1.1 *Introduction*

Cette épreuve a pour but de déterminer si la détonation d'un objet susceptible d'être affecté à la division 1.6, tel qu'il est présenté au transport, fait détoner un objet adjacent identique.

17.13.1.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif d'essai est le même que celui de l'épreuve 6 b) (voir le paragraphe 16.5.1.2), mais sans confinement. L'objet excitateur doit être équipé de son propre moyen d'amorçage ou produire une sollicitation de puissance comparable.

17.13.1.3 *Mode opératoire*

Le mode opératoire pour cette épreuve est le même que celui de l'épreuve 6 b) (voir le paragraphe 16.5.1.3). L'épreuve est effectuée trois fois, à moins que la détonation d'un objet récepteur ne se produise avant la fin. Les constatations en matière de fragmentation (taille et nombre de fragments de l'objet récepteur), détérioration de la plaque témoin et taille du cratère au sol servent à déterminer si un objet récepteur a détoné ou non. Les données sur les effets de souffle peuvent servir à étayer cette conclusion.

17.13.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Si une détonation dans la pile se communique de l'objet excitateur à un objet récepteur, on considère que le résultat est positif (+) et que l'objet ne peut être affecté à la division 1.6. L'absence de réaction, la combustion ou la déflagration de l'objet récepteur sont considérées comme donnant un résultat négatif (-)



## SECTION 18

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE 8

**18.1 Introduction**

À la question de savoir si une émulsion, une suspension ou un gel de nitrate d'ammonium servant à la fabrication d'explosifs de mine (ENA) est suffisamment insensible pour être classé dans la division 5.1 on répond en soumettant la matière aux trois types d'épreuves qui constituent la série 8. Les trois types d'épreuves sont les suivants :

- Type 8 a) épreuve pour déterminer la stabilité à la chaleur;
- Type 8 b) épreuve d'excitation par onde de détonation pour déterminer la sensibilité à une onde de choc violent;
- Type 8 c) épreuve pour déterminer l'effet du chauffage sous confinement;

La série d'épreuves 8 d) figure dans la présente section en tant que méthode visant à déterminer si une matière peut être transportée en citerne.

**18.2 Méthodes d'épreuve**

Les méthodes d'épreuve actuellement utilisées sont énumérées au tableau 18.1.

**Tableau 18.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE 8**

Code	Nom de l'épreuve	Section
8 a)	Épreuve de stabilité à la chaleur pour les ENA <sup>a</sup>	18.4
8 b)	Épreuve d'amorçage de la détonation à grande échelle pour les ENA <sup>a</sup>	18.5
8 c)	Épreuve de Koenen <sup>a</sup>	18.6
8 d)	Épreuves du tube avec évent <sup>b</sup>	18.7

<sup>a</sup> Cette épreuve est destinée au classement.

<sup>b</sup> Ces épreuves visent à déterminer si la matière peut être transportée en citernes.

**18.3 Conditions d'épreuve**

18.3.1 La matière doit être éprouvée telle qu'elle est présentée au transport, à la plus haute température (voir 1.5.4 du présent Manuel).

**18.4 Série 8, Type a): Dispositions d'épreuve****18.4.1 Épreuve 8 a) : Épreuve de stabilité à la chaleur pour le nitrate d'ammonium en émulsion, suspension ou gel****18.4.1.1 Introduction**

18.4.1.1.1 Cette épreuve sert à mesurer la stabilité d'une matière susceptible d'être classée comme nitrate d'ammonium en émulsion, suspension ou gel servant à la fabrication d'explosifs de mine lorsque la matière est soumise à des températures élevées afin de déterminer si elle est trop dangereuse pour être transportée.

18.4.1.1.2 Cette épreuve est employée pour déterminer si l'émulsion, la suspension ou le gel est stable aux températures atteintes lors du transport. Lorsque ce type d'épreuves est exécuté normalement (voir 28.4.4), le vase de Dewar d'un demi-litre est le seul qui est représentatif des emballages, des GRV et des petites citernes. Cette épreuve peut également être utilisée pour mesurer la stabilité des émulsions, suspensions ou gels de nitrate d'ammonium au cours du transport en citerne lorsqu'elle est exécutée à une température qui dépasse de 20 °C la température maximale pouvant être atteinte au cours du transport, y compris la température au moment du chargement.

#### 18.4.1.2 *Appareillage et matériels*

18.4.1.2.1 L'appareillage d'épreuve comporte une chambre d'épreuve appropriée, des vases de Dewar répondant aux critères énoncés avec des dispositifs de fermeture, des sondes thermiques et un matériel de mesure.

18.4.1.2.2 ***L'épreuve doit être exécutée dans une chambre d'épreuve capable de résister au feu et à la surpression et qui doit de préférence être équipée d'un mécanisme de décompression, par exemple sous la forme d'un évent d'explosion.*** Le système d'enregistrement doit être installé dans une zone d'observation distincte.

18.4.1.2.3 On peut utiliser une étuve à thermostat (qui peut être ventilée) suffisamment grande pour permettre à l'air de circuler autour du vase de Dewar. La température de l'air dans l'étuve doit être réglée de manière que la température voulue d'un échantillon liquide inerte contenu dans le vase de Dewar puisse être maintenue sans variation de plus de  $\pm 1$  °C pendant une période allant jusqu'à 10 jours. La température de l'air dans l'étuve doit être mesurée et enregistrée. Il est recommandé de munir la porte de l'étuve d'une fermeture magnétique ou de la remplacer par un couvercle isolant non hermétique. L'étuve peut être protégée par un revêtement en acier approprié et le vase de Dewar placé dans une cage en toile métallique.

18.4.1.2.4 On utilise des vases de Dewar ayant un volume de 500 ml munis d'un système de fermeture. La fermeture du vase de Dewar doit être inerte. Un système de fermeture est illustré à la figure 18.4.1.1.

18.4.1.2.5 Les caractéristiques de perte de chaleur du système utilisé, à savoir le vase de Dewar et son système de fermeture, doivent être déterminées avant l'exécution de l'épreuve. Étant donné que le dispositif de fermeture influe fortement sur les caractéristiques de perte de chaleur, celles-ci peuvent être ajustées dans une certaine mesure en modifiant le système de fermeture. Les caractéristiques de perte de chaleur peuvent être déterminées au moyen de la mesure du demi-temps de refroidissement du vase rempli d'une matière inerte ayant des propriétés physiques semblables. La perte de chaleur par unité de masse,  $L$  (W/kg.K), peut être calculée à partir du demi-temps de refroidissement,  $t_{1/2}$  (s), et de la chaleur spécifique,  $C_p$  (J/kg.K), de la matière à l'aide de la formule suivante :

$$L = \ln 2 \times C_p / t_{1/2}$$

18.4.1.2.6 Des vases de Dewar remplis de 400 ml de matière, dont la perte de chaleur varie de 80 à 100 mW/kg.K conviennent.

18.4.1.2.7 Le vase de Dewar doit être rempli jusqu'à environ 80 % de sa capacité. Lorsque la viscosité de l'échantillon est très élevée, il peut être nécessaire de disposer d'un échantillon dont la forme épouse parfaitement le vase de Dewar. Le diamètre d'un tel échantillon façonné à l'avance sera légèrement inférieur au diamètre intérieur du vase de Dewar. Le creux au fond du vase de Dewar peut être rempli d'une matière solide inerte avant l'introduction de l'échantillon dans le vase afin de faciliter l'utilisation d'échantillons de matière de forme cylindrique.

18.4.1.3 *Mode opératoire*

18.4.1.3.1 Porter la chambre d'épreuve à une température qui dépasse de 20 °C la température maximale pouvant être atteinte au cours du transport ou la température au moment du chargement lorsque celle-ci est plus élevée. Remplir le vase de Dewar avec la matière à éprouver et noter la masse de l'échantillon. S'assurer que la hauteur de l'échantillon est égale à environ 80 % de la hauteur du vase. Introduire la sonde thermique au centre de l'échantillon. Sceller le couvercle du vase de Dewar et introduire celui-ci dans la chambre d'épreuve, brancher le dispositif d'enregistrement de la température et fermer la chambre d'épreuve.

18.4.1.3.2 L'échantillon est chauffé, tandis que sa température et celle de la chambre d'épreuve sont surveillées en permanence. Noter l'heure à laquelle l'échantillon atteint une température qui est inférieure de 2 °C à celle de la chambre d'épreuve. Poursuivre alors l'épreuve pendant sept jours ou jusqu'au moment où la température de l'échantillon dépasse de 6 °C ou plus celle de la chambre d'épreuve, si cela se produit d'abord. Noter le temps qui a été nécessaire pour que l'échantillon passe d'une température inférieure de 2 °C à celle de la chambre d'épreuve à sa température maximale.

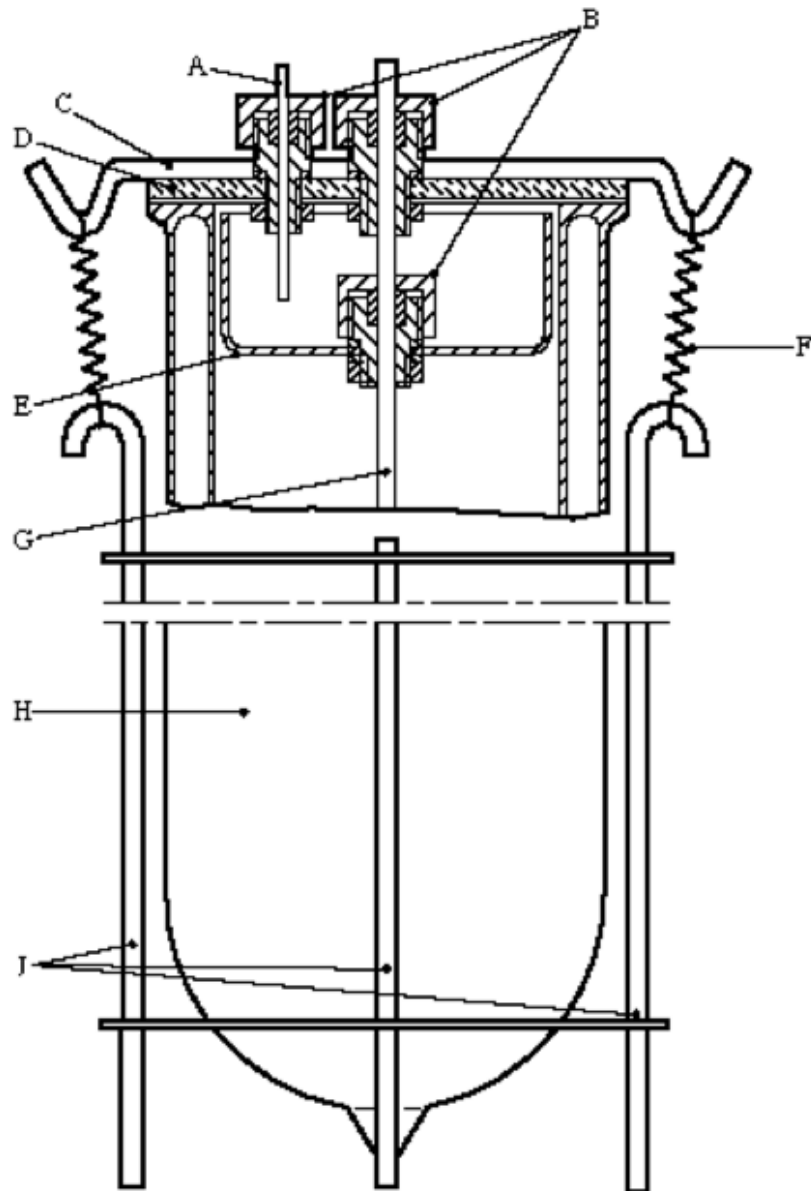
18.4.1.3.3 Si l'échantillon résiste à l'épreuve, le refroidir, le retirer de la chambre d'épreuve et l'éliminer dans les meilleurs délais. On peut déterminer la perte de masse et les changements de la composition.

18.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

18.4.1.4.1 Si la température de l'échantillon ne dépasse dans aucune épreuve celle de la chambre d'épreuve de 6 °C ou plus, l'émulsion, la suspension ou le gel de nitrate d'ammonium est considéré comme étant stable à la chaleur et peut continuer à être éprouvé en tant que matière susceptible d'être classée comme nitrate d'ammonium en émulsion, suspension ou gel servant à la fabrication d'explosifs de mine.

18.4.1.5 *Exemples de résultats*

Matière	Masse de l'échantillon (g)	Température d'épreuve (°C)	Résultat	Commentaires
Nitrate d'ammonium	408	102	-	Légère décoloration, durcissement en morceaux. Perte de masse 0,5 %
<b>ENA-1</b> Nitrate d'ammonium 76%, Eau 17%, combustible/émulsifiant 7%	551	102	-	Séparation d'huile et de cristaux de sels. Perte de masse 0,8 %
<b>ENA-2</b> (sensibilisé) Nitrate d'ammonium 75%, Eau 17%, combustible/émulsifiant 7%	501	102	-	Décoloration partielle. Perte de masse 0,8 %
<b>ENA-Y</b> Nitrate d'ammonium 77%, Eau 17%, combustible/émulsifiant 7%	500	85	-	Perte de masse 0,1%
<b>ENA-Z</b> Nitrate d'ammonium 75%, Eau 20%, combustible/émulsifiant 5%	510	95	-	Perte de masse 0,2 %
<b>ENA-G1</b> Nitrate d'ammonium 74%, Nitrate de sodium 1%, Eau 16%, combustible/émulsifiant 9%	553	85	-	Pas d'augmentation de température
<b>ENA-G2</b> Nitrate d'ammonium 74%, Nitrate de sodium 3%, Eau 16%, combustible/émulsifiant 7%	540	85	-	Pas d'augmentation de température
<b>ENA-J1</b> Nitrate d'ammonium 80%, Eau 13%, combustible/émulsifiant 7%	613	80	-	Perte de masse 0,1 %
<b>ENA-J2</b> Nitrate d'ammonium 76%, Eau 17%, combustible/émulsifiant 7%	605	80	-	Perte de masse 0,3 %
<b>ENA-J4</b> Nitrate d'ammonium 71%, Nitrate de sodium 11%, Eau 12%, combustible/émulsifiant 6%	602	80	-	Perte de masse 0,1 %



---

A) Tube capillaire en PTFE	B) Raccord vissant (en PTFE ou aluminium) avec joint torique d'étanchéité
C) Étrier en métal	D) Couvercle en verre
E) Base récipient en verre	F) Ressort
G) Tube protecteur en verre	H) Vase de Dewar
J) Dispositif de retenue en acier	

---

**Figure 18.4.1.1 : VASE DE DEWAR À FERMETURE**

## 18.5 Série 8, Type b): Dispositions d'épreuve

### 18.5.1 Épreuve 8 b) : Épreuve d'amorçage de la détonation pour les ENA

#### 18.5.1.1 Introduction

Cette épreuve sert à mesurer la sensibilité d'une matière susceptible d'être classée comme nitrate d'ammonium en émulsion, suspension ou gel servant à la fabrication d'explosifs de mine à une onde de détonation d'une intensité donnée, c'est-à-dire avec charge excitatrice et barrière spécifiée.

#### 18.5.1.2 Appareillage et matériels

18.5.1.2.1 Le dispositif d'épreuve comporte une charge explosive excitatrice, une barrière, un tube contenant la charge à éprouver et une plaque témoin en acier (cible).

On utilise le matériel suivant :

- a) Un détonateur normalisé ONU ou équivalent;
- b) Un comprimé de pentolite 50/50 ou d'hexocire 95/5, de 95 mm de diamètre et de 95 mm de long, ayant une masse volumique de  $1\,600\text{ kg/m}^3 \pm 50\text{ kg/m}^3$ ;
- c) Un tube d'acier étiré à froid, sans soudure, de 95 mm de diamètre extérieur, de  $1,1\text{ mm} \pm 10\%$  d'épaisseur de paroi et de 280 mm de long, ayant les caractéristiques mécaniques suivantes :
  - Résistance à la traction = 420 MPa ( $\pm 20\%$ )
  - Allongement (%) = 22 ( $\pm 20\%$ )
  - Dureté Brinell = 125 ( $\pm 20\%$ )
- d) Un échantillon de matière à éprouver ayant un diamètre légèrement inférieur au diamètre intérieur du tube d'acier. L'intervalle d'air entre l'échantillon et la paroi du tube doit être aussi petit que possible;
- e) Un tronçon de barreau de polyméthacrylate de méthyle (PMMA) moulé de 95 mm de diamètre et de 70 mm de long. Un intervalle de 70 mm correspond à une pression d'onde de choc appliquée à l'émulsion qui est située entre 3,5 et 4 GPa, selon le type de charge utilisée (voir tableau 18.5.1.1 et figure 18.5.1.2);
- f) Une plaque d'acier doux de 200 mm × 200 mm × 20 mm et de caractéristiques mécaniques suivantes :
  - résistance à la traction = 580 MPa ( $\pm 20\%$ )
  - allongement (%) = 21 ( $\pm 20\%$ )
  - dureté Brinell = 160 ( $\pm 20\%$ )
- g) Un tube en carton de 97 mm de diamètre intérieur et de 443 mm de long;
- h) Un bloc de bois de 95 mm de diamètre et de 25 mm d'épaisseur percé d'un trou central pour maintenir le détonateur.

18.5.1.3 *Mode opératoire*

18.5.1.3.1 Comme le montre la figure 18.5.1.1, le détonateur, la charge excitatrice, la barrière et l'échantillon à éprouver sont superposés et centrés sur l'axe qui passe par le centre de la plaque témoin. On doit veiller à un bon contact entre le détonateur et la charge excitatrice, entre celle-ci et la barrière et entre la barrière et l'échantillon. L'échantillon et la charge excitatrice doivent être à la température ambiante au moment de l'épreuve.

18.5.1.3.2 Pour faciliter la récupération des fragments de la plaque témoin, l'ensemble du dispositif peut être placé au-dessus d'un récipient d'eau avec un intervalle d'air de 10 cm au moins entre la surface de l'eau et la face inférieure de la plaque témoin, laquelle doit être soutenue sur deux de ses côtés seulement.

18.5.1.3.3 D'autres méthodes de récupération des fragments peuvent être utilisées, mais il importe de ménager sous la plaque témoin un espace suffisant de façon à ne pas gêner la perforation de la plaque. L'épreuve est exécutée trois fois, à moins qu'un résultat positif ne soit constaté avant.

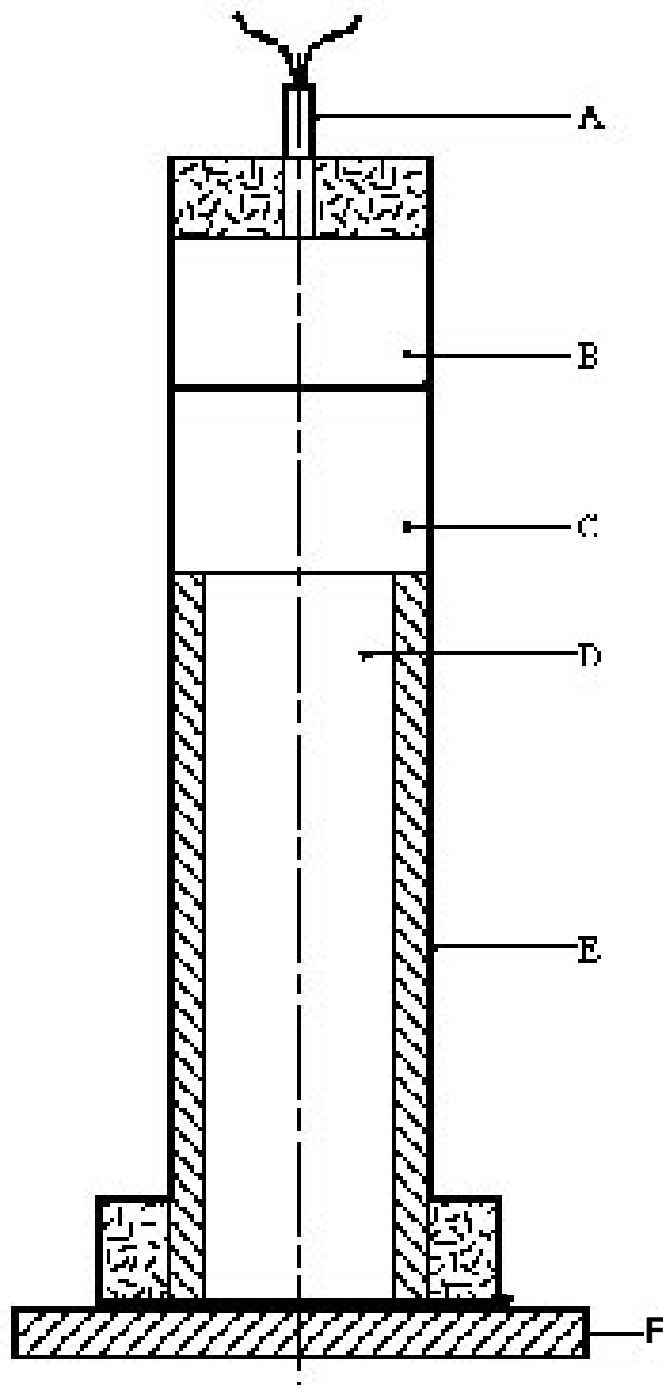
18.5.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Un trou net percé à travers la plaque indique qu'une détonation a été amorcée dans l'échantillon. Une matière qui détone au cours de l'un des essais avec une barrière de 70 mm de long ne doit pas être classée comme nitrate d'ammonium en émulsion, suspension ou gel servant à la fabrication d'explosifs de mine et le résultat est considéré comme positif (+).

18.5.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Épreuve d'amorçage de la détonation (mm)</b>	<b>Résultat</b>	<b>Commentaires</b>
Nitrate d'ammonium (basse densité)	0,85	35	-	Douille fragmentée en gros morceaux. Plaque bombée VOD: 2,3-2,8 km/s
Nitrate d'ammonium (basse densité)	0,85	35	-	Douille fragmentée en gros morceaux. Plaque fracturée
<b>ENA-FA</b> Nitrate d'ammonium 69%, Nitrate de sodium 12%, Eau 10%, Combustible/émulsifiant 8%	1,4	50	-	Douille fragmentée en gros morceaux. Plaque non perforée
<b>ENA-FA</b>	1,44	70	-	Douille fragmentée en gros morceaux. Plaque non perforée
<b>ENA-FB</b> Nitrate d'ammonium 70%, Nitrate de sodium 11%, Eau 12%, Combustible/émulsifiant 7%	ca. 1,40	70	-	Douille fragmentée en gros morceaux. Plaque non perforée
<b>ENA-FC</b> (sensibilisé) Nitrate d'ammonium 75%, Eau 13%, Combustible/émulsifiant 10%	1,17	70	+	Douille fragmentée en petits morceaux. Plaque perforée
<b>ENA-FD</b> (sensibilisé) Nitrate d'ammonium 76%, Eau 17%, Combustible/émulsifiant 7%	ca. 1,22	70	+	Douille fragmentée en petits morceaux. Plaque perforée

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique (g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Épreuve d'amorçage de la détonation (mm)</b>	<b>Résultat</b>	<b>Commentaires</b>
<b>ENA-1</b> Nitrate d'ammonium 76%, Eau 17%, Combustible/émulsifiant 7%	1,4	35	-	Douille fragmentée en gros morceaux. Plaque bosselé. VOD: 3,1 km/s
<b>ENA-2 (sensibilisé)</b> Nitrate d'ammonium 76%, Eau 17%, Combustible/émulsifiant 7%	1,3	35	+	Douille fragmentée en petits morceaux. Plaque perforée. VOD: 6,7 km/s
<b>ENA-2 (sensibilisé)</b> Nitrate d'ammonium 76%, Eau 17%, Combustible/émulsifiant 7%	1,3	70	+	Douille fragmentée en petits morceaux. Plaque perforée. VOD: 6,2 km/s
<b>ENA-G1</b> Nitrate d'ammonium 74%, Nitrate de sodium 1%, Eau 16%, Combustible/émulsifiant 9%	1,29	70	-	Douille fragmentée. Plaque dentelée. VOD: 1 968 m/s
<b>ENA-G2</b> Nitrate d'ammonium 74%, Nitrate de sodium 3%, Eau 16%, Combustible/émulsifiant 7%	1,32	70	-	Douille fragmentée. Plaque dentelée
<b>ENA-G3 (sensibilité à la gasification)</b> Nitrate d'ammonium 74%, Nitrate de sodium 1%, Eau 16%, Combustible/émulsifiant 9%	1,17	70	+	Douille fragmentée. Plaque percée
<b>ENA-G4 (sensibilité aux microsphères)</b> Nitrate d'ammonium 74%, Nitrate de sodium 3%, Eau 16%, Combustible/émulsifiant 7%	1,23	70	+	Douille fragmentée. Plaque percée
<b>ENA-G5</b> Nitrate d'ammonium 70%, Nitrate de calcium 8%, Eau 16%, Combustible/émulsifiant 7%	1,41	70	-	Douille fragmentée. Plaque dentelée. VOD: 2 061 m/s
<b>ENA-J1</b> Nitrate d'ammonium 80%, Eau 13%, combustible/émulsifiant 7%	1,39	70	-	Douille fragmentée. Plaque dentelée
<b>ENA-J2</b> Nitrate d'ammonium 76%, Eau 17%, combustible/émulsifiant 7%	1,42	70	-	Douille fragmentée. Plaque dentelée
<b>ENA-J4</b> Nitrate d'ammonium 71%, Nitrate de sodium 11%, Eau 12% , combustible/émulsifiant 6%	1,40	70	-	Douille fragmentée. Plaque dentelée
<b>ENA-J5 (sensibilité aux microsphères)</b> Nitrate d'ammonium 71%, Nitrate de sodium 5%, Eau 18%, Combustible/émulsifiant 6%	1,20	70	+	Douille fragmentée. Plaque perforée. VOD: 5,7 km/s
<b>ENA-J6 (sensibilité aux microsphères)</b> Nitrate d'ammonium 80%, Eau 13%, Combustible/émulsifiant 7%	1,26	70	+	Douille fragmentée. Plaque perforée VOD: 6,3 km/s



---

A) Détonateur	B) Charge excitatrice
C) Barrière de PMMA	D) Échantillon
E) Tube en acier	F) Plaque témoin

---

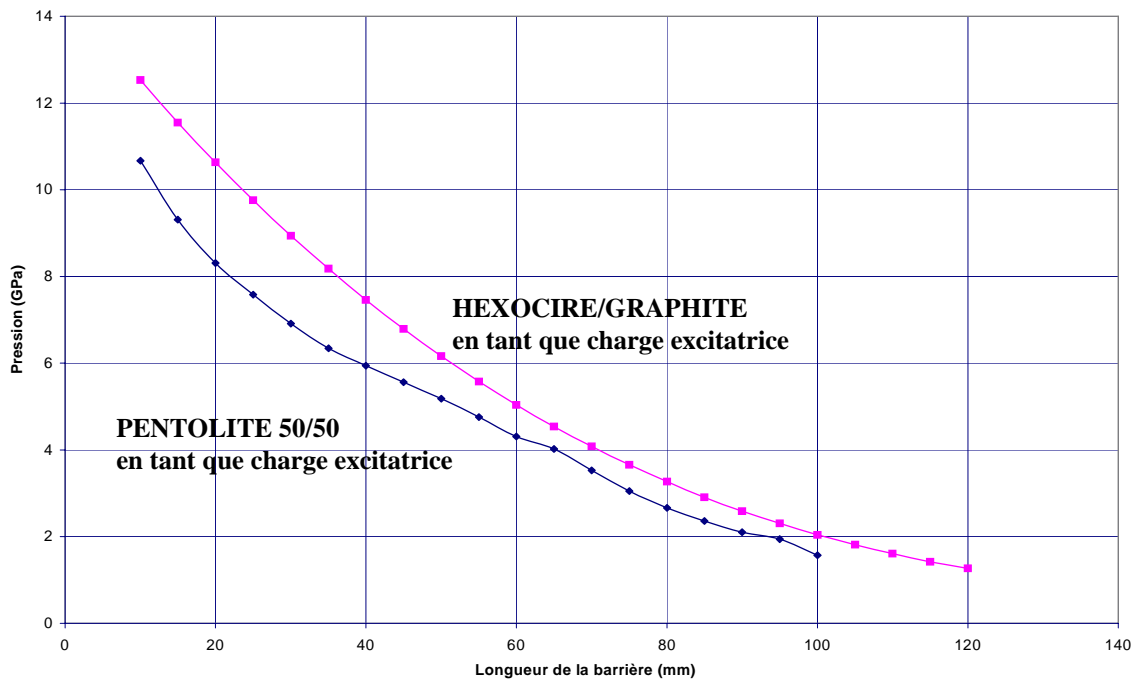
**Figure 18.5.1.1 : ÉPREUVE D'AMORÇAGE DE LA DÉTONATION POUR LES ENA**



**Tableau 18.5.1.1: DONNÉES D'ÉTALONNAGE CONCERNANT L'ÉPREUVE D'AMORÇAGE DE LA DÉTONATION POUR LES ENA**

<b>PENTOLITE 50/50</b> en tant que charge excitatrice		<b>HEXOCIRE/GRAPHITE</b> en tant que charge excitatrice	
Longueur de la barrière (mm)	Pression au niveau de la barrière (GPa)	Longueur de la barrière (mm)	Pression au niveau de la barrière (GPa)
10	10,67	10	12,53
15	9,31	15	11,55
20	8,31	20	10,63
25	7,58	25	9,76
30	6,91	30	8,94
35	6,34	35	8,18
40	5,94	40	7,46
45	5,56	45	6,79
50	5,18	50	6,16
55	4,76	55	5,58
60	4,31	60	5,04
65	4,02	65	4,54
70	3,53	70	4,08
75	3,05	75	3,66
80	2,66	80	3,27
85	2,36	85	2,91
90	2,10	90	2,59
95	1,94	95	2,31
100	1,57	100	2,04
		105	1,81
		110	1,61
		115	1,42
		120	1,27

**Figure 18.5.1.2: Données d'étalonnage concernant l'épreuve d'amorçage de la détonation pour les ENA**



## 18.6 Série 8, Type c): Dispositions d'épreuve

### 18.6.1 Épreuve 8 c) : Épreuve de Koenen

#### 18.6.1.1 Introduction

Cette épreuve sert à déterminer la sensibilité d'une matière susceptible d'être classée comme nitrate d'ammonium en émulsion, suspension ou gel de servant à la fabrication d'explosifs de mine à l'effet d'une chaleur intense sous fort confinement.

#### 18.6.1.2 Appareillage et matériels

18.6.1.2.1 Le dispositif d'essai est composé d'une douille en acier non réutilisable avec dispositif de fermeture réutilisable, installée dans une enceinte de chauffage et de protection. La douille est obtenue par emboutissage d'une tôle d'acier répondant à la norme DC04 (EN 10027-1), ou la norme équivalente A620 (AISI/SAE/ASTM) ou la norme équivalente SPCEN (JIS G 3141). Ses dimensions sont indiquées à la figure 18.6.1.1. À son extrémité ouverte, la douille comporte un rebord. Le disque à lumière, à travers lequel s'échappent les gaz de décomposition de l'échantillon, est en acier au chrome résistant à la chaleur. Les diamètres des disques à lumière disponibles sont les suivants : 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 5,0 - 8,0 - 12,0 et 20,0 mm. Les dimensions de la bague fileté et de l'écrou (qui forment le dispositif de fermeture) sont indiquées à la figure 18.6.1.1.

Pour le contrôle qualité des douilles en acier, 1 % des douilles de chaque lot de production doit être soumis au contrôle qualité et les données suivantes doivent être vérifiées:

- a) La masse des douilles doit être de  $26,5 \pm 1,5$  g, les douilles utilisées à chaque séquence d'épreuve ne doivent pas présenter une différence de masse de plus de 1 g;
- b) La longueur des douilles doit être  $75 \pm 0,5$  mm;
- c) L'épaisseur de paroi des douilles mesurée à 20 mm du fond de la douille doit être  $0,5 \pm 0,05$  mm;
- d) La pression de rupture telle que déterminée par charge quasi-statique à travers un fluide incompressible doit être  $30 \pm 3$  MPa.

18.6.1.2.2 Pour le chauffage, on utilise quatre brûleurs alimentés en propane à partir d'une bouteille à gaz industrielle par l'intermédiaire d'un détendeur, d'un compteur, et de tuyaux de répartition. D'autres gaz combustibles peuvent être utilisés à condition que la vitesse de chauffage prescrite soit respectée. La pression du gaz est réglée pour maintenir une vitesse de chauffage de  $3,3 \pm 0,3$  K/s, cette valeur étant mesurée par une opération d'étalonnage. Celle-ci consiste à chauffer une douille (munie d'un disque à lumière de 1,5 mm), contenant  $27 \text{ cm}^3$  de phtalate de dibutyle. On enregistre le temps nécessaire pour porter la température du liquide (mesurée avec un thermocouple de 1 mm de diamètre placé en position centrale à 43 mm au-dessous du bord de la douille) de  $135 \text{ °C}$  à  $285 \text{ °C}$  et on calcule la vitesse de chauffage.

18.6.1.2.3 Étant donné le risque d'éclatement de la douille lors de l'essai, le chauffage s'effectue dans une enceinte de protection en métal soudé, ayant la configuration et les dimensions indiquées à la figure 18.6.1.2. La douille est suspendue entre deux tiges passant par des trous percés dans les parois opposées de l'enceinte. La position des brûleurs est indiquée à la figure 18.6.1.2. Les brûleurs sont allumés simultanément au moyen d'une veilleuse ou d'un allumeur électrique. **Le dispositif d'essai est installé dans un local protégé.** Au cours de l'essai on doit prendre des mesures pour éviter que les flammes des brûleurs ne soient déviées par les courants d'air. Le local d'essai doit être muni d'un système d'extraction des gaz ou des fumées provenant des essais.

### 18.6.1.3 *Mode opératoire*

18.6.1.3.1 On introduit la matière dans la douille jusqu'à une hauteur de 60 mm en prenant bien soin d'éviter que des cavités ne se forment. On glisse la bague filetée autour de la douille à partir du bas, on introduit le disque à lumière approprié et on serre l'écrou à la main après l'avoir enduit d'un lubrifiant au bisulfure de molybdène. Il est important de s'assurer qu'aucune matière ne s'est glissée entre le rebord et le disque ou dans le filetage.

18.6.1.3.2 Pour les disques à lumière de diamètre compris entre 1,0 et 8,0 mm, on utilise des écrous dont l'ouverture a un diamètre de 10 mm; au-delà, on doit utiliser un écrou dont l'ouverture a un diamètre de 20 mm. Une douille n'est utilisée que pour un seul essai. Par contre, les disques à lumière, les bagues filetées et les écrous peuvent être réutilisés s'ils ne sont pas endommagés.

18.6.1.3.3 La douille est ensuite placée dans un étau solidement ancré et l'écrou est serré avec une clé. Elle est ensuite suspendue entre les deux tiges de l'enceinte de protection. La zone d'épreuve est évacuée, l'arrivée de gaz est ouverte et les brûleurs sont allumés. Le délai de réaction et la durée de la réaction peuvent être des informations supplémentaires utiles pour l'interprétation des résultats. S'il ne se produit pas d'éclatement, on doit prolonger le chauffage pendant cinq minutes au moins avant d'arrêter l'essai. Après chaque essai, s'il y a eu fragmentation, on rassemble et on pèse les fragments de la douille.

18.6.1.3.4 Du point de vue du type de fragmentation, on distingue les effets suivants :

- "O" : Douille intacte;
- "A" : Fond de la douille gonflé;
- "B" : Fond et paroi de la douille gonflés;
- "C" : Fond de la douille fendu;
- "D" : Paroi de la douille fendue;
- "E" : Douille fendue en deux<sup>1</sup> fragments;
- "F" : Douille fragmentée en trois<sup>1</sup> morceaux ou plus, assez gros pour la plupart, éventuellement restés attachés entre eux;
- "G" : Douille fragmentée en de nombreux morceaux petits pour la plupart; dispositif de fermeture intact;
- "H" : Douille fragmentée en de nombreux très petits morceaux; dispositif de fermeture déformé ou rompu.

Des exemples des types de fragmentation "D", "E" et "F" sont montrés à la figure 18.6.1.3. Si un essai aboutit à une fragmentation du type "O" à "E", on considère que le résultat est "pas d'explosion". Si l'on obtient le type de fragmentation "F" à "H", on considère que le résultat est "explosion".

18.6.1.3.5 La série d'essais commence par un essai simple avec un disque à lumière de 20 mm. Si lors de cet essai, il y a explosion, on poursuit la série avec des essais sur des douilles sans disque à lumière ni écrou mais seulement munies de la bague filetée (ouverture : 24 mm). Si par contre il n'y a pas d'explosion, on poursuit la série avec un essai pour chacun des diamètres de lumière suivants : 12,0 - 8,0 - 5,0 - 3,0 - 2,0 - 1,5 et finalement 1,0 mm, jusqu'à ce que l'on obtienne le résultat positif ("explosion"). On effectue alors des essais à des diamètres croissants selon l'ordre indiqué au 18.6.1.2.1 jusqu'à ce que l'on obtienne trois résultats négatifs lors de trois essais au même diamètre. Le diamètre limite pour une matière donnée est le plus grand diamètre pour lequel le résultat "explosion" ait été obtenu. S'il n'y a pas d'explosion même au diamètre de 1 mm, on note comme résultat pour le diamètre limite "moins de 1 mm".

---

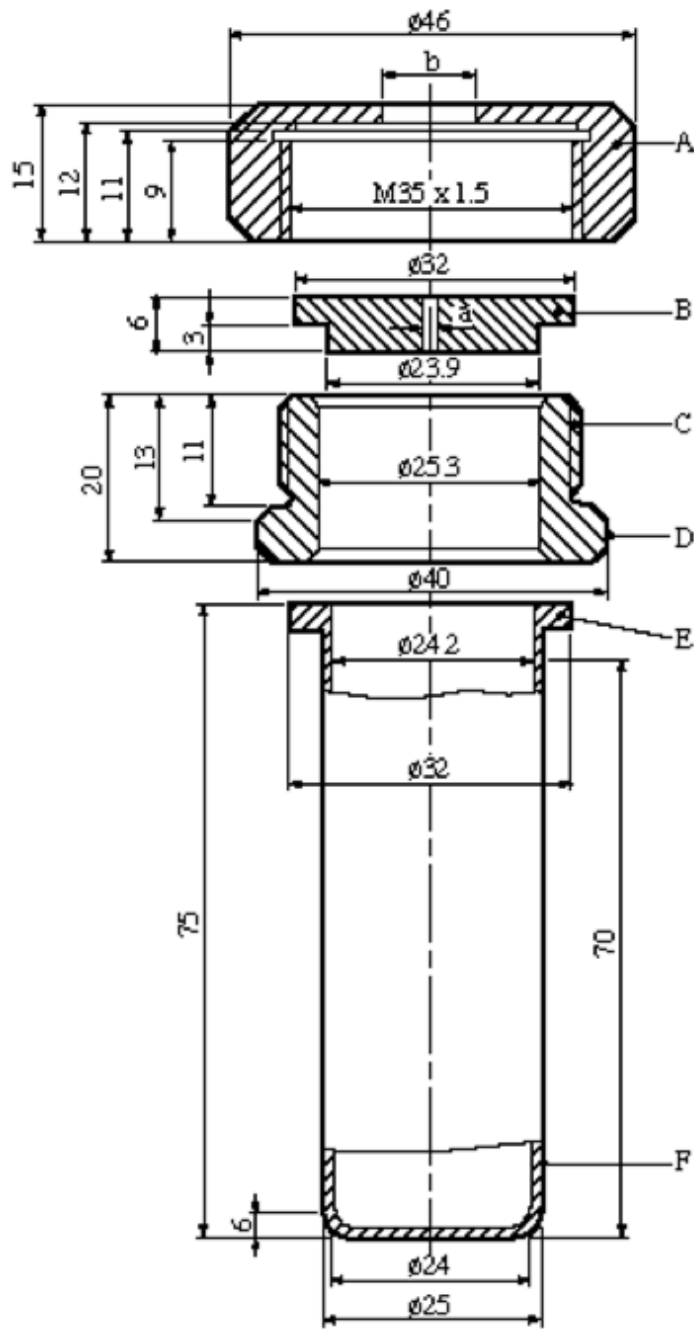
<sup>1</sup> *Le haut de la douille, retenu dans le dispositif de fermeture, est compté comme un fragment.*

18.6.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière ne doit pas être classée dans la division 5.1 si le diamètre limite est égal ou supérieur à 2,0 mm. On considère que le résultat est négatif (-) s'il est inférieur à ce chiffre.

18.6.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>	<b>Commentaires</b>
Nitrate d'ammonium (basse densité)	-	Diamètre limite: <1 mm
<b>ENA-F1</b> Nitrate d'ammonium 71%, Eau 21%, Combustible/émulsifiant 7%	-	
<b>ENA-F2</b> Nitrate d'ammonium 77%, Eau 17%, Combustible/émulsifiant 7%	-	
<b>ENA-F3</b> Nitrate d'ammonium 70%, Nitrate de sodium 11%, Eau 12%, Combustible/émulsifiant 7%	-	
<b>ENA-F4</b> Nitrate d'ammonium 42%, Nitrate de calcium 35%, Eau 16%, Combustible/émulsifiant 7%	-	
<b>ENA-F5</b> Nitrate d'ammonium 69%, Nitrate de sodium 13%, Eau 10%, Combustible/émulsifiant 8%	-	
<b>ENA-F6</b> Nitrate d'ammonium 72%, Nitrate de sodium 11%, Eau 10%, Combustible/émulsifiant 6%	-	
<b>ENA-F7</b> Nitrate d'ammonium 76%, Eau 13%, Combustible/émulsifiant 10%	-	
<b>ENA-F8</b> Nitrate d'ammonium 77%, Eau 16%, Combustible/émulsifiant 6%	-	
<b>ENA-1</b> Nitrate d'ammonium 76%, Eau 17%, Combustible/émulsifiant 7%	-	Diamètre limite: 1.5 mm
<b>ENA-2</b> (sensibilité aux microsphères) Nitrate d'ammonium 75%, Eau 17%, Combustible/émulsifiant 7%	+	Diamètre limite: 2 mm
<b>ENA-4</b> (sensibilité aux microsphères) Nitrate d'ammonium 70%, Nitrate de sodium 11%, Eau 9%, Combustible/émulsifiant 5,5%	+	Diamètre limite: 2 mm
<b>ENA-G1</b> Nitrate d'ammonium 74%, Nitrate de sodium 1%, Eau 16%, Combustible/émulsifiant 9%	-	
<b>ENA-G2</b> Nitrate d'ammonium 74%, Nitrate de sodium 3%, Eau 16%, Combustible/émulsifiant 7%	-	
<b>ENA-J1</b> Nitrate d'ammonium 80%, Eau 13%, Combustible/émulsifiant 7%	-	Type de fragmentation: "O"
<b>ENA-J2</b> Nitrate d'ammonium 76%, Eau 17%, Combustible/émulsifiant 7%	-	Type de fragmentation: "O"
<b>ENA-J4</b> Nitrate d'ammonium 71%, Nitrate de sodium 11%, Eau 12%, Combustible/émulsifiant 6%	-	Type de fragmentation: "A"



A)	Écrou ( $b = 10,0$ ou $20,0$ mm) de 41 mm entre plats	B)	Disque à lumière (diamètre $a = 1,0$ à $20,0$ mm)
C)	Bague filetée	D)	36 mm entre plats
E)	Rebord	F)	Douille

Figure 18.6.1.1 : DOUILLE ET ACCESSOIRES

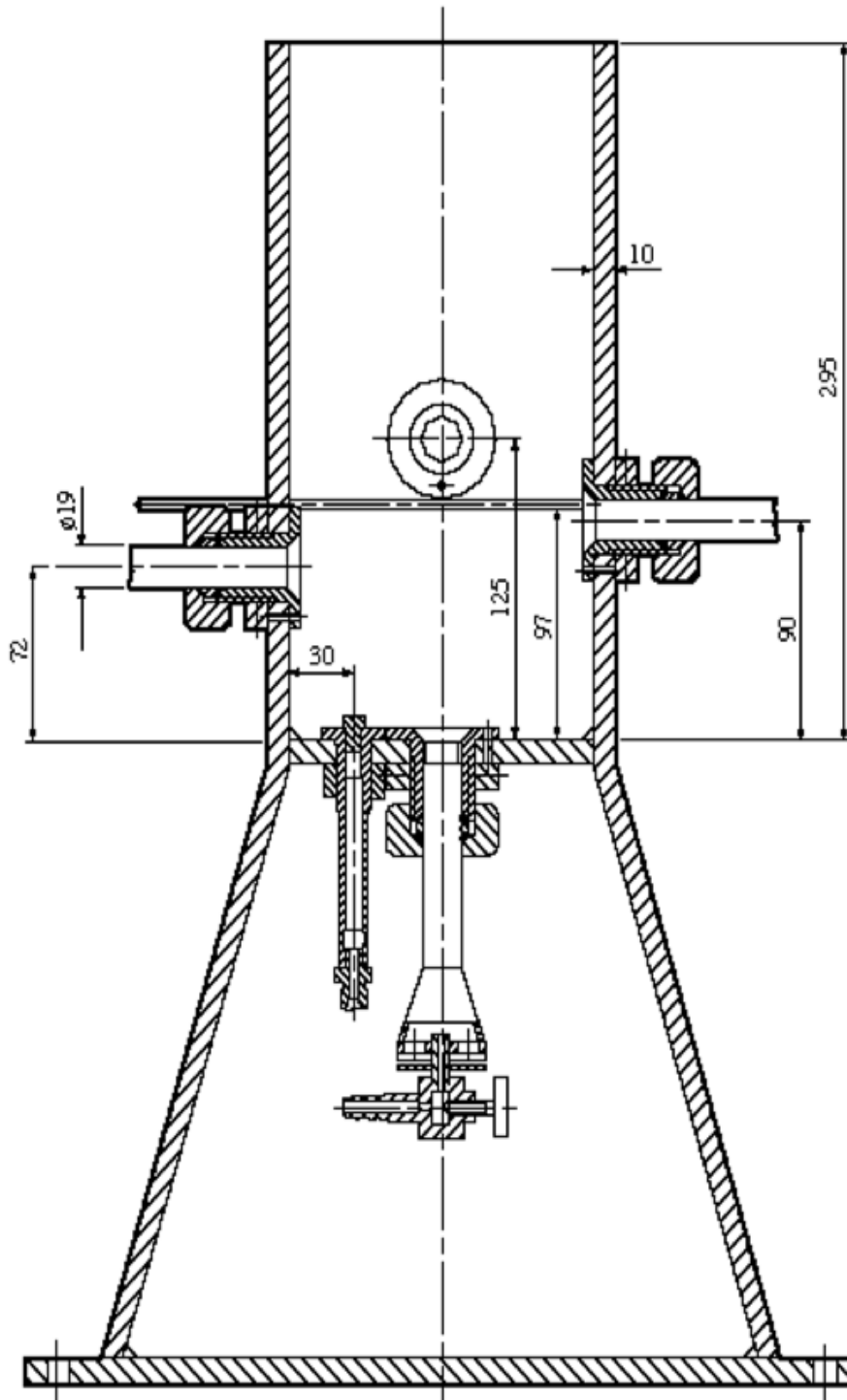


Figure 18.6.1.2 : ENCEINTE DE CHAUFFAGE ET DE PROTECTION

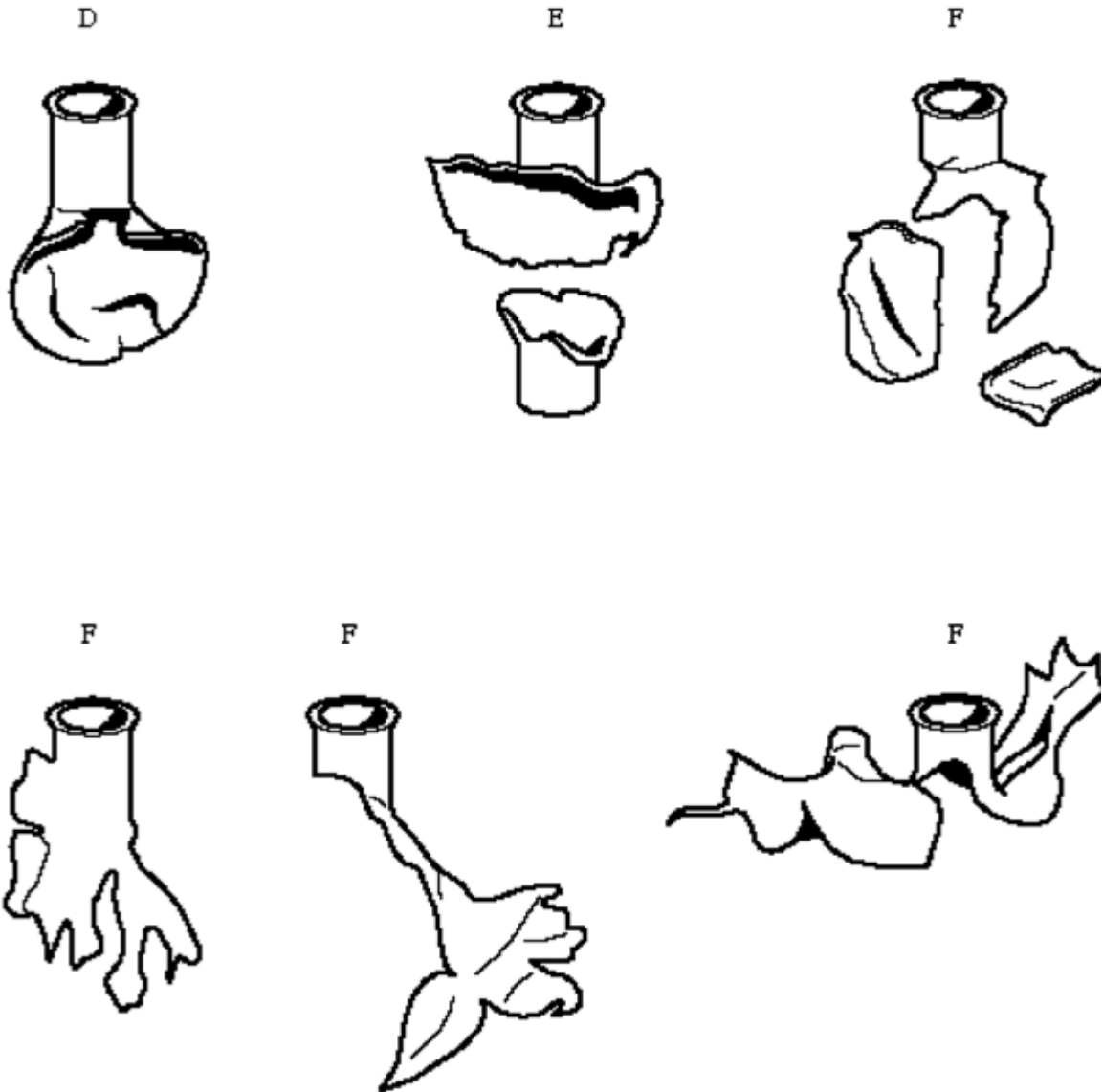


Figure 18.6.1.3 : EXEMPLES DES TYPES DE FRAGMENTATION D, E ET F



## 18.7 Série 8, Type d): Dispositions d'épreuve

### 18.7.1 *Épreuve 8 d) i): Épreuve du tube avec évent*

#### 18.7.1.1 *Introduction*

Cette épreuve n'est pas destinée au classement mais elle figure dans le présent Manuel en tant que méthode visant à déterminer si une matière peut être transportée en citernes.

L'épreuve du tube avec évent sert à évaluer les effets de l'exposition à un feu important, sous confinement avec aération, d'une matière susceptible d'être classée comme nitrate d'ammonium en émulsion, suspension ou gel servant à la fabrication d'explosifs de mine.

#### 18.7.1.2 *Appareillage et matériels*

On utilise le matériel suivant :

- a) Un tube en acier d'un diamètre de  $310 \pm 10$  mm et d'une longueur de  $610 \pm 10$  mm dont l'orifice inférieur est obturé à l'aide d'une plaque carrée soudée en acier doux de 380 mm de côté et de  $10 \pm 0,5$  mm d'épaisseur. Une plaque semblable, munie en son centre d'un orifice de 78 mm de diamètre auquel est raccordé par soudure un tuyau en acier d'une longueur de 152 mm et d'un diamètre intérieur de 78 mm, est soudée sur l'orifice supérieur (voir la figure 18.7.1.1);
- b) Une grille métallique destinée à maintenir le tube rempli au-dessus du combustible dans une position permettant un chauffage efficace. Si l'on utilise un feu de lattes de bois entrecroisées, la grille doit être située à 1,0 m au-dessus du sol; si l'on utilise un feu d'hydrocarbure liquide, la grille doit être située à 0,5 m au-dessus du sol;
- c) Assez de combustible pour entretenir un feu pendant au moins 30 minutes ou, si nécessaire, pendant une durée largement suffisante pour faire réagir la matière;
- d) Des moyens d'allumage pour enflammer le combustible sur deux côtés : pour un feu de lattes de bois, par exemple, on utilisera du kérosène pour imprégner le bois et un allumeur pyrotechnique avec des copeaux de bois;
- e) Des caméras cinématographiques ou vidéo, pour l'enregistrement en couleurs de l'épreuve, pouvant de préférence fonctionner à grande vitesse et à vitesse normale;
- f) Des appareils de mesure de l'effet de souffle et du rayonnement et un matériel d'enregistrement adapté peuvent aussi être utilisés.

#### 18.7.1.3 *Mode opératoire*

18.7.1.3.1 Le tube est rempli avec la matière à éprouver non tassée. La matière est emballée avec soin pour éviter que des cavités ne se forment. Le tube en acier est placé verticalement sur la grille et il est maintenu de manière à éviter qu'il ne se renverse. Le combustible est placé sous la grille de manière à ce que le feu s'engouffre dans le tube. Des protections contre les vents latéraux peuvent être nécessaires afin d'éviter la dissipation de la chaleur. Diverses méthodes peuvent être utilisées pour le chauffage : pile de lattes de bois entrecroisées, combustible liquide ou gazeux produisant des flammes dont la température atteint au moins 800 °C.

18.7.1.3.2 Une méthode recommandée est celle du feu de bois, qui offre divers avantages : rapport air/combustible équilibré évitant le dégagement de fumées pouvant gêner l'observation et combustion d'une intensité et d'une durée suffisantes pour que la matière puisse éventuellement réagir. Le combustible peut par exemple être constitué de lattes de bois séchées à l'air (de section carrée d'environ 50 mm de côté), empilées en position entrecroisée sous la grille (à 1,0 m de hauteur par rapport au sol) et montant jusqu'à la base de la grille qui soutient le tube. L'appui de bois doit s'étendre au-delà du pourtour du tube jusqu'à au moins 1,0 m dans chaque direction et l'écart entre lattes doit être d'environ 100 mm.

18.7.1.3.3 On peut également utiliser pour le chauffage un récipient rempli d'un combustible liquide ou d'une combinaison de combustible liquide et de bois, pour autant que les conditions d'épreuve soient aussi rigoureuses. Si l'on utilise un feu de combustible liquide, le récipient doit s'étendre au-delà du pourtour du tube jusqu'à au moins 1,0 m dans chaque direction. La distance verticale entre la grille et le récipient doit être d'environ 0,5 m. Avant de recourir à cette méthode, on doit cependant s'assurer qu'il ne risque pas de se produire un effet d'extinction ou des réactions indésirables entre la matière et le combustible liquide qui puissent remettre en cause les résultats de l'épreuve.

18.7.1.3.4 Si l'on utilise du gaz comme combustible, la zone de combustion doit s'étendre au-delà du pourtour du tube à une distance d'au moins 1,0 m dans chaque direction. L'alimentation en gaz doit se faire de façon telle que la flamme soit distribuée uniformément autour du tube. Le réservoir de gaz doit être suffisamment grand pour entretenir les flammes pendant au moins 30 minutes. L'inflammation des gaz peut se faire soit par un dispositif pyrotechnique actionné à distance, soit par l'ouverture à distance de l'alimentation en gaz à proximité d'une source d'inflammation déjà allumée.

18.7.1.3.5 Le système d'allumage est mis en place et le combustible est allumé simultanément de deux côtés, dont l'un doit être le côté situé au vent. L'épreuve ne doit pas être exécutée par vent de vitesse supérieure à 6 m/s. ***Le feu doit être allumé depuis un endroit sûr. Si le tube ne se brise pas, il faut laisser le système se refroidir avant de tout démonter avec soin et de vider le tube.***

18.1.7.3.6 Les observations doivent porter sur les points suivants :

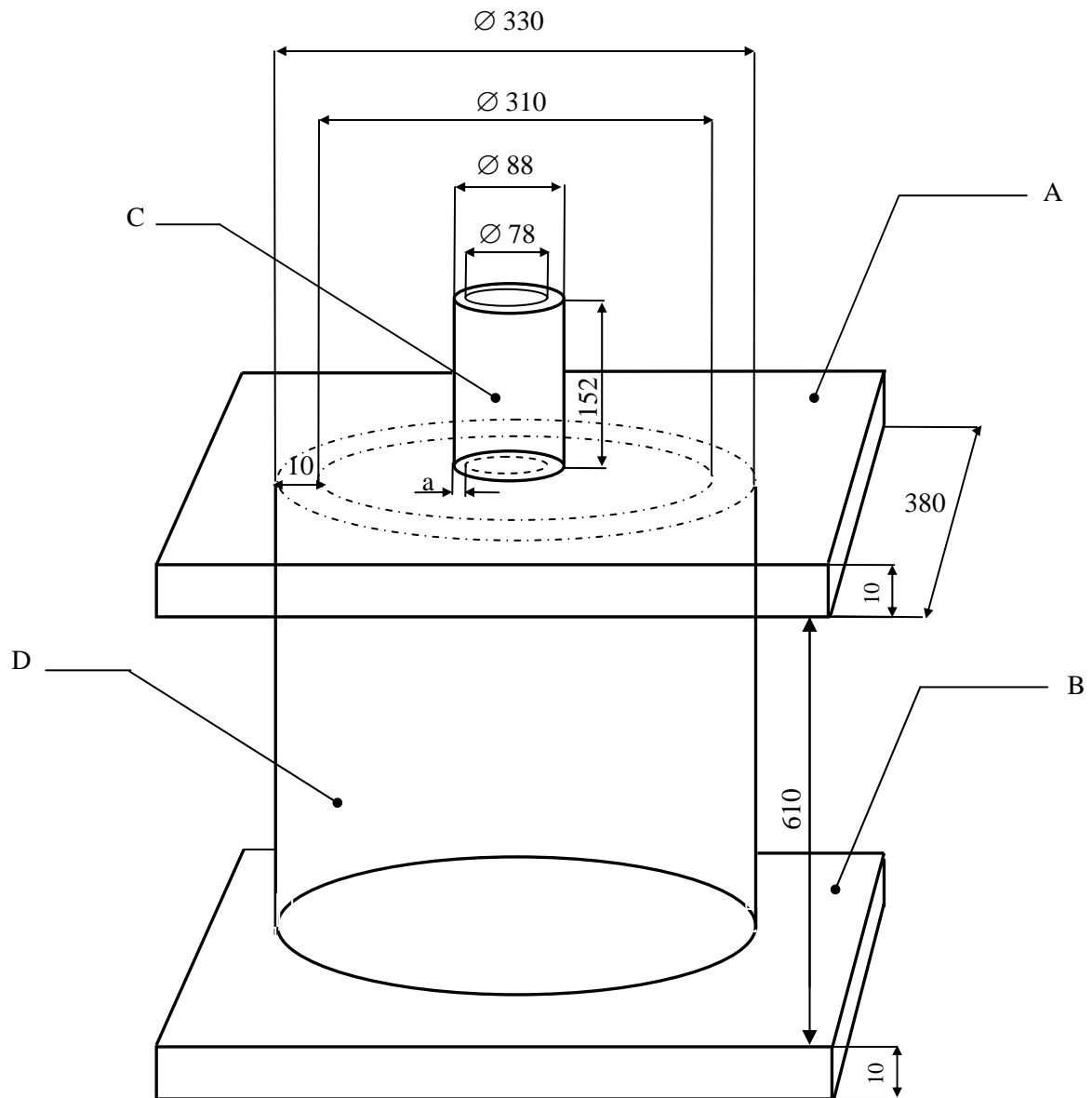
- a) Preuve de l'explosion;
- b) Bruit intense; et
- c) Projection de fragments en provenance de la zone du feu.

18.7.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière ne doit pas être transportée en citernes si l'on observe une explosion ou une fragmentation du tube. On considère que le résultat est négatif (-) en l'absence d'explosion ou de fragmentation du tube.

18.7.1.5 *Exemples de résultats*

*(Réservé)*



Toutes les cotes sont en millimètres

- 
- (A) Plaque supérieure (Schedule 40 carbon (A53 grade B))
  - (B) Plaque inférieure (Schedule 40 carbon (A53 grade B))
  - (C) Tuyau en acier ( $a = 0.5$  cm), Schedule 40 carbon (A53 grade B)
  - (D) Tuyau en acier (Schedule 40 carbon (A53 grade B))
- 

**Figure 18.7.1.1 : ÉPREUVE DU TUBE AVEC ÉVENT**

## 18.7.2 *Épreuve 8 d) ii): Épreuve modifiée du tube avec événement*

### 18.7.2.1 *Introduction*

Cette épreuve n'est pas destinée au classement mais elle figure dans le présent Manuel en tant que méthode visant à déterminer si des matières en vrac peuvent être transportées en citernes.

L'épreuve du tube avec événement sert à évaluer les effets de l'exposition à un feu important, sous confinement avec aération, d'une matière susceptible d'être classée comme nitrate d'ammonium en émulsion, suspension ou gel servant à la fabrication d'explosifs de mine.

### 18.7.2.2 *Appareillage et matériels*

On utilise le matériel suivant:

- a) Un récipient aéré comportant un tube en acier étiré doux d'un diamètre intérieur de  $265 \pm 10$  mm, d'une longueur de  $580 \pm 10$  mm et d'une épaisseur de paroi de  $5 \pm 0,5$  mm. Les plaques supérieure et inférieure, de forme carrée de 300 mm de côté, sont en acier doux d'une épaisseur de  $6 \pm 0,5$  mm. Elles sont fixées au tube par une soudure d'angle d'une épaisseur d'au moins 5 mm. Le diamètre de l'événement de la plaque supérieure est de  $85 \pm 1$  mm. Deux autres petits trous sont forés dans la plaque supérieure pour accueillir les sondes thermocouples;
- b) Un bloc de béton de forme carrée de 400 mm de côté environ et d'une épaisseur de 50 à 75 mm;
- c) Un support métallique destiné à soutenir le récipient à une hauteur de 150 mm au-dessus du bloc de béton;
- d) Un brûleur à gaz compatible avec un débit de gaz propane pouvant atteindre 60 g/min. Il repose sur le bloc de béton, en dessous du support. Le brûleur pour wok mongol à 32 jets est un exemple de brûleur qui convient;
- e) Un écran métallique destiné à protéger la flamme de gaz propane des vents latéraux. Il peut être fait d'une feuille métallique galvanisée d'une épaisseur de 0,5 mm environ. Le diamètre de l'écran est de 600 mm et sa hauteur de 250 mm. Quatre événements adaptables d'une largeur de 150 mm et d'une hauteur de 100 mm sont placés à égale distance les uns des autres autour de l'écran afin qu'une quantité suffisante d'air atteigne la flamme de gaz;
- f) Une ou plusieurs bouteilles à gaz propane reliées par un raccord aboutissant dans un détendeur. D'autres gaz combustibles peuvent être employés à condition que la vitesse de chauffe indiquée puisse être obtenue. Le détendeur doit réduire la pression de 600 kPa de la bouteille à gaz propane à 150 kPa environ. Le gaz s'écoule ensuite à travers un débitmètre à flotteur capable de mesurer un débit de gaz propane pouvant atteindre 60 g/min et à travers un robinet à pointeau. Un robinet électromagnétique est employé pour admettre ou suspendre à distance l'arrivée du gaz propane. Généralement, trois bouteilles à gaz propane de 9 kg permettent d'obtenir le débit souhaité de gaz pendant une durée maximum de cinq essais. Lors de leur mesure au cours du calibrage, la pression du gaz et le débit sont réglés pour qu'une vitesse de chauffe de  $3,3 \pm 0,3$  K/min puisse être obtenue;
- g) Trois thermocouples équipés de sondes en acier inoxydable d'une longueur de 500 mm (2 sondes) et de 100 mm (1 sonde) et de câbles de compensation gainés de fibre de verre;
- h) Un collecteur de données susceptible d'enregistrer les lectures des thermocouples;

- i) Des caméras cinématographiques ou vidéo pour l'enregistrement en couleurs de l'épreuve, fonctionnant de préférence à grande vitesse et à vitesse normale;
- j) De l'eau pure destinée au calibrage;
- k) La matière à éprouver.

Des indicateurs de pression du souffle, des radiomètres et le matériel d'enregistrement associé peuvent également être employés.

### 18.7.2.3 *Calibrage*

18.7.2.3.1 Le récipient est rempli d'eau pure jusqu'à 75 % de son contenu (c'est-à-dire à une hauteur de 435 mm) et est chauffé selon le mode opératoire décrit dans le paragraphe 18.7.2.4. L'eau à température ambiante est chauffée jusqu'à 90 °C, la température étant surveillée au moyen du thermocouple plongé dans l'eau. La variation de la température en fonction du temps doit correspondre à une ligne droite dont la pente est la "vitesse de chauffe de calibrage" pour un récipient et une source de chaleur donnés.

18.7.2.3.2 La pression et le débit du gaz doivent être réglés de manière qu'une vitesse de chauffe de  $3,3 \pm 0,3$  K/min puisse être obtenue.

18.7.2.3.3 Ce calibrage doit être exécuté avant l'épreuve d'une quelconque ENA. Il peut être appliqué aux épreuves exécutées dans la journée de son exécution, à condition qu'aucune modification ne soit apportée au modèle du récipient ou à l'alimentation en gaz. Un nouveau calibrage doit être exécuté lors d'un changement de brûleur.

### 18.7.2.4 *Mode opératoire*

18.7.2.4.1 Le bloc de béton est placé horizontalement, au moyen d'un niveau à bulle d'air, sur un fond sablonneux. Le brûleur à gaz propane est placé au centre du bloc de béton et est relié au tuyau d'alimentation en gaz. Le support métallique est placé au-dessus du brûleur.

18.7.2.4.2 Le récipient est placé verticalement sur le support et il est arrimé de manière à éviter qu'il ne se renverse. Le récipient est rempli d'ENA non tassée jusqu'à 75 % de son volume (à une hauteur de 435 mm). La température initiale de l'ENA doit être consignée. La matière est emballée avec soin pour éviter que des cavités ne se forment. L'écran contre le vent est placé autour de la base du montage afin de protéger la flamme de gaz propane d'une dissipation de la chaleur en raison des vents latéraux.

18.7.2.4.3 Les positions des thermocouples sont les suivantes:

- a) La première sonde d'une longueur de 500 mm (T1) est placée dans la flamme de gaz;
- b) La deuxième sonde d'une longueur de 500 mm (T2) est plongée dans le récipient, de manière que sa pointe soit située à une distance de 80 à 90 mm du fond du récipient;
- c) La troisième sonde d'une longueur de 100 mm (T3) est placée dans la zone au-dessus de l'échantillon, à une profondeur de 20 mm dans le récipient.

Les thermocouples sont reliés au collecteur de données. Les fils des thermocouples et le collecteur de données sont dûment protégés contre l'appareillage d'essai en cas d'explosion.

18.7.2.4.4 La pression et le débit du gaz propane sont vérifiés et ajustés aux valeurs employées au cours du calibrage avec l'eau décrit dans le paragraphe 18.7.2.3. Les caméras vidéo et les autres matériels d'enregistrement sont vérifiés et mis en marche. Le fonctionnement des thermocouples est vérifié et l'enregistrement des données est entamé, l'intervalle de temps entre deux lectures de thermocouples ne dépassant pas 10 s et étant de préférence plus court. L'épreuve ne doit pas être exécutée lorsque la vitesse du

vent dépasse 6 m/s. Lorsque la vitesse du vent est plus élevée, des précautions supplémentaires contre les vents latéraux sont nécessaires pour éviter que la chaleur ne se dissipe.

18.7.2.4.5 Le brûleur à gaz propane peut être allumé sur place ou à distance, et l'ensemble des techniciens doit immédiatement se retrancher dans un lieu sûr. Le déroulement de l'épreuve est suivi en surveillant les lectures des thermocouples et les images de la télévision en circuit fermé. Le temps du début de l'épreuve est défini comme étant l'instant où le tracé du thermocouple dans la flamme T1 commence à s'élever.

18.7.2.4.6 Le réservoir à gaz doit être suffisamment grand pour permettre à la matière de réagir éventuellement et pour maintenir un feu pendant une durée qui dépasse celle pendant laquelle l'échantillon se consume totalement. Si le récipient ne se rompt pas, le système doit pouvoir refroidir avant le démontage avec soin du dispositif d'essai.

18.7.2.4.7 Le résultat de l'épreuve est fonction de la question de savoir si la rupture du récipient est observée ou non avant que l'épreuve ne se soit terminée. Les faits suivants prouvent l'achèvement de l'épreuve:

- a) L'observation visuelle et auditive de la rupture du récipient, accompagnée d'une éventuelle disparition des tracés de thermocouple;
- b) L'observation visuelle et auditive d'une mise à l'air brutale, accompagnée d'un relèvement des deux tracés de thermocouple dans le récipient, et l'absence de matière subsistant dans le récipient; ou
- c) L'observation visuelle de la décroissance des niveaux de fumée à la suite du relèvement de deux tracés de thermocouple à des températures supérieures à 300 °C, et l'absence de matière subsistant dans le récipient.

Aux fins de l'évaluation des résultats, dans le mot "rupture", on inclut toute défaillance des soudures et toute fissure du métal du récipient.

18.7.2.4.8 L'épreuve est exécutée deux fois à moins qu'un résultat positif ne soit observé.

18.7.2.5 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats.*

On considère que le résultat est positif (+) et que la matière ne doit pas être transportée en citernes en tant que marchandise dangereuse de la division 5.1 si l'on observe une explosion à chaque épreuve. La rupture du récipient atteste de l'explosion. Lorsque la matière est consommée dans les deux épreuves et qu'aucune rupture du récipient n'est observée, on considère que le résultat est négatif (-).

18.7.2.6 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Résultat</b>
76,0 Nitrate d'ammonium / 17,0 Eau / 5,6 Huile de paraffine / 1,4 Émulsifiant PIBSA	-
84,0 Nitrate d'ammonium / 9,0 Eau / 5,6 Huile de paraffine / 1,4 Émulsifiant PIBSA	+
67,7 Nitrate d'ammonium / 12,2 Nitrate de sodium / 14,1 Eau / 4,8 Huile de paraffine / 1,2 Émulsifiant PIBSA	-
67,4 Nitrate d'ammonium / 15,0 Nitrate de méthylamine / 12,0 Eau / 5,0 Glycol / 0,6 Épaississant	-
71,4 Nitrate d'ammonium / 14,0 Nitrate d'hexamine / 14,0 Eau / 0,6 Épaississant	-

## **DEUXIÈME PARTIE**

# **PROCÉDURES DE CLASSEMENT, ÉPREUVES ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES AUTORÉACTIVES DE LA DIVISION 4.1 ET AUX PEROXYDES ORGANIQUES DE LA DIVISION 5.2**





## TABLE DES MATIÈRES DE LA DEUXIÈME PARTIE

**NOTA 1 :** Dans la liste qui suit, le pays ou l'organisme d'origine de chaque méthode d'épreuves est indiqué entre parenthèses après le nom de celle-ci.

**2 :** La méthode d'épreuves recommandée pour chaque type d'épreuve est indiquée par des caractères **gras** et par un astérisque dans la table des matières (voir à la sous-section 1.6 de l'Introduction générale).

<u>Section</u>	<u>Page</u>
<b>20. INTRODUCTION À LA DEUXIÈME PARTIE</b> .....	213
20.1 Objet.....	213
20.2 Domaine d'application.....	213
20.3 Procédure préliminaire.....	214
20.3.1 Description générale.....	214
20.3.2 Types d'épreuves.....	214
20.3.3 Application des méthodes d'épreuve.....	215
20.4 Procédures de classement.....	218
20.4.1 Description générale.....	218
20.4.2 Classement des matières autoréactives.....	218
20.4.3 Classement des peroxydes organiques.....	220
20.4.4 Types d'épreuves.....	221
20.4.5 Application des méthodes d'épreuve.....	221
20.5 Exemples de rapports d'épreuve.....	222
<b>21. ÉPREUVES DE LA SÉRIE A</b> .....	227
21.1 Introduction.....	227
21.2 Méthodes d'épreuve.....	227
21.3 Conditions d'épreuve.....	228
21.4 Série A : Dispositions d'épreuve.....	228
21.4.1 Épreuve A.1 : Épreuve BAM en tube d'acier de 50/60 (D).....	228
21.4.2 Épreuve A.2 : Épreuve TNO en tube d'acier de 50/70 (NL).....	232
21.4.3 Épreuve A.5 : Épreuve d'amorçage ("gap test") de l'ONU (ONU).....	236
21.4.4 <b>Épreuve A.6 : * Épreuve de détonation de l'ONU (ONU)</b> .....	239
<b>22. ÉPREUVES DE LA SÉRIE B</b> .....	243
22.1 Introduction.....	243
22.2 Méthodes d'épreuve.....	243
22.3 Conditions d'épreuve.....	243
22.4 Série B : Dispositions d'épreuve.....	243
22.4.1 <b>Épreuve B.1 : * Détonation dans un colis (NL)</b> .....	243

**TABLE DES MATIÈRES DE LA DEUXIÈME PARTIE**  
(suite)

<u>Section</u>	<u>Page</u>
<b>23. ÉPREUVES DE LA SÉRIE C</b> .....	247
23.1 Introduction.....	247
23.2 Méthode d'épreuve.....	247
23.3 Conditions d'épreuve.....	247
23.4 Série C : Dispositions d'épreuve.....	247
23.4.1 <b>Épreuve C.1 : * Épreuve pression/temps (GB)</b> .....	247
23.4.2 <b>Épreuve C.2 : * Épreuve de déflagration (NL)</b> .....	255
<b>24. ÉPREUVES DE LA SÉRIE D</b> .....	259
24.1 Introduction.....	259
24.2 Méthode d'épreuve.....	259
24.3 Conditions d'épreuve.....	259
24.4 Série D : Dispositions d'épreuve.....	259
24.4.1 <b>Épreuve D.1 : * Épreuve de déflagration dans un colis (NL)</b> .....	259
<b>25. ÉPREUVES DE LA SÉRIE E</b> .....	261
25.1 Introduction.....	261
25.2 Méthodes d'épreuve.....	261
25.3 Conditions d'épreuve.....	261
25.4 Série E : Dispositions d'épreuve.....	261
25.4.1 <b>Épreuve E.1 : * Épreuve de Koenen (D)</b> .....	261
25.4.2 <b>Épreuve E.2 : * Épreuve de la bombe des Pays-Bas (NL)</b> .....	269
25.4.3 <b>Épreuve E.3 : Épreuve de la bombe des États-Unis (USA)</b> .....	274
<b>26. ÉPREUVES DE LA SÉRIE F</b> .....	279
26.1 Introduction.....	279
26.2 Méthodes d'épreuve.....	279
26.3 Conditions d'épreuve.....	279
26.4 Série F : Dispositions d'épreuve.....	280
26.4.1 <b>Épreuve F.1 : Épreuve de tir au mortier balistique Mk.IIIId (GB)</b> .....	280
26.4.2 <b>Épreuve F.2 : Épreuve du mortier balistique (F)</b> .....	283
26.4.3 <b>Épreuve F.3 : Épreuve de Trauzl (BAM) (D)</b> .....	290
26.4.4 <b>Épreuve F.4 : * Épreuve de Trauzl modifiée (USA)</b> .....	295
26.4.5 <b>Épreuve F.5 : Épreuve de l'autoclave haute pression (NL)</b> .....	299
<b>27. ÉPREUVES DE LA SÉRIE G</b> .....	303
27.1 Introduction.....	303
27.2 Méthodes d'épreuve.....	303
27.3 Conditions d'épreuve.....	303
27.4 Série G : Dispositions d'épreuve.....	303
27.4.1 <b>Épreuve G.1 : * Épreuve d'explosion sous l'effet de la chaleur dans un colis (NL)</b> ....	303
27.4.2 <b>Épreuve G.2 : Épreuve de décomposition accélérée dans un colis (USA)</b> .....	306

**TABLE DES MATIÈRES DE LA DEUXIÈME PARTIE**  
**(suite)**

<b><u>Section</u></b>	<b>Page</b>
<b>28. ÉPREUVES DE LA SÉRIE H</b> .....	309
28.1 Introduction .....	309
28.2 Méthodes d'épreuve.....	309
28.3 Conditions d'épreuve .....	310
28.4 Série H : Dispositions d'épreuve .....	312
28.4.1 <b>Épreuve H.1 : * Épreuve TDAA des États-Unis (USA)</b> .....	312
28.4.2 <b>Épreuve H.2 : * Épreuve de stockage adiabatique (NL)</b> .....	317
28.4.3 Épreuve H.3 : Épreuve de stockage isotherme (ESI) (NL) .....	322
28.4.4 <b>Épreuve H.4 : * Épreuve de stockage avec accumulation de chaleur (D)</b> .....	327



## SECTION 20

### INTRODUCTION À LA DEUXIÈME PARTIE

#### 20.1 Objet

20.1.1 La deuxième partie du Manuel présente le système ONU de classement des matières autoréactives de la division 4.1 et des peroxydes organiques de la division 5.2 (voir la sous-section 2.4.2.3 et la section 2.5.3 du Règlement type) et décrit les procédures, les méthodes d'épreuve et les critères d'évaluation des résultats jugés les plus utiles pour fournir aux autorités compétentes les renseignements dont elles ont besoin pour classer correctement les matières à transporter. Cette partie doit être utilisée conjointement avec les principes de classement indiqués aux paragraphes 20.4.2 (division 4.1) et 20.4.3 (division 5.2) et le diagramme de décision de la figure 20.1 (voir aussi les paragraphes 2.4.2.3.3 et 2.5.3.3 du Règlement type).

20.1.2 Les matières autoréactives et les peroxydes organiques sont classés en sept types selon le danger qu'ils présentent. La figure 20.1 montre le diagramme utilisé pour classer ces matières. Les épreuves sont conduites en deux temps. *Dans un premier temps, afin d'assurer la sécurité dans les laboratoires, on procède à des essais à petite échelle pour déterminer la stabilité et la sensibilité de la matière.* Dans un deuxième temps, on procède à des épreuves de classement.

#### 20.2 Domaine d'application

20.2.1 Les nouvelles matières sujettes à la décomposition exothermique, dont on envisage le transport, doivent être soumises aux procédures de classement propres aux matières autoréactives énoncées dans cette section, sauf :

- a) S'il s'agit de matières explosibles conformément aux critères de la classe 1;
- b) S'il s'agit des matières comburantes conformément à la procédure de classement relative à la division 5.1 (voir section 34), à l'exception des mélanges de matières comburantes contenant au moins 5 % de matières organiques combustibles qui relèvent de la procédure de classement définie au Nota ci-dessous;

*NOTA: Les mélanges de matières comburantes satisfaisant aux critères de la division 5.1 qui contiennent au moins 5 % de matières organiques combustibles mais qui ne satisfont pas aux critères définis aux paragraphes a), c), d) ou e) ci-dessus doivent être soumis à la procédure de classement des matières autoréactives.*

*Les mélanges ayant les propriétés des matières autoréactives de type B à F doivent être classés comme matières autoréactives de la division 4.1.*

*Les mélanges ayant les propriétés des matières autoréactives du type G conformément au principe énoncé au 20.4.2 g), doivent être considérés aux fins de classement comme des matières de la division 5.1 (voir section 34).*

- c) S'il s'agit de peroxydes organiques conformément aux critères de la division 5.2;
- d) Si leur chaleur de décomposition (voir 20.3.3.3) est inférieure à 300 J/g;
- e) Si leur température de décomposition auto-accélérée (point de décomposition exothermique) est supérieure à 75 °C pour un colis de 50 kg.

20.2.2 Les nouveaux peroxydes organiques dont on envisage le transport doivent être soumis à la procédure de classement énoncée dans cette section, sauf :

- a) Si la préparation de peroxyde organique ne contient pas plus de 1 % d'oxygène actif pour 1 % au maximum de peroxyde d'hydrogène;
- b) Si la préparation de peroxyde organique ne contient pas plus de 0,5 % d'oxygène actif pour plus de 1 % mais 7 % au maximum de peroxyde d'hydrogène.

20.2.3 Dans ce contexte, on entend par nouveau produit un produit qui, de l'avis de l'autorité compétente, comporte une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- a) Une nouvelle matière autoréactive qui répond à la définition du paragraphe 2.4.2.3.1.1 du Règlement type, ou un mélange de matières autoréactives déjà classées considéré comme sensiblement différent des mélanges déjà classés;
- b) Un activateur est ajouté à une matière autoréactive déjà classée (voir les paragraphes 2.4.2.3.2.1 et 2.4.2.3.2.2 du Règlement type) et entraîne une diminution de sa stabilité thermique ou une modification de ses propriétés explosives;
- c) Un nouveau peroxyde organique qui répond à la définition du paragraphe 2.5.1 du Règlement type, ou un mélange de peroxydes organiques déjà classés considéré comme sensiblement différent des mélanges déjà classés.

20.2.4 Les mélanges de compositions de peroxydes organiques affectées actuellement à une rubrique générique peuvent être classés comme le même type de peroxyde organique que celui du composant le plus dangereux et être transportés dans les conditions indiquées pour ce type. Toutefois, deux composants pouvant former un mélange de moindre stabilité thermique, il faut calculer la température de décomposition auto-accélérée (TDAA) du mélange et, si nécessaire, la température de régulation et la température critique découlant de la TDAA conformément au paragraphe 2.5.3.4 du Règlement type.

20.2.5 La procédure de classement doit être appliquée avant que le nouveau produit ne soit présenté au transport.

20.2.6 Toute matière qui présente les propriétés d'une matière autoréactive (sauf si elle est du type G) doit être classée comme telle, même si elle donne un résultat positif dans l'épreuve pour les matières sujettes à l'auto-échauffement de la division 4.2 (voir la section 32.5.2 du présent Manuel et le chapitre 2.4 du Règlement type).

## **20.3 Procédure préliminaire**

### **20.3.1 Description générale**

*Il est essentiel pour la sécurité du personnel de laboratoire de soumettre les matières à des épreuves préliminaires à petite échelle, avant de manipuler de plus grandes quantités.* Il s'agira en particulier d'épreuves de sensibilité aux effets mécaniques (choc et frottement), ainsi qu'à la chaleur et à la flamme.

### **20.3.2 Types d'épreuves**

On peut généralement utiliser quatre types d'épreuves à petite échelle pour une évaluation préliminaire de la sécurité :

- a) Une épreuve de sensibilité au choc sous l'effet de la chute d'une masse;
- b) Une épreuve de sensibilité au frottement (y compris le frottement avec choc);

- c) Une épreuve de stabilité à la chaleur et de l'énergie de décomposition exothermique;
- d) Une épreuve déterminant l'effet de l'inflammation.

### **20.3.3 Application des méthodes d'épreuve**

**20.3.3.1** *Pour des raisons de sécurité, on commence généralement par les épreuves qui nécessitent la plus petite quantité de matière.*

**20.3.3.2** Pour déterminer la sensibilité au choc et au frottement, on peut utiliser une des épreuves de la série 3 de la procédure d'acceptation dans la classe 1 (voir première partie).

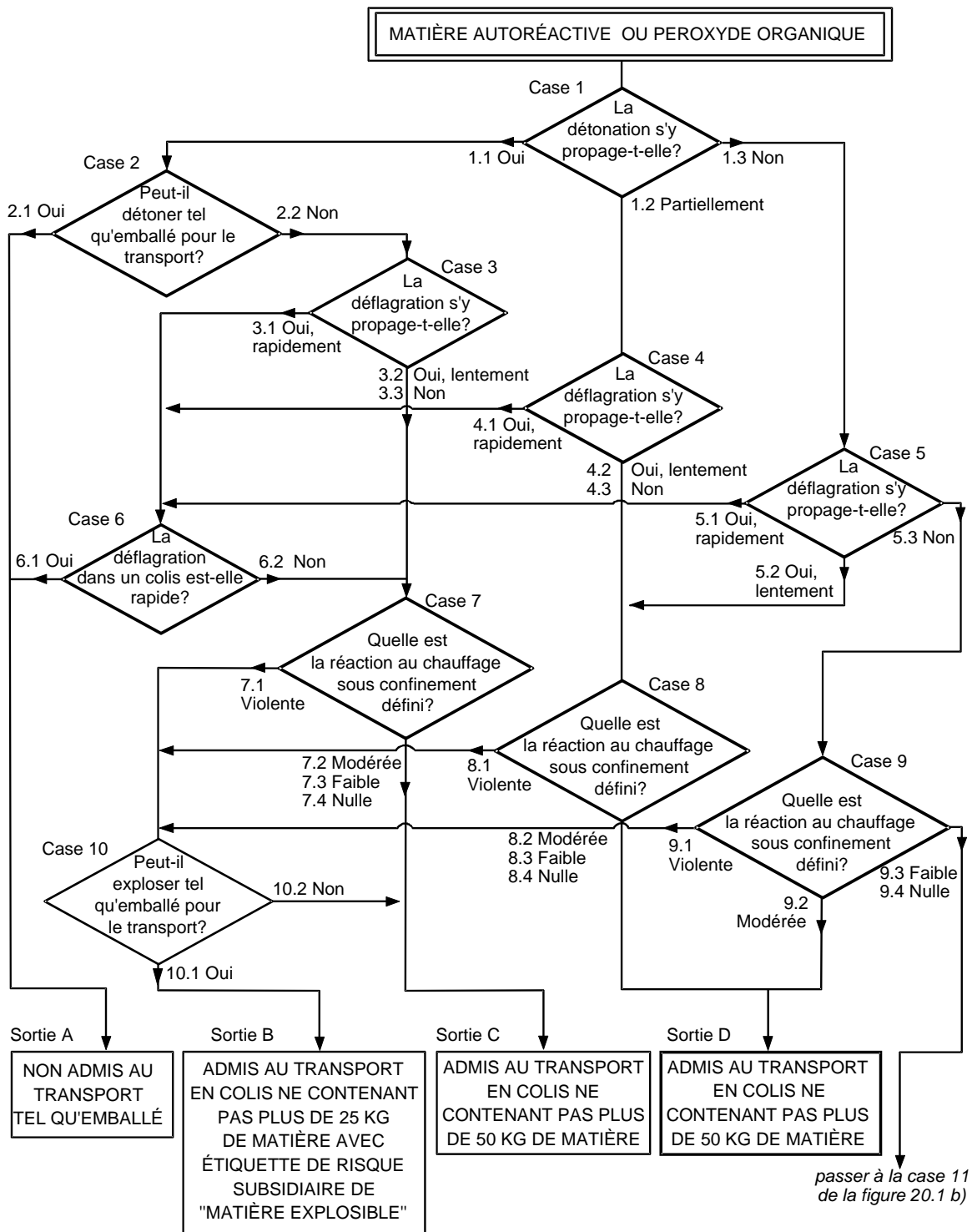
**20.3.3.3** La stabilité thermique et l'énergie de décomposition exothermique peuvent être déterminées au moyen d'un procédé calorimétrique approprié, tel que l'analyse calorimétrique différentielle ou la calorimétrie adiabatique. En utilisant ces techniques, il convient d'exercer un soin particulier pour interpréter les résultats, quand :

- On prélève des échantillons de mélanges pour les soumettre à des épreuves;
- Le matériau dont est fait le récipient contenant l'échantillon peut influencer sur les résultats;
- Une composition endothermique précède immédiatement une réaction exothermique;
- L'évaporation des constituants abaisse l'exothermicité (normalement il faut utiliser des récipients porte-échantillons scellés);
- La présence d'air peut influencer de façon critique sur l'énergie de décomposition mesurée;
- Il y a une grande différence entre la chaleur spécifique des réactifs et celle des produits;
- On utilise des vitesses de chauffe élevées (avec l'analyse calorimétrique différentielle, ces vitesses de chauffe devraient être normalement de l'ordre de 2 à 5 K/min).

Si l'on utilise l'analyse calorimétrique différentielle, la température initiale obtenue par extrapolation est définie comme le point d'intersection entre la tangente au point de plus grande pente sur le flanc d'attaque du pic, et la base obtenue par extrapolation.

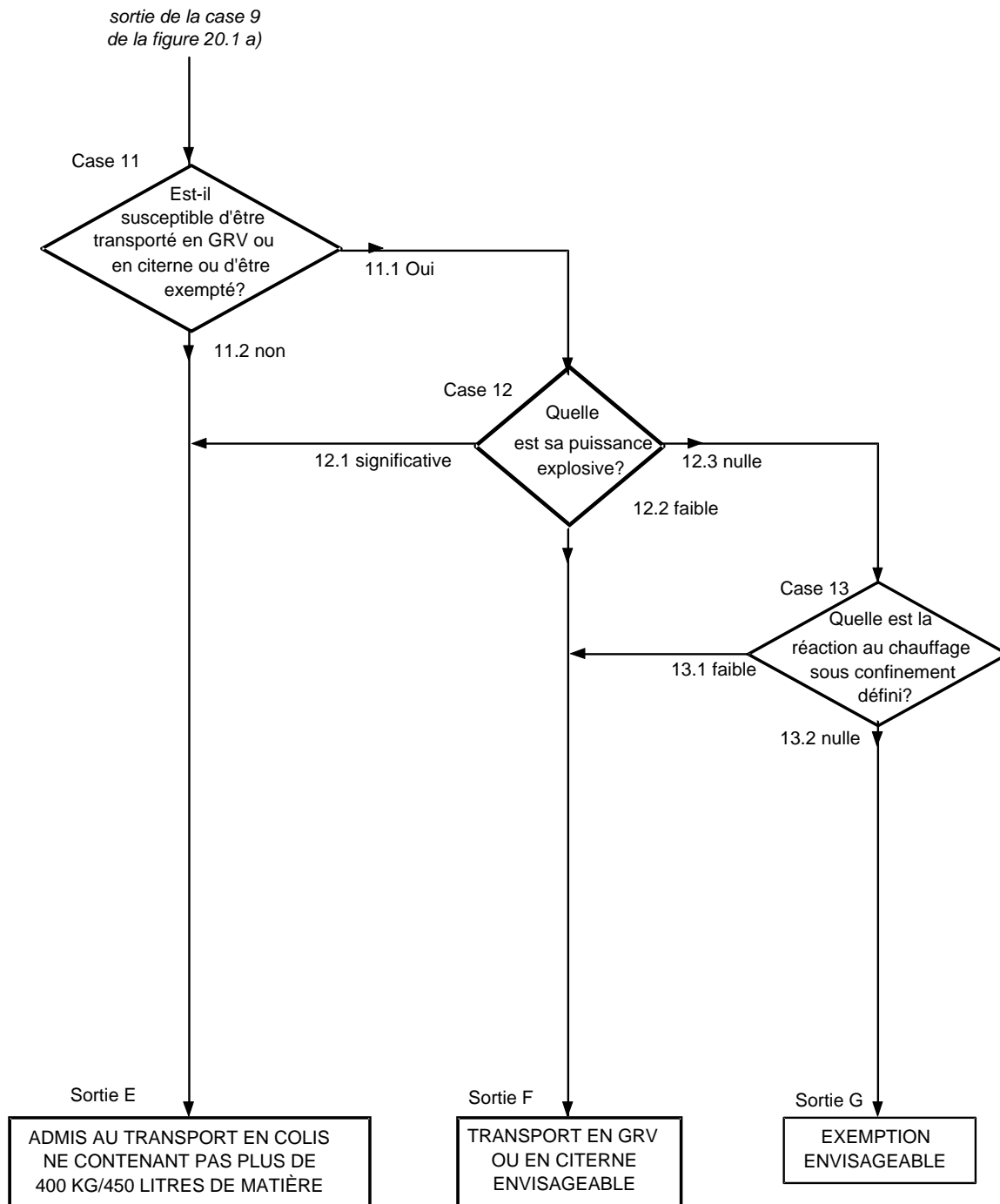
**20.3.3.4** Pour examiner l'effet de l'inflammation, on peut utiliser toute méthode appropriée permettant de déterminer clairement quels sont les matériaux qui réagissent violemment sous confinement faible ou nul.

**Figure 20.1 a) : DIAGRAMME DE DÉCISION POUR LE CLASSEMENT DES MATIÈRES AUTORÉACTIVES ET DES PEROXYDES ORGANIQUES**





**Figure 20.1 b) : DIAGRAMME DE DÉCISION POUR LE CLASSEMENT DES MATIÈRES AUTORÉACTIVES ET DES PEROXYDES ORGANIQUES (suite)**



## **20.4 Procédure de classement**

### **20.4.1 Description générale**

20.4.1.1 Les principes de classement des matières autoréactives et des peroxydes organiques sont énoncés aux sous-sections 20.4.2 et 20.4.3 respectivement (voir aussi les paragraphes 2.4.2.3.3 et 2.5.3.3 du Règlement type). Le système général de classement (diagramme de décision) fait l'objet de la figure 20.1. Les matières autoréactives et les peroxydes organiques peuvent être classés en sept types, selon le danger qu'ils présentent. Pour déterminer le type d'une matière, il est nécessaire d'en déterminer les propriétés ainsi qu'il est spécifié dans les cases du diagramme de décision ou dans les principes de classement énoncés dans les Recommandations. Les types vont du type A, non admis au transport dans l'emballage dans lequel il a été soumis à l'épreuve, au type G, qui est exempté des dispositions relatives aux matières autoréactives de la division 4.1 ou aux peroxydes organiques de la division 5.2. Quant aux types B à F, le classement est directement lié à la quantité maximale de matière autorisée par colis.

20.4.1.2 Une matière autoréactive doit être considérée comme ayant des propriétés explosives si, lors des épreuves de laboratoire, elle se révèle capable de détoner, de déflager rapidement ou de réagir violemment lors d'un chauffage sous confinement.

20.4.1.3 La température de décomposition auto-accélérée (ou TDAA) encore appelée point de décomposition exothermique d'une matière est par définition la plus basse température à laquelle une telle décomposition peut se produire dans l'emballage utilisé pour le transport (voir la sous-section 2.5.3.4 du Règlement type). Elle est à établir pour savoir :

- a) Si une matière doit faire l'objet d'une régulation de température pendant le transport;
- b) Si, le cas échéant, la matière satisfait aux dispositions relatives au type G;
- c) Si, le cas échéant, une matière satisfait au critère TDAA pour les matières autoréactives.

20.4.1.4 La forme physique de la matière doit être déterminée, le cas échéant, comme indiqué dans la définition de "liquide" au paragraphe 1.2.1 du Règlement type.

20.4.1.5 La matière est affectée à la rubrique générique appropriée en fonction de son type, de son état physique et du fait qu'une régulation de la température est ou non exigée.

### **20.4.2 Classement des matières autoréactives**

Pour le classement des matières autoréactives non répertoriées au paragraphe 2.4.2.3.2.3 du Règlement type, les principes ci-après doivent être appliqués :

- a) Une matière autoréactive qui, telle qu'elle est emballée pour le transport, peut détoner ou déflager rapidement, doit être interdite au transport dans cet emballage en tant que matière de la division 4.1 (elle est classée MATIÈRE AUTORÉACTIVE DU TYPE A, case de sortie A de la figure 20.1);
- b) Une matière autoréactive ayant des propriétés explosives, qui, telle qu'elle est emballée pour le transport, ne détone pas et ne déflage pas rapidement, mais peut exploser sous l'effet de la chaleur dans cet emballage, doit aussi porter une étiquette de risque subsidiaire de "MATIÈRE EXPLOSIBLE". Une matière autoréactive de cette catégorie peut être admise au transport en colis ne contenant pas plus de 25 kg de matière, à moins qu'une quantité maximale inférieure ne soit nécessaire pour éviter la détonation ou la déflagration rapide dans le colis (elle est classée MATIÈRE AUTORÉACTIVE DU TYPE B, case de sortie B de la figure 20.1);

- c) Une matière autoréactive ayant des propriétés explosives peut être transportée sans étiquette de risque subsidiaire de "MATIÈRE EXPLOSIBLE" si, la matière telle qu'elle est emballée pour le transport (quantité maximale : 50 kg par colis), ne peut détoner, déflagrer rapidement, ni exploser sous l'effet de la chaleur (elle est classée MATIÈRE AUTORÉACTIVE DU TYPE C, case de sortie C de la figure 20.1);
- d) Une matière autoréactive, qui lors d'épreuves de laboratoire, a l'un des comportements suivants :
- i) elle détone partiellement, mais ne déflagre pas rapidement et ne réagit pas violemment au chauffage sous confinement;
  - ii) elle ne détone pas, mais déflagre lentement, sans réagir violemment au chauffage sous confinement; ou
  - iii) elle ne détone pas et ne déflagre pas, mais réagit modérément au chauffage sous confinement,
- peut être admise au transport en colis ne contenant pas plus de 50 kg (masse nette) de matière (elle est classée MATIÈRE AUTORÉACTIVE DU TYPE D, case de sortie D de la figure 20.1);
- e) Une matière autoréactive qui, lors d'épreuves de laboratoire, ne détone pas et ne déflagre pas, et n'a qu'une réaction faible ou nulle au chauffage sous confinement, peut être admise au transport en colis ne contenant pas plus de 400 kg/450 litres de matière (elle est classée MATIÈRE AUTORÉACTIVE DU TYPE E, case de sortie E de la figure 20.1);
- f) Une matière autoréactive qui, lors d'épreuves de laboratoire, ne détone pas à l'état cavité, ne déflagre pas, n'a qu'une réaction faible ou nulle au chauffage sous confinement, et n'a qu'une puissance explosive faible ou nulle, peut éventuellement être admise au transport en GRV ou en citernes (elle est classée MATIÈRE AUTORÉACTIVE DU TYPE F, case de sortie F de la figure 20.1); pour des dispositions additionnelles, voir le Règlement type, sous-section 4.1.7.2 et instruction d'emballage IBC 520, ainsi que sous-section 4.2.1.13 et instruction de transport en citernes mobiles T23;
- g) Une matière qui, lors d'épreuves de laboratoire, ne détone pas à l'état cavité, ne déflagre pas, ne réagit pas au chauffage sous confinement, et a une puissance explosive nulle, n'est pas classée comme matière autoréactive de la division 4.1, à condition d'être thermiquement stable (c'est-à-dire d'avoir une TDAA de 60 à 75 °C pour un colis de 50 kg) et si le ou les diluants utilisés satisfont aux dispositions du paragraphe 2.4.2.3.5 du Règlement type (elle est classée comme MATIÈRE AUTORÉACTIVE DU TYPE G, case de sortie G de la figure 20.1). Si la préparation n'est pas thermiquement stable ou qu'un diluant autre, compatible, d'un point d'ébullition inférieur à 150 °C est utilisé comme flegmatisant, la préparation est définie comme étant un LIQUIDE/SOLIDE AUTORÉACTIF DU TYPE F.

### 20.4.3 *Classement des peroxydes organiques*

Pour le classement des préparations de peroxydes organiques non répertoriés au paragraphe 2.5.3.2.4 du Règlement type, on doit appliquer les critères ci-après :

- a) Une préparation de peroxyde organique qui, telle qu'elle est emballée pour le transport, peut détoner ou déflagrer rapidement doit être interdite au transport dans cet emballage en tant que matière de la division 5.2 (elle est classée PEROXYDE ORGANIQUE DU TYPE A, case de sortie A de la figure 20.1);
- b) Une préparation de peroxyde organique ayant des propriétés explosives, qui, telle qu'elle est emballée pour le transport, ne détone pas et ne déflagre pas rapidement, mais peut exploser sous l'effet de la chaleur dans cet emballage, doit aussi porter une étiquette de risque subsidiaire de "MATIÈRE EXPLOSIBLE". Un peroxyde organique de cette catégorie peut être transporté en colis contenant jusqu'à 25 kg de matière, à moins qu'une quantité maximale inférieure ne soit nécessaire pour éviter la détonation ou la déflagration rapide dans l'emballage (elle est classée PEROXYDE ORGANIQUE DU TYPE B, case de sortie B de la figure 20.1);
- c) Une préparation de peroxyde organique ayant des propriétés explosives peut être transportée sans étiquette de risque subsidiaire de "MATIÈRE EXPLOSIBLE" si la matière, telle qu'elle est emballée pour le transport (50 kg au maximum par emballage), ne peut détoner, déflagrer rapidement, ni exploser sous l'effet de la chaleur (elle est classée PEROXYDE ORGANIQUE DU TYPE C, case de sortie C de la figure 20.1);
- d) Une préparation de peroxyde organique qui, lors d'épreuves de laboratoire, a l'un des comportements suivants :
  - i) elle détone partiellement, mais ne déflagre pas rapidement et ne réagit pas violemment au chauffage sous confinement; ou
  - ii) elle ne détone pas, mais déflagre lentement sans réagir violemment au chauffage sous confinement; ou
  - iii) elle ne détone pas et ne déflagre pas, mais réagit modérément au chauffage sous confinement,peut être admise au transport en colis ne contenant pas plus de 50 kg (masse nette) de matière (elle est classée PEROXYDE ORGANIQUE DU TYPE D, case de sortie D de la figure 20.1);
- e) Une préparation de peroxyde organique qui, lors d'épreuves de laboratoire, ne détone pas et ne déflagre pas, et n'a qu'une réaction faible ou nulle au chauffage sous confinement, peut être admise au transport en emballage ne contenant pas plus de 400 kg/450 l de matière (elle est classée PEROXYDE ORGANIQUE DU TYPE E, case de sortie E de la figure 20.1);
- f) Une préparation de peroxyde organique qui, lors d'épreuves de laboratoire, ne détone pas à l'état cavité, ne déflagre pas, n'a qu'une réaction faible ou nulle au chauffage sous confinement, et n'a qu'une puissance explosive faible ou nulle, peut éventuellement être admise au transport en GRV ou en citerne (elle est classée PEROXYDE ORGANIQUE DU TYPE F, case de sortie F de la figure 20.1); pour des dispositions additionnelles, voir le Règlement type, sous-section 4.1.7.2 et instruction d'emballage IBC 520, ainsi que sous-section 4.2.1.13 et instruction de transport en citernes mobiles T23;

- g) Une préparation de peroxyde organique qui, lors d'épreuves de laboratoire, ne détone pas à l'état cavité, ne déflagre pas, ne réagit pas au chauffage sous confinement, et a une puissance explosive nulle, est exemptée de la division 5.2, à condition d'être thermiquement stable (c'est-à-dire d'avoir une TDAA de 60 °C ou plus pour un colis de 50 kg), et pour une préparation liquide, d'être désensibilisée avec un diluant du type A (cette matière est classée PEROXYDE ORGANIQUE DU TYPE G, case de sortie G de la figure 20.1). Si la préparation n'est pas thermiquement stable ou qu'on utilise un diluant autre qu'un diluant du type A pour la désensibilisation, la préparation doit être définie comme étant un PEROXYDE ORGANIQUE DU TYPE F.

#### **20.4.4** *Types d'épreuves*

20.4.4.1 Les paragraphes 20.4.2 et 20.4.3 se réfèrent seulement aux propriétés des matières autoréactives et à celles des peroxydes organiques qui sont déterminantes pour leur classement. Ces propriétés doivent être déterminées au moyen d'épreuves.

20.4.4.2 Les méthodes d'épreuve à utiliser pour déterminer le type d'une matière autoréactive ou d'un peroxyde organique sont réparties en huit séries, désignées par les lettres A à H; elles ont pour objet de fournir les éléments d'information nécessaires pour répondre aux questions posées dans le diagramme de décision de la figure 20.1 et appliquer les principes de classement.

20.4.4.3 La série d'épreuves A comprend des épreuves de laboratoire et des critères relatifs à la propagation d'une détonation (case 1 du diagramme de décision).

20.4.4.4 La série d'épreuves B comprend un essai et des critères relatifs à la propagation de la détonation d'une matière dans un emballage de transport (case 2 du diagramme de décision).

20.4.4.5 La série d'épreuves C comprend des essais de laboratoire et des critères relatifs à la propagation de la déflagration (cases 3, 4 et 5 du diagramme de décision).

20.4.4.6 La série d'épreuves D comprend un essai et des critères relatifs à la propagation de la déflagration rapide d'une matière dans un emballage de transport (case 6 du diagramme de décision).

20.4.4.7 La série d'épreuves E comprend des essais de laboratoire et des critères relatifs aux effets du chauffage sous confinement défini (cases 7, 8, 9 et 13 du diagramme de décision).

20.4.4.8 La série d'épreuves F comprend des essais de laboratoire et des critères relatifs à la puissance explosive des matières pour lesquelles on envisage le transport en grands récipients pour vrac (GRV) ou en citernes, ou l'exemption (case 11 du diagramme de décision), ainsi que l'indique la case 12 du diagramme.

20.4.4.9 La série d'épreuves G comprend des essais et des critères relatifs aux effets d'une explosion par échauffement d'une matière dans un emballage de transport (case 10 du diagramme de décision).

20.4.4.10 La série d'épreuves H comprend des essais et des critères relatifs à la détermination de la température de décomposition auto-accélérée des peroxydes organiques et des matières autoréactives ou potentiellement autoréactives.

#### **20.4.5** *Application des méthodes d'épreuve*

20.4.5.1 L'ordre dans lequel sont rangées les séries d'épreuves A à H se rapporte plus à la séquence d'évaluation des résultats qu'à l'ordre d'exécution des épreuves. La séquence recommandée des essais de laboratoire est la suivante : séries d'épreuves E, H, F, C puis A. Il peut arriver que certaines épreuves ne soient pas nécessaires; voir l'introduction de chaque série d'épreuves.

20.4.5.2 Les épreuves dans un colis des séries B, D et G ne sont à exécuter que si les résultats des épreuves correspondantes des séries d'épreuves A, C et E l'indiquent.

## **20.5 Exemples de rapports d'épreuve**

20.5.1 Les figures 20.2 et 20.3, respectivement, donnent des exemples de procès-verbal d'épreuve et de classement.

20.5.2 Pour tenir compte des incertitudes analytiques, la concentration de la matière à transporter peut être supérieure de 2 % à la concentration éprouvée. Pour une épreuve sur un peroxyde organique, la teneur en oxygène actif doit être indiquée dans la rubrique Informations générales du rapport. De même, si une matière autoréactive est éprouvée, il convient de donner, le cas échéant, le type et la concentration de l'activateur.

20.5.3 Si les résultats d'épreuve préliminaires indiquent que la matière est très sensible à l'inflammation (par choc, frottement ou étincelle), ces résultats doivent être consignés dans le rapport.

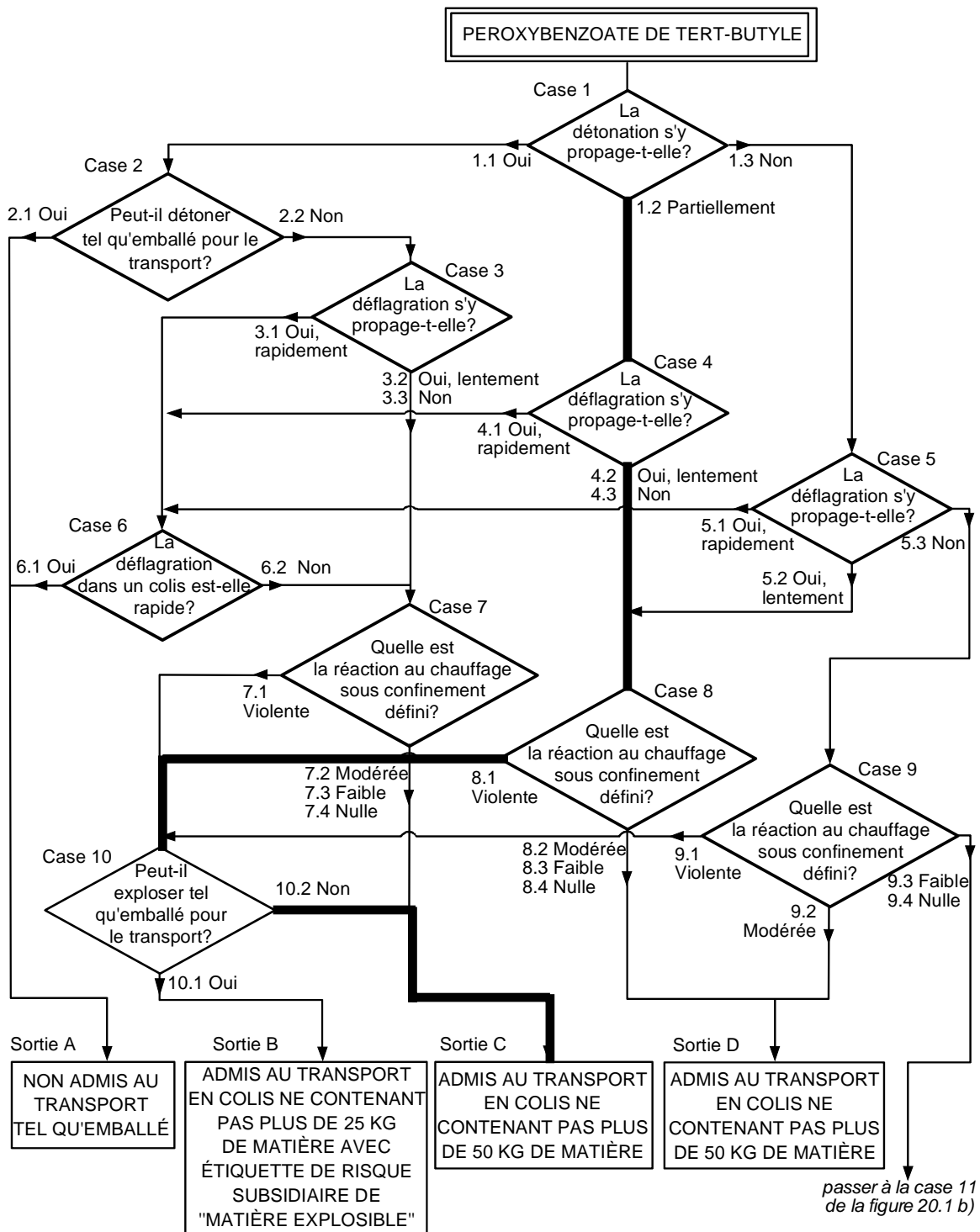
**Figure 20.2 : EXEMPLE DE RAPPORT D'ÉPREUVE**

1.	Nom de la matière	:	PEROXYBENZOATE de tert-BUTYLE, techniquement pur
2.	Informations générales		
2.1	Composition	:	Peroxybenzoate de tert-butyle à 98 %
2.2	Formule moléculaire	:	C <sub>11</sub> H <sub>14</sub> O <sub>3</sub>
2.3	Teneur en oxygène actif	:	8,24 %
2.4	Teneur en activateur	:	Sans objet
2.5	État physique	:	Liquide
2.6	Couleur	:	Incolore
2.7	Densité (apparente)	:	1 040 kg/m <sup>3</sup>
2.8	Granulométrie	:	Sans objet
3.	Détonation (série d'épreuves A) Case 1	:	La détonation s'y propage-t-elle ?
3.1	Méthode	:	Épreuve BAM en tube d'acier de 50/60 (épreuve A.1)
3.2	État de l'échantillon	:	Température ambiante
3.3	Observations	:	Tube fragmenté sur une longueur de 30 cm, la matière qui n'a pas réagi est restée dans le tube
3.4	Résultat	:	Partiellement
3.5	Sortie	:	1.2
4.	Déflagration (série d'épreuves C) Case 4	:	La déflagration s'y propage-t-elle ?
4.1	Méthode 1	:	Épreuve pression/temps (épreuve C.1)
4.2	État de l'échantillon	:	Température ambiante
4.3	Observations	:	Temps : 2,5 s
4.4	Résultat	:	Oui, lentement
4.5	Méthode 2	:	Épreuve de déflagration (épreuve C.2)
4.6	État de l'échantillon	:	Température, 50 °C
4.7	Observations	:	Vitesse de déflagration 0,65 mm/s
4.8	Résultat	:	Oui, lentement
4.9	Résultat final	:	Oui, lentement
4.10	Sortie	:	4.2
5.	Chauffage sous confinement (série d'épreuves E) Case 8	:	Quelle est la réaction au chauffage sous confinement défini ?
5.1	Méthode 1	:	Épreuve de Koenen (épreuve E.1)
5.2	État de l'échantillon	:	Masse : 26 g
5.3	Observations	:	Diamètre limite 3,5 mm (délai de réaction = 19 s et durée de réaction = 22 s)
5.4	Résultat	:	Réaction violente
5.5	Méthode 2	:	Épreuve de la bombe des Pays-Bas (épreuve E.2)
5.6	État de l'échantillon	:	10,0 g
5.7	Observations	:	Diamètre limite 10 mm (délai de réaction = 110 s et durée de la réaction = 4 s)

5.8	Résultat	:	Réaction violente
5.9	Résultat final	:	Réaction violente
5.10	Sortie	:	8.1
6.	Explosion dans un colis (série d'épreuves G) Case 10	:	Peut-il exploser tel qu'emballé pour le transport ?
6.1	Méthode	:	Épreuve de l'explosion sous l'effet de la chaleur dans un colis (épreuve G.1)
6.2	État de l'échantillon	:	25 kg d'échantillon dans un colis 6HG2 d'une capacité de 30 litres
6.3	Observations	:	Dégagement de fumées, pas de fragmentation du colis
6.4	Résultat	:	Pas d'explosion (méthode d'emballage OP5)
6.5	Sortie	:	10.2
7.	Stabilité à la chaleur (série d'épreuves H)		
7.1	Méthode	:	Épreuve TDAA des États-Unis (épreuve H.1)
7.2	État de l'échantillon	:	20 litres d'échantillon dans un emballage 6HG2 d'une capacité de 25 litres
7.3	Observations	:	Décomposition auto-accélérée à 63 °C, pas de décomposition auto-accélérée à 58 °C, température de décomposition auto-accélérée : 63 °C
7.4	Résultat	:	Il n'est pas nécessaire de prévoir une régulation de température
8.	Données supplémentaires (voir 20.5.3)		
8.1	Méthode	:	Épreuve BAM au mouton de choc (épreuve 3 a) ii)
8.2	État de l'échantillon	:	Température ambiante
8.3	Observations	:	Énergie limite d'impact (5 J)
8.4	Résultat	:	Sensible au choc
9.	Affectation proposée		
9.1	Désignation officielle de transport	:	PEROXYDE ORGANIQUE DU TYPE C, LIQUIDE
9.2	Numéro ONU	:	3103
9.3	Division	:	5.2
9.4	Nom technique	:	Peroxybenzoate de tert-butyle
9.5	Concentration	:	≤ 100 %
9.6	Diluant(s)	:	Néant
9.7	Risques subsidiaires	:	Néant
9.8	Groupe d'emballage	:	II
9.9	Méthode d'emballage	:	OP5
9.10	Régulation de température	:	Néant
9.11	Température critique	:	Néant



**Figure 20.3 : CLASSEMENT DU PEROXYBENZOATE DE TERT-BUTYLE**





## SECTION 21

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE A

**21.1 Introduction**

21.1.1 La série d'épreuves A comprend des épreuves de laboratoire et des critères d'évaluation des résultats concernant la propagation d'une détonation, permettant de répondre à la question de la case 1 de la figure 20.1

**21.2 Méthodes d'épreuve**

21.2.1 À la question "La détonation s'y propage-t-elle ?" (case 1 de la figure 20.1), il est répondu selon les résultats d'une des méthodes d'épreuve du tableau 21.1. Pour les liquides susceptibles d'être transportés en conteneurs-citernes ou en GRV de capacité supérieure à 450 litres, on peut utiliser une version sous cavitation d'une épreuve de la série A (voir appendice 3).

**Tableau 21.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE A**

Code	Nom de l'épreuve	Section
A.1	Épreuve BAM en tube d'acier de 50/60	21.4.1
A.2	Épreuve TNO en tube d'acier de 50/70	21.4.2
A.5	Épreuve d'amorçage ("gap test") de l'ONU	21.4.3
A.6	Épreuve de détonation de l'ONU <sup>a</sup>	21.4.4

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

Toutes les épreuves sont tenues pour équivalentes et il suffit d'employer une seule d'entre elles.

21.2.2 Comme épreuve de présélection pour déterminer l'aptitude de propager une détonation, on peut, pour les peroxydes organiques et les matières autoréactives, combiner une épreuve de la puissance explosive (toute épreuve de la série F, à l'exception de l'épreuve F.5 pour les peroxydes organiques, et toute épreuve de la série F, à l'exception des épreuves F.4 et F.5 pour les matières autoréactives) avec deux épreuves des effets du chauffage sous confinement. Il n'est pas nécessaire d'exécuter une épreuve de la série A dans les cas suivants :

- a) Si le résultat d'une épreuve de puissance explosive est "nulle";
- b) Si le résultat de l'épreuve E.2 et de l'épreuve E.1 ou de l'épreuve E.3 est "nulle" ou "faible";

Pour le transport en emballages (à l'exclusion des GRV) et si la procédure de présélection indique qu'une épreuve de la série A n'est pas nécessaire, il est alors répondu "non" à la question de la case 1. Toutefois, si une matière est susceptible d'être transportée en conteneurs-citernes ou en GRV ou d'être exemptée, alors il faut réaliser une épreuve de la série A à moins que le résultat obtenu dans une épreuve de la série A soit "non" avec une formulation de la matière de concentration supérieure et de même état physique.

### **21.3 Conditions d'épreuve**

21.3.1 La masse volumique apparente des matières ayant un effet important sur les résultats des épreuves de la série A, doit toujours être relevée. La masse volumique apparente des matières solides doit être déterminée par mesure du volume du tube et de la masse d'échantillon.

21.3.2 Si un mélange est susceptible de se séparer en deux phases pendant le transport, il faut exécuter l'épreuve avec le dispositif d'amorçage en contact avec la phase potentiellement la plus explosive.

21.3.3 Les épreuves doivent être effectuées à la température ambiante, sauf si la matière est à transporter dans des conditions où son état physique et sa densité sont susceptibles de changer. Les peroxydes organiques et les matières autoréactives qui nécessitent une régulation de température doivent être éprouvés à la température de régulation, si celle-ci est inférieure à la température ambiante.

21.3.4 *La procédure préliminaire doit être appliquée avant d'exécuter ces épreuves (voir section 20.3).*

21.3.5 Lorsqu'on utilise un nouveau lot de tubes d'acier, il convient de réaliser des essais d'étalonnage avec de l'eau (essais sur liquides) et avec un solide organique inerte (essais sur solides) pour déterminer la longueur moyenne de fragmentation à blanc (longueur témoin). Les critères "non"/"partiellement" sont fixés à 1,5 fois cette longueur témoin.

### **21.4 Série A : Dispositions d'épreuves**

#### **21.4.1 Épreuve A.1 : Épreuve BAM en tube d'acier de 50/60**

##### *21.4.1.1 Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière à détoner lorsqu'elle est soumise à un amorçage par un relais détonant sous confinement dans un tube d'acier. Elle permet de répondre à la question de la case 1 de la figure 20.1.

##### *21.4.1.2 Appareillage et matériels*

On utilise un tube d'acier étiré sans soudure mesurant 500 mm de long, de 60 mm de diamètre extérieur, avec une épaisseur de paroi de 5 mm (par exemple conformément à la norme DIN 2448), fait en acier St. 37,0, ayant une charge de rupture de 350 à 480 N.mm<sup>-2</sup> (par exemple selon la norme DIN 1629). Le tube est fermé par un bouchon fileté en fonte malléable ou un bouchon plastique approprié en couvrant l'extrémité ouverte. Le relais est constitué par une charge cylindrique de 50 g d'hexocire (95/5) comprimée à une pression de 1 500 bar et ayant les cotes indiquées sur la figure 21.4.1.1. Le relais comporte à sa partie supérieure une cavité axiale de 7 mm de diamètre et de 20 mm de profondeur pouvant recevoir un détonateur de puissance suffisante pour amorcer le relais de manière fiable. Les matières susceptibles de réagir dangereusement avec l'acier de qualité St. 37,0 sont éprouvées dans des tubes revêtus intérieurement de polyéthylène<sup>1</sup>.

##### *21.4.1.3 Mode opératoire*

21.4.1.3.1 En principe, on remplit le tube d'acier avec la matière telle qu'elle a été reçue et on détermine la masse de l'échantillon et, sauf pour les solides, la masse volumique apparente connaissant le volume interne, mesuré, du tube. Il faut cependant veiller à ce que la matière ne soit pas en mottes et à ce qu'il ne subsiste pas de vides dans le cas des matières pâteuses ou géliiformes. La densité finale de la matière dans le tube doit dans tous les cas être aussi proche que possible de la densité au cours du transport. Le relais est introduit en position centrale à l'extrémité supérieure du tube, de telle manière qu'il soit entouré de matière.

---

<sup>1</sup> Dans certains cas, le matériau du tube peut être de l'aluminium pur ou de l'acier de qualité 1,457 1 selon la norme DIN 17440.

Lorsqu'il s'agit d'un liquide, on isole le relais du liquide en l'enveloppant dans une mince feuille d'aluminium ou un film de matière plastique appropriée. Le relais enveloppé est alors fixé au bouchon en fonte malléable au moyen de quatre fils métalliques minces passant par quatre trous supplémentaires pratiqués dans le bouchon. On visse celui-ci avec précaution sur le tube et on introduit le détonateur dans la charge relais par le trou central du bouchon. Le détonateur peut alors être mis à feu.

21.4.1.3.2 On exécute au moins deux essais, facultativement avec un dispositif de contrôle (sonde de mesure continue, par exemple) de la vitesse de détonation, à moins qu'il n'y ait détonation dès le premier essai. Un troisième essai avec dispositif de contrôle peut être nécessaire si deux essais exécutés sans dispositif de contrôle n'ont pas permis de tirer une conclusion.

21.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

21.4.1.4.1 Pour l'évaluation des résultats, on se fonde sur les critères suivants :

- a) Le type de fragmentation du tube;
- b) Le degré d'achèvement de la réaction;
- c) La vitesse de propagation mesurée dans la matière.

On retient les résultats d'essai correspondant au classement le plus rigoureux.

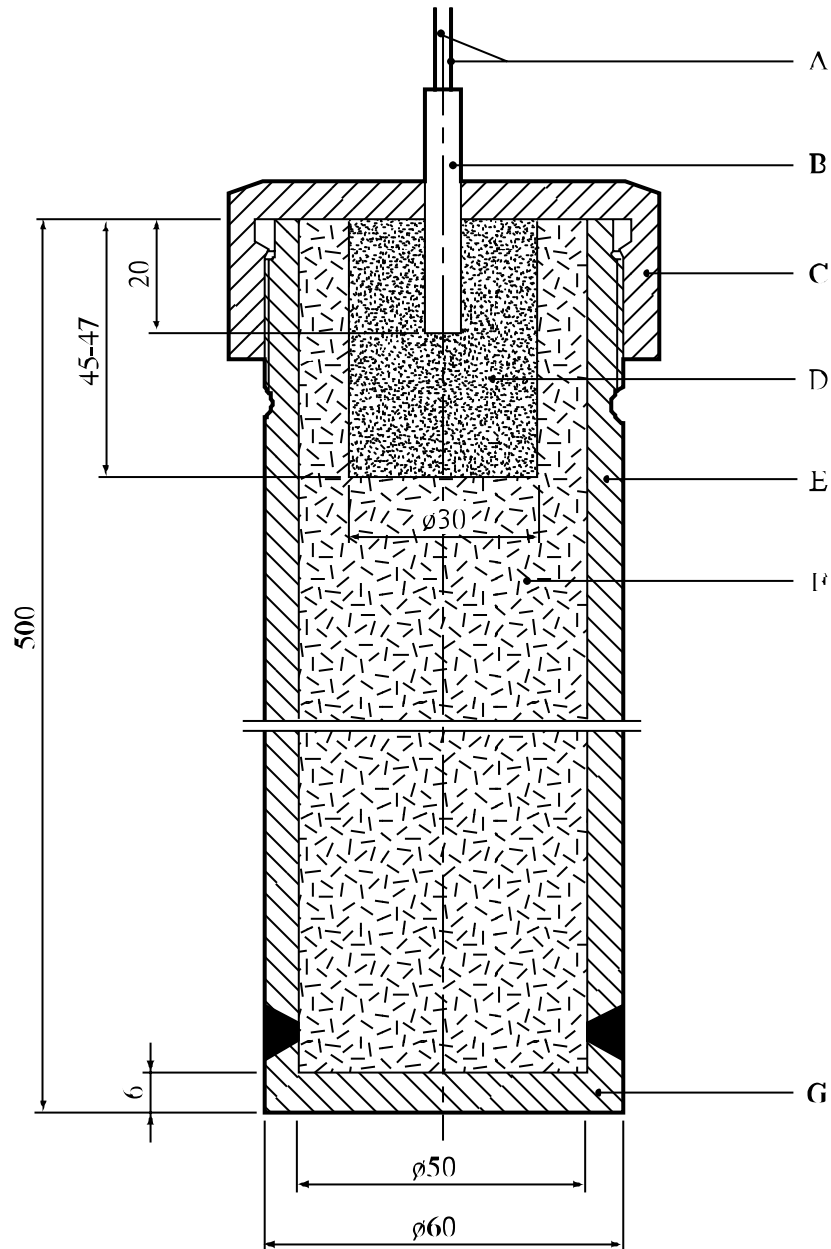
21.4.1.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

- "Oui" :
- Le tube est complètement fragmenté; ou
  - Le tube est fragmenté à ses extrémités supérieure et inférieure; ou
  - Une mesure de vitesse montre que la vitesse de propagation dans la partie non fragmentée du tube est constante et supérieure à la vitesse du son dans la matière.
- "Partiellement":-
- Le tube est fragmenté seulement à l'extrémité supérieure et la longueur moyenne (sur deux essais) de fragmentation du tube est supérieure à 1,5 fois la longueur moyenne de fragmentation trouvée avec un matériau inerte de même état physique; et
  - Une partie importante de la matière n'a pas réagi ou une mesure de vitesse montre que la vitesse de propagation dans la partie du tube qui n'est pas fragmentée est inférieure à la vitesse du son dans la matière.
- "Non" :
- Le tube est fragmenté seulement à l'extrémité supérieure et la longueur moyenne (sur deux essais) de fragmentation du tube est égale ou plus petite que 1,5 fois la longueur moyenne de fragmentation trouvée avec un matériau inerte de même état physique; et
  - Une partie importante de la matière n'a pas réagi ou une mesure de vitesse montre que la vitesse de propagation dans la partie du tube qui n'est pas fragmentée est inférieure à la vitesse du son dans la matière.

## 21.4.1.5 Exemples de résultats

Matière	Masse volumique apparente (kg/m <sup>3</sup> )	Longueur fragmentée (cm)	Résultat
Acide 3-chloroperoxybenzoïque, pas plus de 86 % avec de l'acide 3-chlorobenzoïque	610	24,6 <sup>a</sup>	Oui
Azodicarbonamide	627	15	Non
Azo-2,2'bis(diméthyl-2,4 valéronitrile)	793	16	Non
Benzène-disulfonhydrazide-1,3	640	50	Oui
Benzène sulfonhydrazide	630	17	Non
Chlorure de diazo-2 naphthol-1 sulfonyle-5	690	20	Non <sup>b</sup>
N,N'-Dinitrosopentaméthylène tétramine, 90 % avec de l'huile minérale	590	50	Oui <sup>c</sup>
N,N'-Dinitrosopentaméthylène tétramine, 80 % avec 17 % de solide inorganique et 3 % d'huile minérale	500	50	Oui
N,N'-Dinitrosopentaméthylène tétramine, 75 % avec 15 % de carbonate de calcium et 10 % d'huile minérale	-	26	Partiellement
Hydroperoxyde de cumyle, 84 % dans du cumène	-	15	Non
Peroxybenzoate de tert-butyle	-	30	Partiellement
Peroxyde(s) de cyclohexanone	620	50	Oui
Peroxyde de dicumyle	520	14	Non
Peroxyde de dibenzoyle	730	30,12 <sup>a</sup>	Oui
Peroxyde de dibenzoyle, 75 % avec de l'eau	740	20	Non
Peroxyde de dilauroyle	580	25	Partiellement
Peroxyde de di-tert-butyle	-	16	Non
Peroxydicarbonate de dicétyle	590	13	Non
Peroxydicarbonate de diisopropyle	790	50	Oui
Peroxydicarbonate de dimyristyle	460	20	Non
Peroxydicarbonate de dimyristyle, 42 %, dispersion stable dans l'eau	-	15	Non
Peroxy-2- éthylhexanoate de tert-butyle	-	18	Non
<u>Matières inertes</u>			
Air		8	
Eau		14	
Phtalate de diméthyle		13	
Sable		13	
Sucre glace	682	14	

<sup>a</sup> Fragmentation des deux extrémités.<sup>b</sup> Matière ayant complètement réagi par déflagration.<sup>c</sup> Vitesse de détonation 3 040 m/s.



Cotes en mm

- 
- (A) Fils du détonateur
  - (B) Détonateur pénétrant de 20 mm dans la charge relais
  - (C) Bouchon vissant en fonte malléable ou bouchon en plastique
  - (D) Charge relais d'hexocire (95/5) de 30 mm de diamètre et environ 46 mm de long
  - (E) Tube en acier mesurant 500 mm de long, 50 mm de diamètre intérieur, 60 mm de diamètre extérieur
  - (F) Matière à éprouver
  - (G) Fond en acier soudé de 6 mm d'épaisseur
- 

**Figure 21.4.1.1 : ÉPREUVE BAM EN TUBE D'ACIER DE 50/60**

## 21.4.2 *Épreuve A.2 : Épreuve TNO en tube d'acier de 50/70*

### 21.4.2.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière à détoner lorsqu'elle est soumise à un amorçage par un relais détonant sous confinement dans un tube en acier. Elle permet de répondre à la question de la case 1 de la figure 20.1.

### 21.4.2.2 *Appareillage et matériels*

#### 21.4.2.2.1 Matières solides

Pour ces matières, on utilise un tube d'acier sans soudure (par exemple, acier de qualité St. 35, norme DIN 1629/P3), de 50 mm de diamètre intérieur, de 10 mm d'épaisseur de paroi et de 1 160 mm de long (tube du type A). A l'une de ses extrémités (fond), le tube est fermé par soudage d'une plaque d'acier de 20 mm d'épaisseur (voir la figure 21.4.2.1). Le tube est muni d'un dispositif de contrôle (sonde de mesure continue à fil, par exemple) pour déterminer la vitesse de propagation de la réaction dans la matière. La charge excitatrice est constituée par quatre relais d'hexocire (95/5) de 50 mm de diamètre, de 50 g de masse et de 16,4 mm de long.

#### 21.4.2.2.2 Liquides

Pour les essais sur les liquides on utilise un tube similaire à celui qui est employé pour les matières solides, mais de 750 mm de long. À l'une de ses extrémités (fond) il est fermé par une plaque métallique de 0,5 mm d'épaisseur sous laquelle sont placées les quatre charges relais (tube du type B) (voir la figure 21.4.2.2). Le tube est maintenu en position verticale par un support séparé ou par trois pieds soudés au tube. Pour l'essai de liquides corrosifs et de liquides qui se décomposent au contact de l'acier St. 35, on utilise un tube en acier inoxydable 316 (passivé si nécessaire) ayant 750 mm de long, 50 mm de diamètre intérieur et 63 mm de diamètre extérieur (tube du type C).

### 21.4.2.3 *Mode opératoire*

#### 21.4.2.3.1 Matières solides

La matière est soumise à l'essai à la température ambiante ou à la température de régulation, si celle-ci est inférieure à la température ambiante. Après avoir installé la sonde de vitesse, on charge la matière solide à éprouver par l'extrémité ouverte du tube tout en la tassant continuellement par petits chocs. Lorsque le tube est rempli jusqu'à 60 mm de son bord supérieur on détermine la masse de l'échantillon et on calcule la masse volumique apparente connaissant le volume intérieur, mesuré, du tube. Les quatre charges relais sont alors mises en place, la dernière étant munie d'un détonateur. La charge peut alors être mise à feu. On exécute deux essais, à moins qu'il n'y ait détonation dès le premier.

#### 21.4.2.3.2 Liquides

Pour les essais sur les liquides la charge relais, qui est la même que celle utilisée pour les matières solides, est placée sous la plaque métallique de fond. On remplit ensuite complètement le tube de liquide et l'on détermine la masse de l'échantillon. La suite du mode opératoire est la même que pour les matières solides.

### 21.4.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

21.4.2.4.1 Pour l'évaluation des résultats, on se fonde sur le type de fragmentation du tube et, dans certains cas, la vitesse de propagation mesurée. On retient le résultat d'essai correspondant au classement le plus rigoureux.



## 21.4.2.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

- "Oui" :
- Le tube est fragmenté sur toute sa longueur; ou
  - La mesure de vitesse montre que la vitesse de propagation dans la partie non fragmentée du tube est constante et supérieure à la vitesse du son dans la matière.
- "Partiellement" :
- Pour tous les essais, le tube n'est pas fragmenté complètement mais la longueur moyenne (sur deux essais) de fragmentation est supérieure à 1,5 fois la longueur moyenne de fragmentation trouvée avec un matériau inerte de même état physique.
- "Non" :
- Pour tous les essais, la longueur moyenne (sur deux essais) de fragmentation du tube est égale à ou plus petite que 1,5 fois la longueur moyenne de fragmentation trouvée avec un matériau inerte de même état physique.

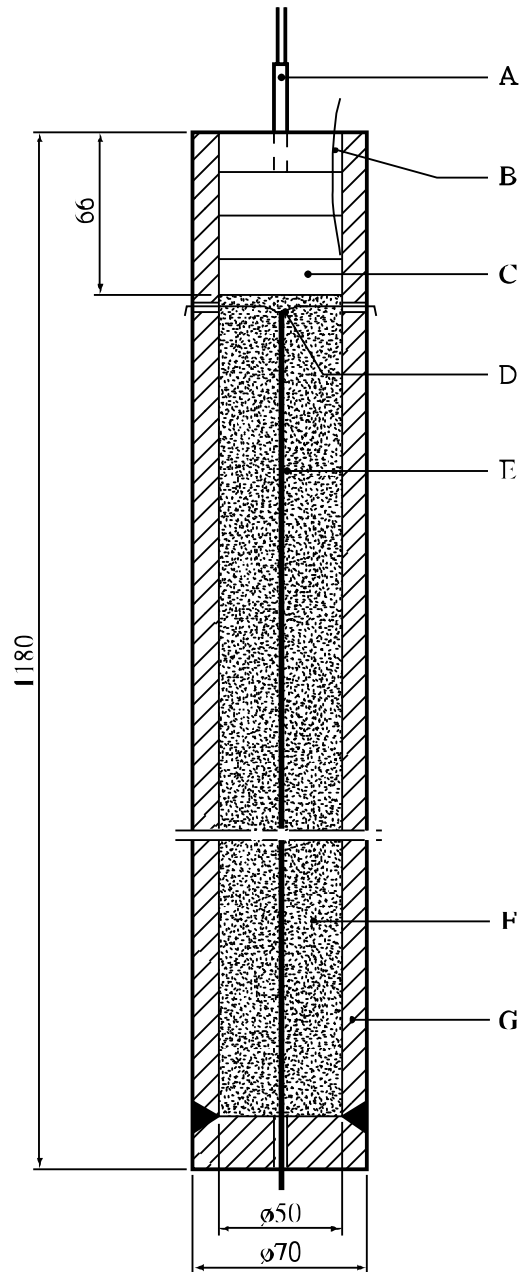
## 21.4.2.5 Exemples de résultats

Matière	Type de tube	Masse volumique apparente (kg/m <sup>3</sup> )	Longueur fragmentée (cm)	Résultat
Bis(tert-butylperoxy)-1,1 triméthyl-3,3,5 cyclohexane	C	-	7	Non
Carbonate d'isopropyle et de peroxy tert-butyle	B	-	17	Partiellement
Chlorure double de zinc et de diéthoxy-2,5 Morpholino-4 benzènediazonium, 90 %	A	-	17	Non
Chlorure double de zinc et de diéthoxy-2,5 (phénylsulfonyl)-4 benzènediazonium, 67 %	A	-	25	Non
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	B	-	14	Non
Peroxybenzoate de tert-butyle	B	-	20	Partiellement
Peroxyde de dibenzoyl à 75 % avec de l'eau	A	770	30	Partiellement
Peroxyde de dilauroyle	A	610	34	Partiellement
Peroxyde de di-n-octanoyle (liquide)	B	-	10	Non
Peroxydicarbonate de dicyclohexyle <sup>a</sup>	A	630	33 <sup>b</sup>	Oui
Peroxydicarbonate de dicyclohexyle avec 10 % d'eau <sup>a</sup>	A	640	33 <sup>c</sup>	Oui
Tétrafluoroborate de méthyl-3 (pyrrolidinyl-1)-4 benzènediazonium, 95 %	A	-	19	Non

<sup>a</sup> Exécuté à la température de régulation.

<sup>b</sup> La vitesse de propagation, 660 m/s, est supérieure à la vitesse du son dans la matière.

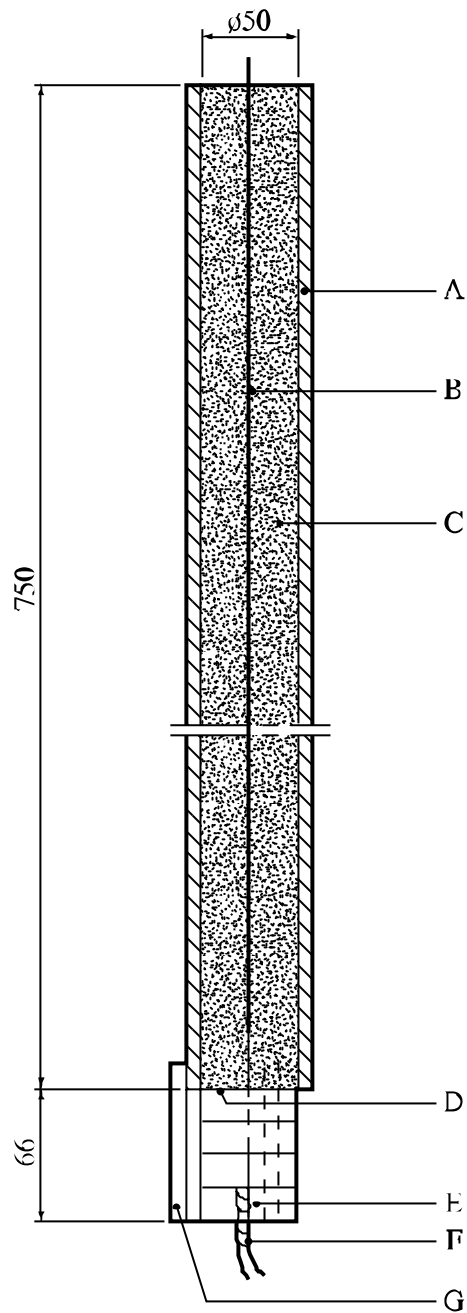
<sup>c</sup> La vitesse de propagation, 690 m/s, est supérieure à la vitesse du son dans la matière.



Cotes en mm

- 
- |     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| (A) | Détonateur électrique           |
| (B) | Sonde d'ionisation              |
| (C) | Charges d'hexocire (quatre)     |
| (D) | Trou de passage des fils        |
| (E) | Sonde de vitesse de propagation |
| (F) | Matière à éprouver              |
| (G) | Tube en acier                   |
- 

**Figure 21.4.2.1 : ÉPREUVE TNO EN TUBE D'ACIER DE 50/70 POUR MATIÈRES SOLIDES (tube du type a)**



Cotes en mm

- 
- |     |  |
|-----|--|
| (A) | Tube en acier de 70 mm (B) ou 63,5 (C) de diamètre extérieur |
| (B) | Sonde de vitesse de propagation                              |
| (C) | Matière à éprouver   |
| (D) | Disque en acier inoxydable                                   |
| (E) | Charges d'hexocire (quatre)                                  |
| (F) | Détonateur   |
| (G) | Pieds  |
- 

**Figure 21.4.2.2 : ÉPREUVE TNO EN TUBE D'ACIER DE 50/70 POUR LIQUIDES  
(tubes types b et c)**

### 21.4.3 *Épreuve A.5 : Épreuve d'amorçage ("gap test") de l'ONU*

#### 21.4.3.1 *Introduction*

Cette épreuve est utilisée pour apprécier l'aptitude à la propagation de la détonation d'une matière subissant l'effet d'un relais détonant sous confinement dans un tube en acier. Elle permet de répondre à la question de la case 1 de la figure 20.1.

#### 21.4.3.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif d'essai est représenté dans la figure 21.4.3.1. L'échantillon à éprouver est placé dans un cylindre d'acier au carbone sans soudure étiré à froid de  $48 \pm 2$  mm de diamètre extérieur ayant une épaisseur de paroi de  $4,0 \pm 0,1$  mm et une longueur de  $400 \pm 5$  mm. Si l'échantillon risque de réagir avec l'acier, l'intérieur du tube doit être protégé par un revêtement de résine fluorocarbonée. Le fond du cylindre est fermé par deux feuilles superposées de polyéthylène de 0,08 mm d'épaisseur, tendues fermement (jusqu'à déformation plastique) sur le fond du tube et maintenues en place avec des anneaux de caoutchouc et de la bande isolante. Si les échantillons agissent sur le polyéthylène, on peut utiliser de la feuille de polytétrafluoréthylène. La charge primaire est une pastille d'hexocire (95/5) ou de penthrite/TNT (50/50) de 160 g, d'un diamètre de  $50 \pm 1$  mm, ayant une masse volumique de  $1\,600 \pm 50$  kg/m<sup>3</sup>, correspondant à une longueur d'environ 50 mm. La charge d'hexocire peut être constituée d'une ou plusieurs pièces pressées, à condition que la charge totale réponde aux spécifications; la charge de penthrite/TNT est moulée. Une plaque témoin carrée d'acier doux, mesurant  $150 \pm 10$  mm de côté et  $3,2 \pm 0,2$  mm d'épaisseur, est montée à l'extrémité supérieure du tube d'acier, en étant séparée de celui-ci par des cales épaisses de  $1,6 \pm 0,2$  mm.

#### 21.4.3.3 *Mode opératoire*

21.4.3.3.1 L'échantillon est chargé au ras du bord supérieur du tube d'acier. Pour les échantillons solides, la densité voulue est obtenue en tapotant l'extérieur du tube jusqu'à ce que le progrès du tassement devienne imperceptible. La masse de l'échantillon est déterminée et, pour les solides, on calcule la masse volumique apparente, connaissant le volume intérieur mesuré du tube. Celle-ci doit se rapprocher le plus possible de la masse volumique de la matière transportée.

21.4.3.3.2 Le tube est mis en position verticale et le relais est placé en contact direct avec la feuille qui en ferme le fond. Le détonateur est positionné contre le relais; on peut alors y mettre le feu. L'essai est exécuté deux fois pour chaque matière à moins qu'une détonation ne soit observée dès le premier essai.

#### 21.4.3.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

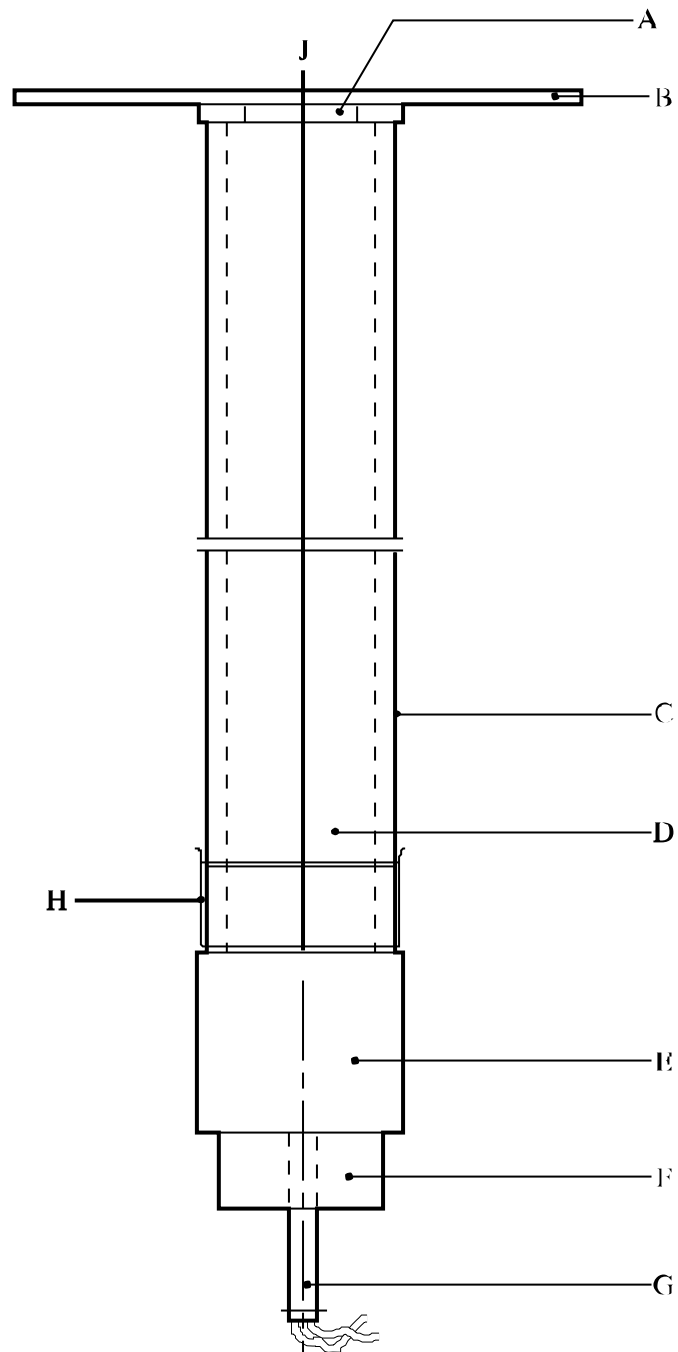
21.4.3.4.1 Pour l'évaluation des résultats d'épreuve on se fonde sur le type de fragmentation du tube. La plaque témoin sert uniquement à fournir des indications supplémentaires sur la violence de la réaction. Pour le classement, c'est l'essai donnant le résultat le plus sévère qui sera retenu.

#### 21.4.3.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

- "Oui" : - Le tube est fragmenté sur toute sa longueur.
- "Partiellement" : - Le tube n'est pas fragmenté sur toute sa longueur, mais sa longueur moyenne (sur deux essais) de fragmentation est supérieure à 1,5 fois la longueur moyenne de fragmentation trouvée avec un matériau inerte de même état physique.
- "Non" : - Le tube n'est pas fragmenté sur toute sa longueur et sa longueur moyenne (sur deux essais) de fragmentation est égale à ou plus petite que 1,5 fois la longueur moyenne de fragmentation trouvée avec un matériau inerte de même état physique.

21.4.3.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique apparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Longueur fragmentée (cm)</b>	<b>Résultat</b>
Azo-2,2 bis(isobutyronitrile)	366	40	Oui
Diméthyl-2,5 bis(tert-butylperoxy)-2,5 hexyne-3	-	34	Partiellement
Peroxybenzoate de tert-butyle	-	25	Partiellement
Peroxyde de dibenzoyl à 75 % avec de l'eau	685	40	Oui
Peroxyde de dilauroyle	564	28	Non
Peroxy-2 éthylhexanoate de tert-butyle	-	25	Partiellement



- 
- |  |                          |
|--|--------------------------|
| (A) Entretoise                               | (B) Plaque témoin        |
| (C) Tube en acier                            | (D) Matière à éprouver   |
| (E) Charge relais d'hexocire ou de pentolite | (F) Porte-détonateur     |
| (G) Détonateur                               | (H) Feuille en plastique |
- 

**Figure 21.4.3.1 : ÉPREUVE D'AMORÇAGE ("GAP TEST") DE L'ONU**

## 21.4.4 *Épreuve A.6 : Épreuve de détonation de l'ONU*

### 21.4.4.1 *Introduction*

Cette épreuve est utilisée pour apprécier l'aptitude à la propagation de la détonation d'une matière subissant l'effet d'un relais détonant sous confinement dans un tube en acier. Elle permet de répondre à la question de la case 1 de la figure 20.1.

### 21.4.4.2 *Appareillage et matériels*

Le dispositif d'essais, qui est le même pour les solides et les liquides, est représenté sur la figure 21.4.4.1. L'échantillon à éprouver est placé dans un cylindre d'acier au carbone sans soudure étiré à froid de  $60 \pm 1$  mm de diamètre extérieur, ayant une épaisseur de paroi de  $5 \pm 1$  mm et une longueur de  $500 \pm 5$  mm. Si l'échantillon risque de réagir avec l'acier, l'intérieur du tube doit être protégé par un revêtement de résine fluorocarbonée, déposé par pulvérisation. Le fond du cylindre est fermé par deux couches de feuille de polyéthylène de 0,08 mm d'épaisseur, maintenues en place avec des anneaux de caoutchouc et de la bande isolante. Si les échantillons agissent sur le polyéthylène, on peut utiliser de la feuille de polytétrafluoréthylène. La charge primaire est une pastille d'hexocire (95/5) ou de penthrite/TNT (50/50) de 200 g, d'un diamètre de  $60 \pm 1$  mm et longue de 45 mm, ayant une masse volumique de  $1\,600 \pm 50$  kg/m<sup>3</sup>. La charge d'hexocire peut être constituée d'une ou plusieurs pièces pressées, à condition que la charge totale réponde aux spécifications, la charge de penthrite/TNT est moulée. Le tube est instrumenté, par exemple avec une sonde de mesure continue de la vitesse de détonation, à fil, pour déterminer la vitesse de propagation dans la matière. On peut obtenir des renseignements supplémentaires sur le comportement explosif de l'échantillon d'épreuve en utilisant une plaque témoin, comme le montre la figure 21.4.4.1, ou une sonde de mesure continue de la vitesse de détonation dans la matière. La plaque témoin carrée en acier doux, mesurant 150 mm de côté et 3,2 mm d'épaisseur, est montée à l'extrémité supérieure du tube et séparée par celui-ci par des cales de 1,6 mm d'épaisseur.

### 21.4.4.3 *Mode opératoire*

L'échantillon est chargé au ras du bord supérieur du tube d'acier. Pour les échantillons solides, la densité voulue est obtenue en tapotant l'extérieur du cylindre jusqu'à ce que le progrès du tassement devienne imperceptible. La masse de l'échantillon est déterminée et, pour les solides, on calcule la masse volumique apparente. Celle-ci doit se rapprocher le plus possible de la masse volumique de la matière transportée. Le tube est placé en position verticale. Le détonateur est positionné dans le relais; on peut alors y mettre à feu. L'essai est exécuté deux fois, pour chaque matière, à moins qu'une détonation ne soit observée dès le premier essai.

### 21.4.4.4 *Critères d'épreuves et méthode d'évaluation des résultats*

21.4.4.4.1 L'évaluation des résultats de l'épreuve repose sur :

- a) Le type de fragmentation du tube; et
- b) Le cas échéant, la vitesse mesurée de propagation dans la matière.

Pour le classement, c'est l'essai donnant le résultat le plus sévère qui sera retenu.

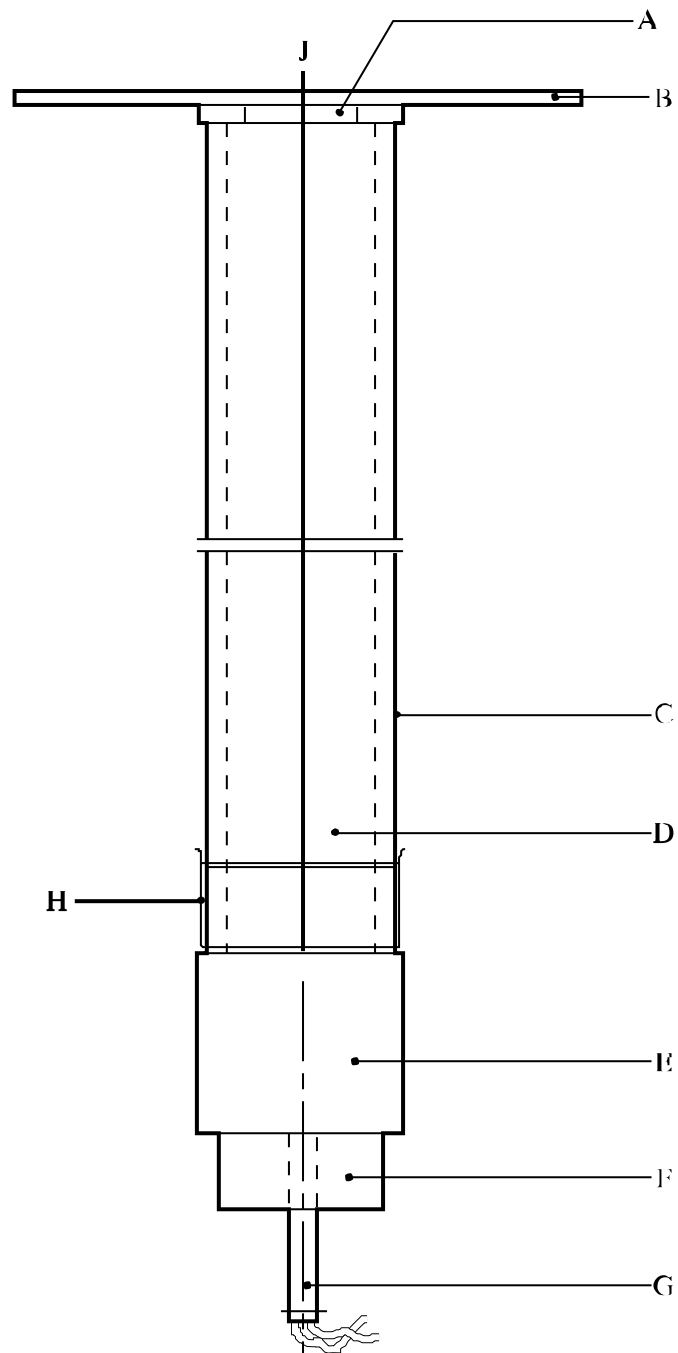
## 21.4.4.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

- "Oui" : - Le tube est complètement fragmenté.
- "Partiellement" : - Le tube n'est pas fragmenté sur toute sa longueur mais la longueur moyenne (sur deux essais) de fragmentation du tube est supérieure à 1,5 fois la longueur moyenne de fragmentation trouvée avec un matériau inerte de même état physique.
- "Non" : - Le tube n'est pas fragmenté sur toute sa longueur et la longueur moyenne (sur deux essais) de fragmentation du tube n'est pas supérieure à 1,5 fois la longueur moyenne de fragmentation trouvée avec un matériau inerte de même état physique.

## 21.4.4.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique apparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Longueur fragmentée (cm)</b>	<b>Résultat</b>
Azo-2,2 bis (isobutyronitrile)	346	50	Oui
Diméthyl-2,5 bis(tert-butylperoxy)-2,5 hexyne-3	870	30	Partiellement
Peroxybenzoate de tert-butyle	-	28	Partiellement
Peroxyde de dibenzoyl à 75 % avec de l'eau	697	22	Non
Peroxyde de dilauroyle	580	32	Partiellement
Peroxy-2 éthylhexanoate de tert-butyle	-	23	Non





- 
- |  |                          |
|--|--------------------------|
| (A) Entretoise                               | (B) Plaque témoin        |
| (C) Tube en acier                            | (D) Matière à éprouver   |
| (E) Charge relais d'hexocire ou de pentolite | (F) Porte-détonateur     |
| (G) Détonateur                               | (H) Feuille en plastique |
| (J) Sonde de vitesse                         |                          |
- 

Figure 21.4.4.1 : ÉPREUVE DE DÉTONATION DE L'ONU



## SECTION 22

### ÉPREUVES DE LA SÉRIE B

#### 22.1 Introduction

La série d'épreuves B comprend un essai et des critères relatifs à la propagation de la détonation d'une matière dans un emballage de transport. L'épreuve est à utiliser pour les matières qui propagent une détonation (case 1 de la figure 20.1).

#### 22.2 Méthode d'épreuve

22.2.1 À la question "Peut-il détoner tel qu'emballé pour le transport ?" (case 2 de la figure 20.1), il est répondu d'après les résultats de l'épreuve du tableau 22.1.

**Tableau 22.1 : MÉTHODE D'ÉPREUVE POUR LA SÉRIE D'ÉPREUVES B**

Code	Nom de l'épreuve	Section
B.1	Détonation dans un colis <sup>a</sup>	22.4.1

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

22.2.2 L'épreuve n'est nécessaire que pour les matières pour lesquelles la réponse à la question de la case 1 de la figure 20.1 est "Oui".

#### 22.3 Conditions d'épreuve

22.3.1 L'épreuve de la série B est à exécuter sur des colis (d'une contenance ne dépassant pas 50 kg) de matière dans l'état et la forme dans lesquels ils ont été préparés pour le transport.

22.3.2 *La procédure préliminaire doit être appliquée avant d'exécuter ces épreuves (voir section 20.3).*

#### 22.4 Série B : Dispositions d'épreuves

##### 22.4.1 *Épreuve B.1 : Détonation dans un colis*

###### 22.4.1.1 *Introduction*

La présente épreuve sert à mesurer l'aptitude d'une matière à propager une détonation lorsqu'elle est emballée pour le transport. La matière contenue dans un colis est soumise au choc engendré par un relais détonant. Elle permet de répondre à la question de la case 2 de la figure 20.1.

###### 22.4.1.2 *Appareillage et matériels*

Sont nécessaires : un détonateur, un cordeau détonant, un explosif puissant et un matériau de confinement approprié. Une plaque d'acier doux de 1 mm environ d'épaisseur et de dimensions minimales dans chaque direction supérieures de 0,2 m à celles de la base du colis est placée sous celui-ci pour faire office de plaque témoin.

### 22.4.1.3 *Mode opératoire*

Cette épreuve est exécutée sur des matières emballées dans l'état et la forme dans lesquels elles sont préparées pour le transport. Le colis est placé sur la plaque témoin, dont les bords sont soutenus par des briques ou autres matières appropriées, ménageant un intervalle d'air suffisant sous la plaque témoin, pour n'en pas gêner la perforation. Deux charges d'explosif puissant (de 100 g au maximum chacune, mais ne devant pas représenter au total plus de 1 % de la masse de la matière contenue dans le colis) sont placées au-dessus de la matière à l'intérieur du colis. Pour les liquides, il faut prévoir un support de fil métallique afin de pouvoir fixer les deux charges explosives à l'endroit voulu, qui se trouve au centre de chacune des deux parties semi-circulaires ou triangulaires de la face supérieure (voir figure 22.4.1.1). Chaque charge est amorcée par son détonateur, au moyen d'un cordeau détonant. Les deux cordeaux détonants doivent avoir la même longueur. La méthode de confinement préconisée est du sable en vrac autour du colis d'épreuve, d'épaisseur minimale de 0,5 m en toutes directions. On peut aussi utiliser des caisses, des sacs ou des bidons remplis de terre ou de sable et disposés autour et au-dessus du colis, avec la même épaisseur minimale. L'épreuve est exécutée deux fois, sauf si une détonation est observée au premier essai. Une troisième épreuve avec des appareils de mesure peut être nécessaire si les deux premiers essais ne sont pas concluants.

### 22.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

22.4.1.4.1 On observe les signes de détonation de la matière soumise à l'épreuve, à savoir :

- a) Cratère dans le périmètre de l'épreuve;
- b) Dommages subis par la plaque témoin placée sous le produit;
- c) Éclatement et dispersion de la plus grande partie du matériau de confinement; et
- d) Le cas échéant, la vitesse de propagation mesurée dans la matière.

22.4.1.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

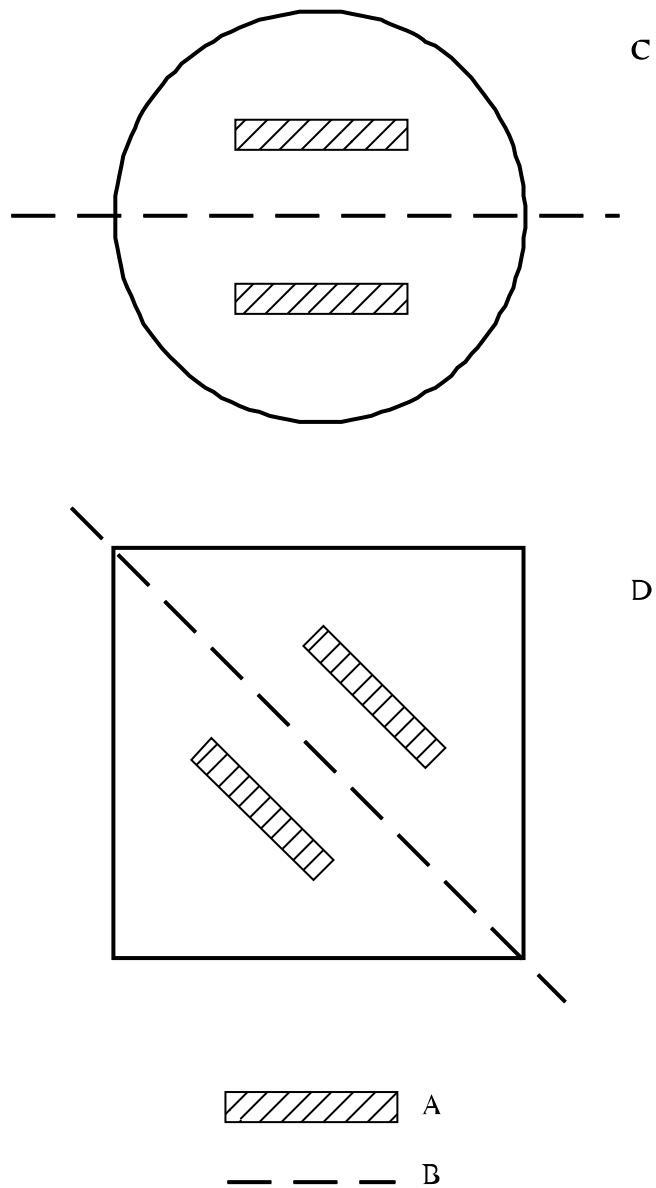
- "Oui" :
- Formation d'un cratère dans le périmètre de l'épreuve ou perforation de la plaque témoin placée sous le produit; à chaque fois en combinaison avec un éclatement et une dispersion de la plus grande partie du matériau de confinement; ou la vitesse de propagation dans la partie inférieure du colis est constante et supérieure à la vitesse du son dans la matière.
- "Non" :
- Pas de formation de cratère dans le périmètre de l'épreuve ni de perforation de la plaque témoin placée sous le produit, la mesure éventuelle de la vitesse de propagation montre que cette dernière est inférieure à la vitesse du son dans la matière et, pour les matières solides, récupération, après l'essai, de matière n'ayant pas réagi.

## 22.4.1.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Masse volumique apparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Emballage</b>	<b>Résultat</b>
Peroxyde de dibenzoyl	730	1G, 25 kg	Oui <sup>a</sup>
Peroxydicarbonate de dicyclohexyle	600	1G, 5 kg	Non <sup>b</sup>
Peroxydicarbonate de dicyclohexyle avec 10 % d'eau	600	1G, 5 kg	Non <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Exécuté deux fois. Détection de détonation par formation d'un cratère.

<sup>b</sup> Exécuté deux fois. Mesure de la vitesse de propagation au lieu d'une plaque témoin.



- 
- (A) Charges d'explosif
  - (B) Ligne de symétrie
  - (C) Vue en plan du colis cylindrique
  - (D) Vue en plan du colis rectangulaire
- 

**Figure 22.4.1.1 : ÉPREUVE DE DÉTONATION DANS UN COLIS**

## SECTION 23

### ÉPREUVES DE LA SÉRIE C

#### 23.1 Introduction

La série d'épreuves C comprend des épreuves de laboratoire et des critères relatifs à la propagation de la déflagration, répondant aux questions des cases 3, 4 et 5 de la figure 20.1.

#### 23.2 Méthodes d'épreuve

23.2.1 Il est répondu à la question "La déflagration s'y propage-t-elle ?" (cases 3, 4 et 5 de la figure 20.1) selon les résultats d'une ou, s'il y a lieu, des deux épreuves du tableau 23.1.

**Tableau 23.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE C**

Code	Nom de l'épreuve	Section
C.1	Épreuve pression/temps <sup>a</sup>	23.4.1
C.2	Épreuve de déflagration <sup>a</sup>	23.4.2

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

23.2.2 La réponse est "Oui, rapidement" si cela ressort de l'une ou l'autre des épreuves. La réponse est "Oui, lentement" si la réponse à l'épreuve de déflagration est "Oui, lentement" et si l'épreuve pression/temps n'aboutit pas à la réponse "Oui, rapidement". La réponse est "Non" si l'épreuve de déflagration donne la réponse "Non" et si l'épreuve pression/temps n'aboutit pas à la réponse "Oui, rapidement".

#### 23.3 Conditions d'épreuve

23.3.1 La procédure préliminaire (voir section 20.3) doit être appliquée avant d'exécuter ces épreuves.

#### 23.4 Série C : Dispositions d'épreuve

##### 23.4.1 *Épreuve C.1 : Épreuve pression/temps*

###### 23.4.1.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière<sup>1</sup> sous confinement à propager une déflagration. Elle permet de répondre aux questions des cases 3, 4 et 5 de la figure 20.1.

###### 23.4.1.2 *Appareillage et matériels*

23.4.1.2.1 Le dispositif d'essai pression/temps (représenté à la figure 23.4.1.1) est constitué par une bombe cylindrique en acier de 89 mm de long et 60 mm de diamètre extérieur. La bombe comporte deux plats usinés en des points diamétralement opposés (réduisant sa largeur à cet endroit à 50 mm), qui permettent de l'immobiliser pour le serrage du bouchon de mise à feu et du bouchon à évent. Elle est alésée intérieurement à 20 mm et comporte aux deux extrémités un chambrage de 19 mm de profondeur taraudé au pas de 1 inch. BSP. Une prise de pression est vissée latéralement dans le corps de la bombe à 35 mm d'une

<sup>1</sup> *Lorsque l'épreuve porte sur les liquides, les résultats peuvent parfois être variables, la substance étant susceptible de donner deux maximums de pression.*

extrémité, et à un angle de 90° par rapport aux plats. Elle se visse dans un chambrage de 12 mm de profondeur taraudé au pas de 1/2 inch. BSP. Un joint est utilisé pour assurer l'étanchéité aux gaz. La prise de pression fait saillie latéralement de 55 mm par rapport au corps de la bombe et est percée d'un trou axial de 6 mm. Elle comporte à son extrémité extérieure un chambrage taraudé pour recevoir un capteur de pression à diaphragme; on peut utiliser à cette fin tout dispositif de mesure de pression, à condition qu'il résiste aux gaz chauds et produits de décomposition et qu'il puisse répondre à des vitesses de montée en pression de 690 à 2 070 kPa en 5 ms au maximum.

23.4.1.2.2 L'extrémité de la bombe la plus éloignée du raccord est fermée par un bouchon de mise à feu qui porte 2 électrodes, dont l'une est isolée du corps du bouchon et l'autre mise à la masse. L'autre extrémité est fermée par un disque de rupture en aluminium de 0,2 mm d'épaisseur (taré pour une pression de rupture d'environ 2 200 kPa), maintenu en place par un bouchon portant un évent de 20 mm de diamètre. Un joint en plomb mou est utilisé avec chaque bouchon pour assurer une bonne étanchéité. Un porte-bombe spécial (figure 23.4.1.2) permet de maintenir la bombe dans la position voulue pendant les essais. Il est constitué par une plaque d'embase en acier doux de 235 mm × 184 mm × 6 mm, sur laquelle est soudé obliquement un tube de section carrée (70 mm × 70 mm × 4 mm) de 185 mm de long.

23.4.1.2.3 À une extrémité du tube carré, on a enlevé une certaine longueur de métal sur deux faces opposées, ce qui laisse une longueur de 86 mm de tube carré prolongée par deux côtés plats. Les extrémités de ces plats sont coupées à 60° par rapport à l'axe du tube et soudées à la plaque d'embase.

23.4.1.2.4 Une encoche de 22 mm de large et de 46 mm de profondeur est découpée sur un côté en haut du tube carré, de telle manière que lorsque la bombe est posée dans le support, bouchon de mise à feu vers le bas, le raccord de prise de pression vienne s'y loger. Une entretoise en acier de 30 mm de large et 6 mm d'épaisseur est soudée sur la paroi intérieure du tube du côté orienté vers le bas. Deux trous taraudés dans le côté opposé reçoivent des vis à molettes de 7 mm, qui servent à fixer la bombe. Deux rebords en acier de 12 mm de large et de 6 mm d'épaisseur soudés sur les flancs du support à la base de la section carrée soutiennent la bombe par le fond.

23.4.1.2.5 Le dispositif d'inflammation comprend une tête d'amorce électrique du type couramment utilisé dans les détonateurs à basse tension, sur laquelle est enfilé un morceau carré de 13 mm de côté de tissu enduit de composition d'amorçage. D'autres têtes d'amorce ayant des caractéristiques équivalentes peuvent être utilisées. Le tissu imprégné est de la toile de lin enduite des deux côtés d'une composition pyrotechnique de nitrate de potassium/silicium/poudre noire sans soufre<sup>2</sup>.

23.4.1.2.6 Pour les essais sur les matières solides, les opérations de préparation du dispositif d'allumage consistent en premier à décoller du support isolant les fils conducteurs plats en cuivre d'une amorce électrique (voir figure 23.4.1.3). La partie découverte de la carte est alors coupée. La tête d'amorce est ensuite soudée aux bornes du bouchon d'allumage par les conducteurs plats, de telle manière que le sommet de l'amorce soit situé à 13 mm au-dessus de la face supérieure du bouchon. Un morceau carré de 13 mm de côté de tissu enduit de composition d'amorçage, percé d'un trou central, est placé sur la tête d'amorce, puis replié autour de celle-ci et attaché avec un fil de coton fin.

23.4.1.2.7 Pour les essais sur les liquides, des fils sont soudés aux conducteurs plats de la tête d'amorce. On fait alors passer les fils à l'intérieur d'une portion de 8 mm de long de tube en caoutchouc au silicone d'un diamètre extérieur de 5 mm et intérieur de 1 mm, puis l'on repousse cette portion de tube pour l'enfiler sur les conducteurs plats de la manière indiquée à la figure 23.4.1.4. Le morceau de tissu imprégné de composition d'amorçage est alors rabattu autour de l'amorce et une feuille mince en PVC d'un seul morceau, ou une feuille d'un matériau équivalent, est utilisée pour envelopper le tissu imprégné et le tube en caoutchouc. L'enveloppe est fermée de manière étanche par un collier de fil métallique mince la serrant autour du tube. Les fils du dispositif sont alors soudés aux bornes du bouchon de mise à feu de telle manière que le sommet de l'amorce soit situé à 13 mm au-dessus de la face supérieure du bouchon.

---

<sup>2</sup> Cette composition peut être obtenue auprès du correspondant national pour les conditions d'épreuve du Royaume-Uni (voir appendice 4).



### 23.4.1.3 *Mode opératoire*

23.4.1.3.1 La bombe montée, avec transducteur de pression, mais non fermée par son disque de rupture, est posée bouchon d'allumage vers le bas dans son support. On introduit alors 5,0 g<sup>3</sup> de matière dans la bombe de telle manière que l'échantillon touche le dispositif d'allumage. Exceptionnellement il pourra être nécessaire de tasser légèrement l'échantillon pour faire tenir cette quantité. Si même un léger tassement ne le permet pas, le tir doit s'effectuer avec un récipient rempli au maximum de sa contenance. On doit alors enregistrer le poids de la charge. On pose ensuite le joint de plomb et le disque de rupture en aluminium, puis on visse solidement le bouchon. La bombe chargée est alors introduite dans son support, disque de rupture vers le haut, et l'ensemble est placé dans une hotte blindée ou dans une chambre de tir. Un exploseur est raccordé aux bornes extérieures du bouchon et la charge est mise à feu. Le signal émis par le transducteur de pression est enregistré avec un appareillage approprié, permettant à la fois d'effectuer une analyse des phénomènes rapides et d'obtenir un enregistrement permanent de la courbe pression/temps (enregistreur de signaux transitoires couplé avec un enregistreur sur ruban de papier).

23.4.1.3.2 On exécute trois essais. On note le temps nécessaire pour que la pression passe de 690 kPa à 2 070 kPa (pression manométrique). On retient le temps le plus court aux fins du classement.

### 23.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

23.4.1.4.1 Pour l'évaluation des résultats on détermine si la pression de 2 070 kPa a été atteinte et, dans ce cas, le temps nécessaire pour la montée de 690 kPa à 2 070 kPa (pression manométrique).

23.4.1.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

"Oui, rapidement": - Temps de montée de 690 kPa à 2 070 kPa inférieure à 30 ms.

"Oui, lentement" : - Temps de montée de 690 kPa à 2 070 kPa 30 ms ou plus.

"Non" : - Pas de montée de 690 kPa à 2 070 kPa.

*NOTA : L'épreuve de déflagration, Épreuve C.2, doit être exécutée pour distinguer entre "oui, lentement" et "non", en cas de nécessité.*

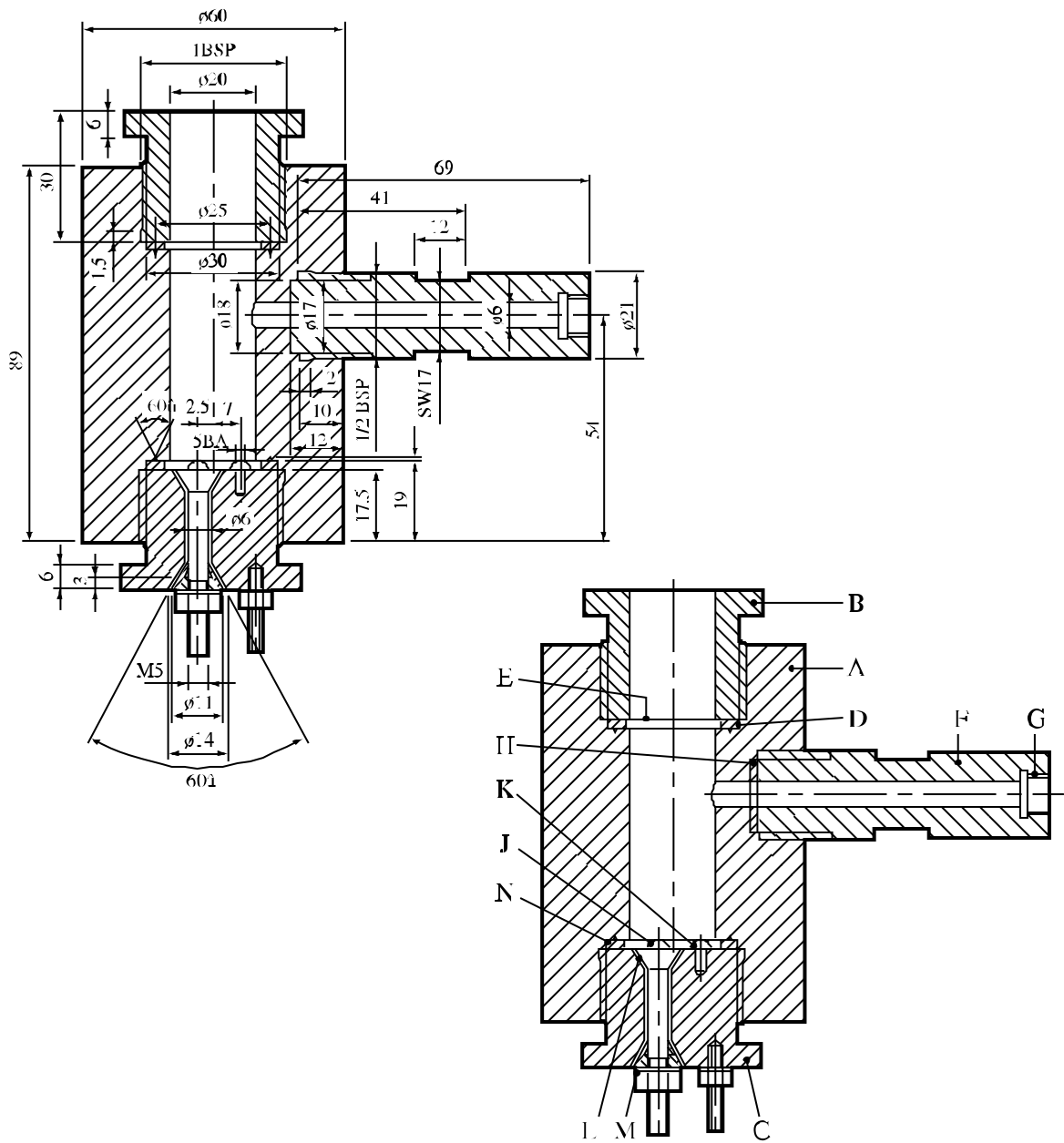
---

<sup>3</sup> *Quand lors d'essais préalables effectués pour déterminer si une matière est dangereuse à manipuler (chauffage dans une flamme par exemple) ou si elle est capable de passer de la déflagration à la détonation sans confinement (épreuve de la série 3, type d) par exemple) il apparaît que celle-ci est susceptible de réaction violente, on devra réduire la dimension de l'échantillon à 0,5 g jusqu'à ce que l'on connaisse mieux l'intensité de la réaction. En partant de 0,5 g, on procédera en augmentant progressivement la taille de l'échantillon jusqu'à 5,0 g, à moins qu'un résultat "oui, rapidement", ne soit obtenu auparavant.*

## 23.4.1.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Pression maximale (kPa)</b>	<b>Temps de montée de 690 à 2 070 kPa (ms)</b>	<b>Résultat (déflagration)</b>
Azodicarbonamide	> 2 070	63	Oui, lentement
Azodicarbonamide, 67 % avec de l'oxyde de zinc	> 2 070	21	Oui, rapidement
Azo-2,2' bis (isobutyronitrile)	> 2 070	68	Oui, lentement
Azo-2,2' bis (méthyl-2 butyronitrile)	> 2 070	384	Oui, lentement
2-Diazonapht-1-ol-5-sulfonhydrazide	> 2 070	14	Oui, rapidement
Diméthyl-2,5 bis(tert-butylperoxy)-2,5 hexyne-3	> 2 070	70	Oui, lentement
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	> 2 070	4 000	Oui, lentement
Hydroperoxyde de tert-butyle à 70 % dans l'eau	1 380	-	Non
Hydroperoxyde de cumyle (à 80 % avec du cumène)	< 690 <sup>a</sup>	-	Non
Monoperoxyphthalate de magnésium, hexahydraté, avec 85 % de phthalate de magnésium	900	-	Non
4-Nitrosophénol	> 2 700	498	Oui, lentement
Peroxybenzoate de tert-butyle	> 2 070	2 500	Oui, lentement
Peroxyde de dibenzoyle	> 2 070	1	Oui, rapidement
Peroxyde de di-tert-butyle	> 2 070	100	Oui, lentement
Peroxyde de dicumyle	< 690 <sup>a</sup>	-	Non
Peroxyde de dicumyle avec 60 % de solide inerte	< 690 <sup>a</sup>	-	Non
Peroxyde de dilauroyle	990	-	Non
Peroxydicarbonate de dicétyle	< 690	-	Non
Tétrafluoroborate de diéthoxy-2,5 morpholino-4 benzènediazonium, à 97 %	> 2 070	308	Oui, lentement

<sup>a</sup> Pas d'inflammation.



- |    |   |    |                                       |
|----|---|----|---------------------------------------|
| A) | Corps de la pompe                       | B) | Bouchon retenant le disque de rupture |
| C) | Bouchon de mise à feu                   | D) | Joint en plomb mou                    |
| E) | Disque de rupture                       | F) | Rapport de prise de pression          |
| G) | Taraudage pour transducteur de pression | H) | Joint en cuivre                       |
| J) | Électrode isolée                        | K) | Électrode mise à la masse             |
| L) | Isolation en Tufnol                     | M) | Cône en acier                         |
| N) | Rainure de matage du joint              |    |                                       |

Figure 23.4.1.1 : BOMBE

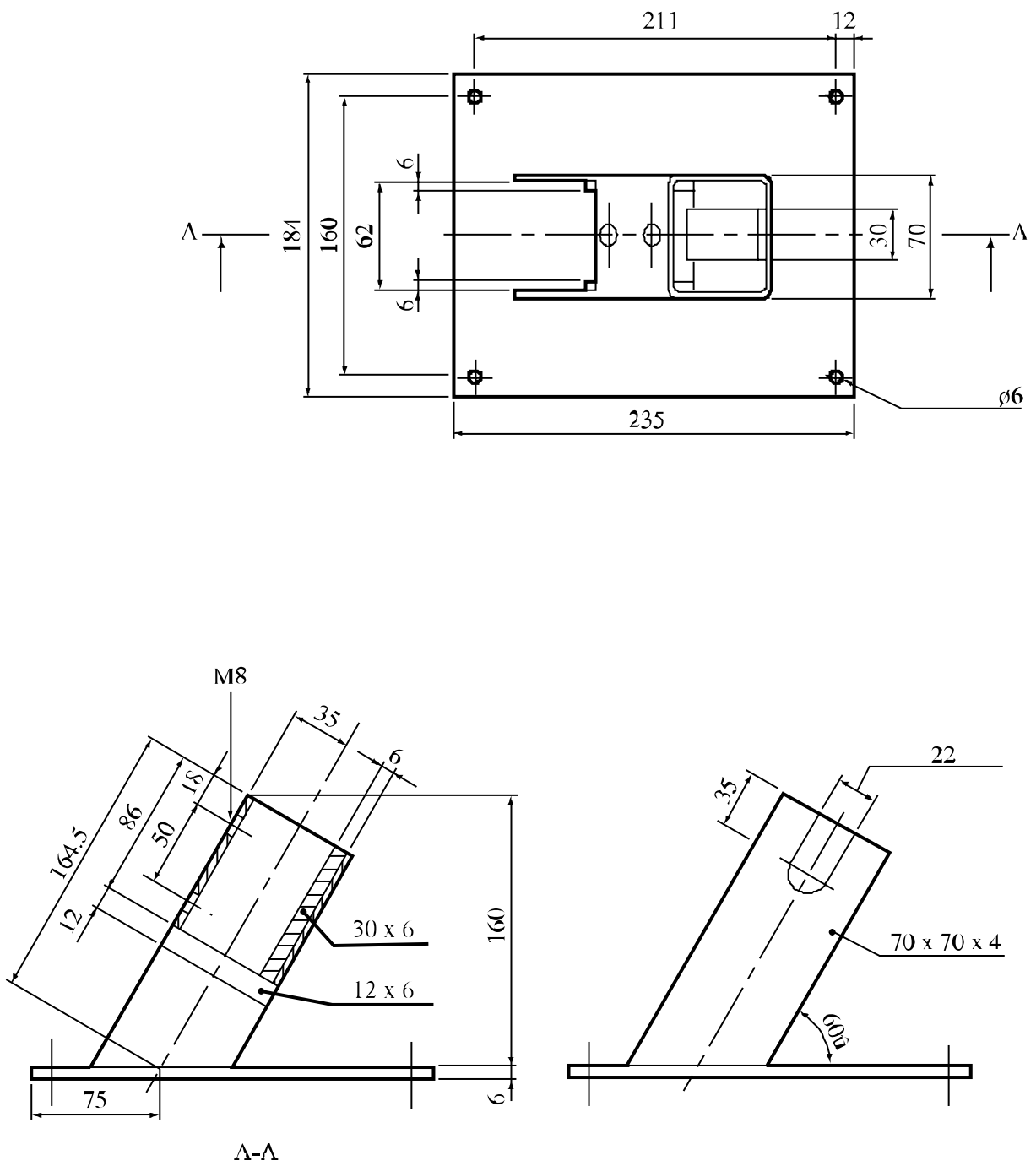
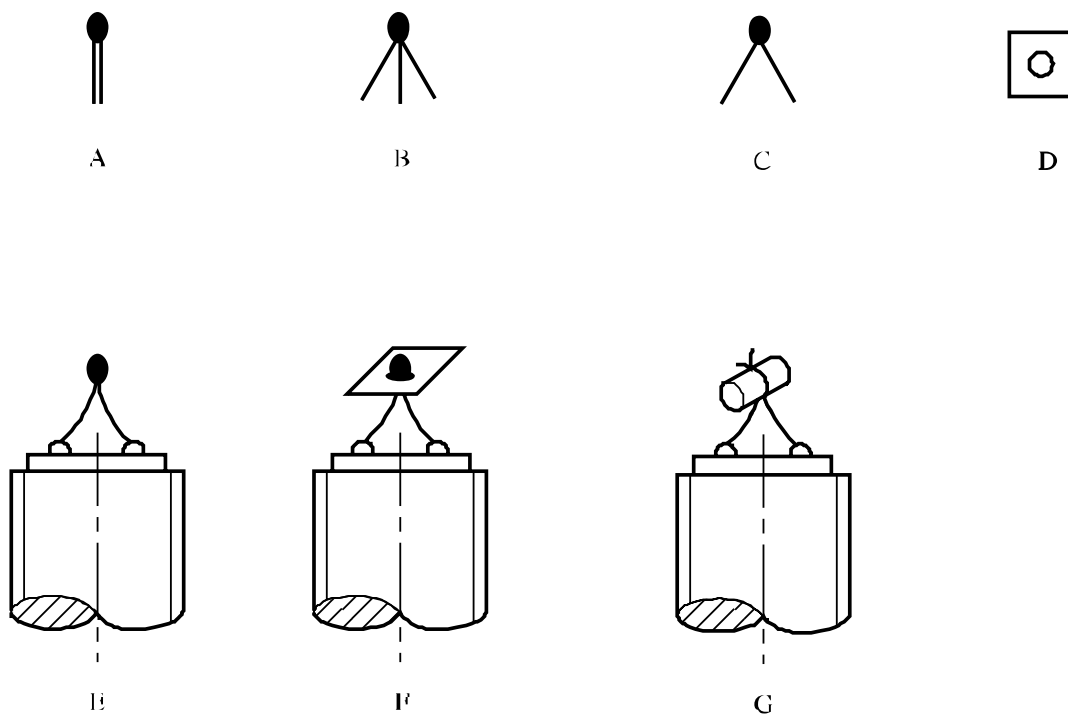
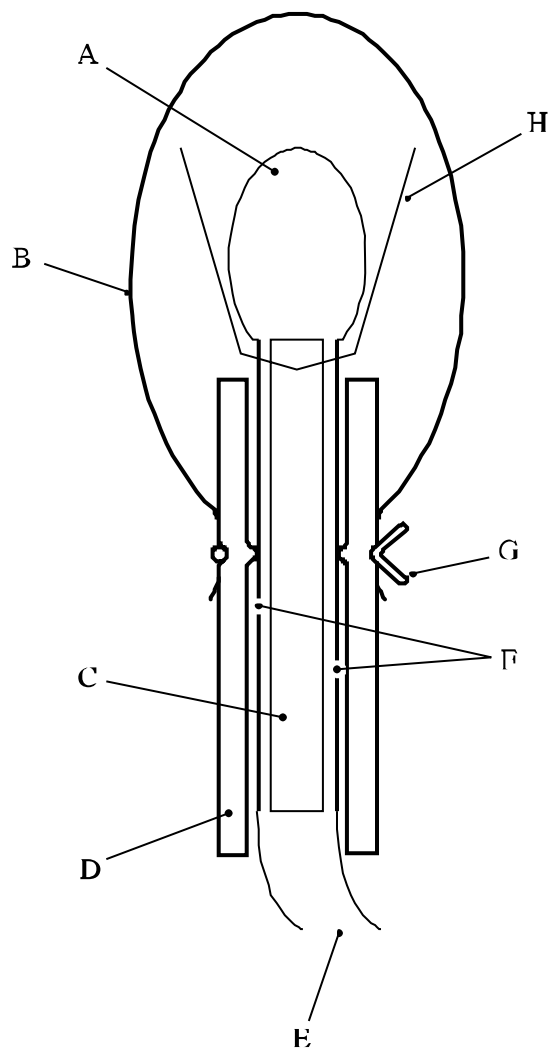


Figure 23.4.1.2 : PORTE-BOMBE



- 
- (A) Tête d'amorce électrique standard
  - (B) Conducteurs plats en cuivre décollés de la carte isolante
  - (C) Carte isolante découpée et enlevée
  - (D) Carré de 13 mm de tissu enduit de composition d'amorçage SR252, avec trou central
  - (E) Tête d'amorce soudée aux broches du bouchon de mise à feu
  - (F) Tissu placé sur la tête d'amorce
  - (G) Tissu replié autour de la tête d'amorce et attaché avec du fil
- 

**Figure 23.4.1.3 : DISPOSITIF D'ALLUMAGE POUR L'ESSAI DES MATIÈRES SOLIDES**



- 
- (A) Tête d'amorce
  - (B) Enveloppe en PVC
  - (C) Carte isolante
  - (D) Tube en caoutchouc au silicone
  - (E) Fils de mise à feu
  - (F) Conducteurs plats
  - (G) Collier de sertissage d'étanchéité
  - (H) Tissu imprégné de composition d'amorçage
- 

**Figure 23.4.1.4 : DISPOSITIF D'ALLUMAGE POUR L'ESSAI DES LIQUIDES**

## 23.4.2 *Épreuve C.2 : Épreuve de déflagration*

### 23.4.2.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière à propager une déflagration. Elle permet de répondre aux questions des cases 3, 4 et 5 de la figure 20.1.

### 23.4.2.2 *Appareillage et matériels*

23.4.2.2.1 L'épreuve est exécutée dans un vase de Dewar (figure 23.4.2.1) pourvu de fenêtres verticales d'observation diamétralement opposées. La vitesse de déflagration est mesurée avec un chronomètre précis à la seconde près.

23.4.2.2.2 Le vase de Dewar a un volume d'environ 300 cm<sup>3</sup>, un diamètre intérieur de 48 ± 1 mm, un diamètre extérieur de 60 mm et une hauteur de 180 à 200 mm. Le temps de demi-refroidissement avec 265 cm<sup>3</sup> d'eau dans le Dewar obturé avec un bouchon doit être supérieur à 5 heures. Des repères horizontaux sont tracés à 50 et à 100 mm du bord supérieur du Dewar. La vitesse de déflagration est le temps que prend la décomposition pour se propager entre le repère à 50 mm et celui à 100 mm. La température de la matière soumise à l'épreuve est mesurée avant l'allumage avec un thermomètre en verre précis à 0,1 °C près. On peut aussi mesurer la vitesse de déflagration et la température de l'échantillon au moyen de deux thermocouples plongeant dans le Dewar à 50 mm et à 100 mm au-dessous de son bord supérieur.

23.4.2.2.3 Toute flamme de gaz longue au moins de 20 mm convient à l'allumage de la matière.

23.4.2.2.4 Pour la protection de l'expérimentateur, l'épreuve doit être exécutée dans une hotte pare-explosion ou dans une salle bien ventilée. Le débit du ventilateur d'évacuation doit suffire pour assurer un degré de dilution des produits de décomposition tel qu'il n'y ait pas de risque de constitution de mélanges explosifs avec l'air. Entre l'observateur et le vase de Dewar il faut placer un écran en glace de sécurité, bien assujéti.

### 23.4.2.3 *Mode opératoire*

23.4.2.3.1 ***Si des essais préliminaires de sécurité (par exemple chauffage dans une flamme) ou une épreuve de combustion à petite échelle (par exemple épreuve de la série 3, type d)) montrent qu'une réaction rapide est susceptible de se produire, il peut s'avérer nécessaire de procéder à des épreuves préliminaires dans des tubes en verre pyrex avant de passer à l'épreuve en Dewar.*** Il est recommandé d'exécuter l'essai d'abord dans un tube de diamètre 14 mm et ensuite un tube de diamètre 28 mm. Si la vitesse de déflagration dans l'un de ces essais préliminaires dépasse 5 mm/s, la matière peut être classée directement comme une matière sujette à déflagration rapide et l'on peut omettre l'épreuve principale, en Dewar.

23.4.2.3.2 Le vase de Dewar et la matière sont portés à la température critique comme indiqué dans le Règlement type. Si la matière est stable au point qu'une régulation de température n'est pas prescrite, la température d'épreuve sera de 50 °C. Le Dewar est rempli de 265 cm<sup>3</sup> de matière. Les matières granulaires sont versées dans le vase Dewar de manière telle que la densité globale obtenue soit comparable à celle de la matière lors du transport et qu'il n'y ait pas de morceaux.

23.4.2.3.3 Lorsque la matière est pâteuse, le remplissage du Dewar se fera de manière à éviter la formation de poches d'air dans l'échantillon soumis à l'épreuve. La hauteur de remplissage doit être à environ 20 mm au-dessous du bord supérieur du Dewar. On note la température et la masse de la matière. Le vase de Dewar est alors placé dans une cellule d'essai ou une hotte, derrière un écran, et la surface de la matière est chauffée avec un bec à gaz. Dès que l'inflammation est observée ou, à défaut, si l'inflammation n'intervient pas en 5 minutes, le bec à gaz est éloigné et éteint. L'intervalle de temps nécessaire pour que la zone de réaction parcoure la distance entre les deux repères est mesuré avec le chronomètre. Si la réaction s'arrête avant d'atteindre le repère inférieur, la matière est considérée comme non déflagrante. L'épreuve est exécutée deux fois et la vitesse de déflagration est calculée par le temps de propagation le plus court. La vitesse de déflagration peut aussi être mesurée au moyen de deux thermocouples plongeant dans le Dewar

à 50 mm et 100 au-dessous de son bord supérieur. La force électromotrice (f.e.m) engendrée par les thermocouples est mesurée en continu. Le passage du front de réaction provoque une brusque montée de la f.e.m On mesure l'intervalle de temps entre les accroissements de la f.e.m.

#### 23.4.2.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

23.4.2.4.1 Les résultats de l'épreuve sont interprétés en constatant la propagation éventuelle d'une zone de réaction de haut en bas dans la matière et, si tel est le cas, en mesurant la vitesse. La participation de l'oxygène de l'air à la réaction ayant pour siège la surface de l'échantillon devient négligeable dès que la zone de réaction a parcouru une distance de 30 mm. De ce fait, la réaction s'éteindra si la matière ne déflagre pas dans les conditions de l'épreuve. La vitesse de propagation de la zone de réaction (vitesse de déflagration) est une mesure du risque de déflagration que présente la matière à la pression atmosphérique.

#### 23.4.2.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

- "Oui, rapidement" : - Vitesse de propagation supérieure à 5,0 mm/s.
- "Oui, lentement" : - Vitesse de propagation entre 0,35 mm/s et 5,0 mm/s.
- "Non" : - Vitesse de propagation inférieure à 0,35 mm/s ou la réaction avant d'atteindre le repère inférieur.

**NOTA** : L'épreuve pression/temps (épreuve C.1) est à exécuter si le résultat "Oui, rapidement" n'est pas obtenu.

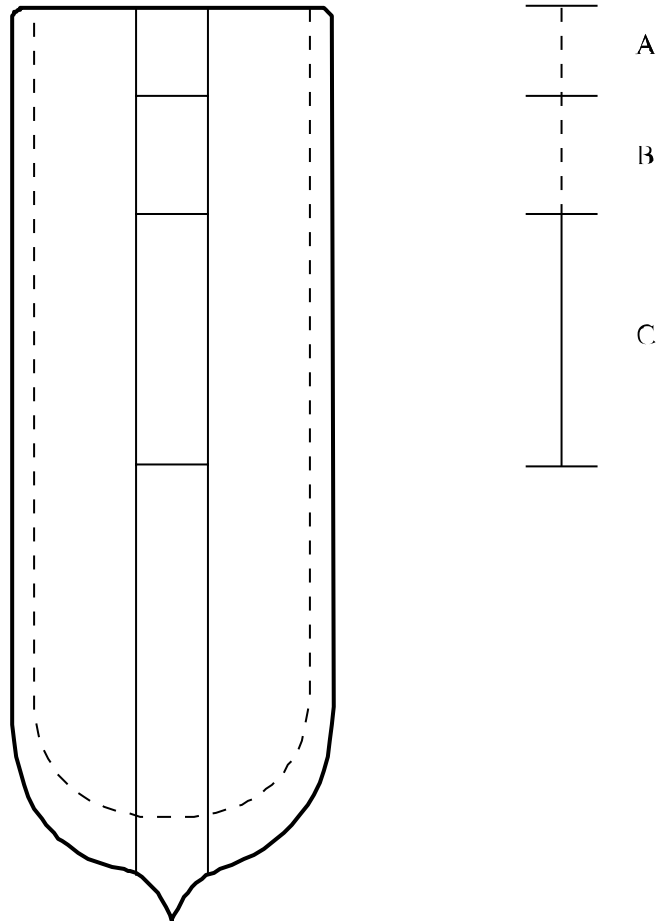


## 23.4.2.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Masse de l'échantillon (g)</b>	<b>Température d'épreuve (°C)</b>	<b>Vitesse de propagation (mm/s)</b>	<b>Résultat (déflagration)</b>
Azodicarbonamide	174	50	0,35	Oui, lentement
Azo-2,2' bis (isobutyronitrile)	101	45	<sup>a</sup>	Non
Diméthyl-2,5 bis(benzoylperoxy)-2,5 hexane	231	50	6,9	Oui, rapidement
Diméthyl-2,5 bis (tert-butylperoxy)-2,5 hexyne-3	235	50	2,9	Oui, lentement
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	237	25	0,74	Oui, lentement
Hydroperoxyde de cumyle, à 80 % dans du cumène	273	50	0,12	Non
4-Nitrosophénol	130	35	0,90	Oui, lentement
Peroxyde de dibenzoyle	158	20	100 <sup>b</sup>	Oui, rapidement
Peroxyde de dicumyle	292	50	négatif	Non
Peroxyde de dilauroyle	130	45	négatif	Non
Peroxyde de dilauroyle, à 42 % en dispersion dans l'eau	265	45	négatif	Non
Peroxybenzoate de tert-butyle	276	50	0,65	Oui, lentement
Peroxyde de di-tert-butyle	212	50	0,27	Non
Peroxydicarbonate de bis(tert-butyl-4 cyclohexyle)	123	35	4,3	Oui, lentement
Peroxydicarbonate de dicyclohexyle	-	26	26	Oui, rapidement
Peroxydicarbonate de dicétyle	159	35	négatif	Oui, lentement
Peroxydicarbonate de dicyclohexyle à 90 % avec de l'eau	-	15	13	Oui, rapidement
Triméthyl-3,5,5 peroxyhexanoate de tert-butyle, à 75 % dans un solvant	238	50	0,27	Non

<sup>a</sup> *Flamme vacillante qui s'éteint, pas de propagation constante dans les conditions d'épreuve.*

<sup>b</sup> *Essai préliminaire dans un tube en verre mesurant 14 mm de diamètre, à 20 °C au lieu de 50 °C.*



- 
- (A) Hauteur de remplissage à 20 mm au-dessous du bord supérieur
  - (B) Intervalle de 30 mm pour la détection d'une déflagration
  - (C) Intervalle de 50 mm pour la mesure de la vitesse de déflagration
- 

**Figure 23.4.2.1 : DEWAR AVEC FENÊTRES D'OBSERVATION**

## SECTION 24

### ÉPREUVES DE LA SÉRIE D

#### 24.1 Introduction

La série d'épreuves D comprend une épreuve et des critères concernant la propagation de la déflagration rapide d'une matière telle qu'elle est emballée pour le transport. L'épreuve est à utiliser pour les matières qui déflagrent rapidement dans une épreuve de la série C.

#### 24.2 Méthode d'épreuve

24.2.1 À la question "La déflagration dans un colis est-elle rapide ?" (case 6 de la figure 20.1), il est répondu d'après les résultats de la méthode d'épreuve du tableau 24.1.

**Tableau 24.1 : MÉTHODE D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE D**

Code	Nombre de l'épreuve	Section
D.1	Épreuve de déflagration dans un colis <sup>a</sup>	24.4.1

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

24.2.2 L'épreuve n'est indispensable que pour les matières pour lesquelles la réponse à une épreuve de la série C est "Oui, rapidement".

#### 24.3 Conditions d'épreuve

24.3.1 L'épreuve de la série D doit être appliquée à des colis (d'une masse ne dépassant pas 50 kg) de matières dans l'état et la forme dans lesquels elles sont préparées pour le transport.

24.3.2 *La procédure préliminaire doit être appliquée avant d'exécuter ces épreuves (voir section 20.3).*

#### 24.4 Série D : Dispositions d'épreuve

##### 24.4.1 *Épreuve D.1 : Épreuve de déflagration dans un colis*

###### 24.4.1.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer l'aptitude d'une matière à propager rapidement une déflagration telle qu'elle est emballée pour le transport. Elle permet de répondre à la question de la case 6 de la figure 20.1.

###### 24.4.1.2 *Appareillage et matériels*

Un allumeur juste suffisant pour assurer l'allumage de la matière (par exemple amorce contenant 2 g au maximum d'un mélange inflammateur pyrotechnique à combustion lente entouré d'un film de plastique mince) et un matériau de confinement approprié.

24.4.1.3 *Mode opératoire*

Cette épreuve est exécutée sur des matières emballées dans l'état et la forme dans lesquels elles sont préparées pour le transport. Le colis est placé sur le sol et l'allumeur au centre de la matière. S'il s'agit d'une matière liquide, il faut prévoir un support fait de fils métalliques afin de pouvoir fixer l'allumeur à l'endroit voulu. L'allumeur doit être protégé du liquide. L'épreuve est exécutée sous confinement. La méthode de confinement préconisée est le sable en vrac autour du colis d'épreuve, d'une épaisseur minimale de 0,5 m dans toutes directions. On peut aussi utiliser des caisses, des sacs ou des bidons remplis de terre ou de sable et disposés autour et au-dessus du colis sur une épaisseur minimale de 0,5 m. L'épreuve est exécutée trois fois, à moins que l'on n'observe une explosion avant. ***Si l'on n'observe pas de déflagration après l'allumage, il faut prendre garde à ne pas s'approcher du colis pendant au moins 30 minutes. Il est recommandé d'insérer un thermocouple à proximité de l'allumeur afin de pouvoir en surveiller le fonctionnement et déterminer quand on peut s'approcher du colis sans danger.***

24.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

24.4.1.4.1 Les résultats d'épreuve sont évalués en se fondant sur les indices d'une déflagration rapide de la matière éprouvée, à savoir :

- a) Fragmentation du colis;
- b) Éclatement et dispersion de la plus grande partie du matériau de confinement.

24.4.1.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

"Oui" : - Une fragmentation de l'emballage intérieur ou extérieur en plus de trois morceaux (sans tenir compte du dessus et du dessous de l'emballage) indique que la matière éprouvée a déflagré rapidement dans le colis.

"Non" : - L'absence de fragmentation ou la fragmentation de l'emballage intérieur ou extérieur en trois morceaux ou moins (sans tenir compte du dessus et du dessous de l'emballage) indique que la matière éprouvée n'a pas déflagré rapidement dans le colis.

24.4.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Emballage</b>	<b>Nombre de fragments</b>	<b>Résultat</b>
Peroxyde de dibenzoyl	1A2, 25 kg	> 40	Oui
Peroxyde de dibenzoyl	4G, 25 kg	> 40	Oui
Peroxyde de dibenzoyl, à 94 % dans l'eau	1A2, 25 kg	> 40	Oui
Peroxyde de dibenzoyl, à 75 % dans l'eau	4G, 25 kg	Pas de fragmentation	Non

## SECTION 25

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE E

**25.1 Introduction**

25.1.1 La série d'épreuve E comprend des essais de laboratoire et des critères relatifs aux effets du chauffage sous confinement défini, comme l'indiquent les cases 7, 8, 9 et 13 de la figure 20.1.

**25.2 Méthodes d'épreuve**

25.2.1 À la question "Quelle est la réaction au chauffage sous confinement défini ?" (cases 7, 8, 9 et 13 de la figure 20.1), il est répondu d'après les résultats combinés des méthodes d'épreuve du tableau 25.1.

**Tableau 25.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE E**

Code	Désignation de l'épreuve	Section
E.1	Épreuve de Koenen <sup>a</sup>	25.4.1
E.2	Épreuve de la bombe des Pays-Bas <sup>b</sup>	25.4.2
E.3	Épreuve de la bombe des États-Unis	25.4.3

<sup>a</sup> Épreuve recommandée pour les matières autoréactives en combinaison avec l'une des autres épreuves.

<sup>b</sup> Épreuve recommandée pour les peroxydes organiques en combinaison avec l'une des autres épreuves.

25.2.2 Pour les matières autoréactives, il faut utiliser une combinaison de l'épreuve de Koenen et de l'épreuve de la bombe des Pays-Bas ou de l'épreuve de la bombe des États-Unis. Pour les peroxydes organiques, il faut utiliser une combinaison de l'épreuve de la bombe des Pays-Bas et de l'épreuve de Koenen ou de l'épreuve de la bombe des États-Unis. On retient pour le classement, la classe du risque la plus élevée.

**25.3 Conditions d'épreuve**

25.3.1 *La procédure préliminaire (voir section 20.3) doit être appliquée avant d'exécuter ces épreuves.*

**25.4 Série E : Dispositions d'épreuve****25.4.1 Épreuve E.1 : Épreuve de Koenen**25.4.1.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer la sensibilité des matières à l'effet d'une chaleur intense sous confinement défini. Elle peut être utilisée, concurremment avec une épreuve supplémentaire de chauffage sous confinement, pour répondre aux questions des cases 7, 8, 9 et 13 de la figure 20.1.

25.4.1.2 *Appareillage et matériels*

25.4.1.2.1 L'appareillage d'essai est constitué par une douille en acier non réutilisable munie d'un dispositif de fermeture réutilisable, installée dans une enceinte de chauffage et de protection. La douille est obtenue par emboutissage d'une tôle d'acier répondant à la norme DC04 (EN 10027-1), ou la norme équivalente A620 (AISI/SAE/ASTM) ou la norme équivalente SPCEN (JIS G 3141). Ses cotes sont indiquées à la figure 25.4.1.1. À son extrémité ouverte, la douille comporte une collerette. Le disque à lumière, à travers lequel s'échappent les gaz de décomposition de l'échantillon, est en acier au chrome

résistant à la chaleur. Les diamètres de lumière disponibles sont les suivants : 1,0 - 1,5 - 2,0 - 2,5 - 3,0 - 5,0 - 8,0 - 12,0 - et 20,0 mm. Les cotes de la bague filetée et de l'écrou (qui forment le dispositif de fermeture) sont indiquées à la figure 25.4.1.1.

Pour le contrôle qualité des douilles en acier, 1 % des douilles de chaque lot de production doit être soumis au contrôle qualité et les données suivantes doivent être vérifiées:

- a) La masse des douilles doit être de  $26,5 \pm 1,5$  g, les douilles utilisées à chaque séquence d'épreuve ne doivent pas présenter une différence de masse de plus de 1 g;
- b) La longueur des douilles doit être  $75 \pm 0,5$  mm;
- c) L'épaisseur de paroi des douilles mesurée à 20 mm du fond de la douille doit être  $0,5 \pm 0,05$  mm;
- d) La pression de rupture telle que déterminée par charge quasi-statique à travers un fluide incompressible doit être  $30 \pm 3$  MPa.

25.4.1.2.2 Pour le chauffage, on utilise quatre brûleurs alimentés en propane à partir d'une bouteille à gaz industriel par l'intermédiaire d'un détendeur, d'un compteur et de tuyaux de répartition. D'autres gaz combustibles peuvent être utilisés à condition que la vitesse de chauffe prescrite soit respectée. La pression du gaz est réglée pour maintenir une vitesse de chauffe de  $3,3 \pm 0,3$  K/s, cette valeur étant mesurée par une opération d'étalonnage. Celle-ci consiste à chauffer une douille (munie d'un disque à lumière de 1,5 mm), contenant  $27 \text{ cm}^3$  de phtalate de dibutyle. On enregistre le temps nécessaire pour porter la température du liquide, mesurée avec un thermocouple de 1 mm de diamètre placé en position centrale à 43 mm au-dessous du bord de la douille, de  $135 \text{ °C}$  à  $285 \text{ °C}$  et on calcule la vitesse de chauffe correspondante.

25.4.1.2.3 Étant donné le risque d'éclatement de la douille lors de l'essai, le chauffage s'effectue dans une enceinte de protection en métal soudé, ayant la configuration et les dimensions indiquées à la figure 25.4.1.2. La douille est suspendue entre deux tiges passant par des trous percés en deux points opposés de la paroi de l'enceinte. La position des brûleurs est indiquée à la figure 25.4.1.2. Les brûleurs sont allumés simultanément au moyen d'une veilleuse ou d'un allumeur électrique. ***L'appareillage d'essai est installé dans un local protégé.*** Au cours de l'essai on doit prendre des mesures pour éviter que les flammes des brûleurs ne soient déviées par les courants d'air. Le local d'essais est muni d'un système d'extraction des gaz ou fumées provenant des essais.

### 25.4.1.3 *Mode opératoire*

25.4.1.3.1 La matière est normalement soumise à l'épreuve telle qu'elle a été reçue. Dans certains cas cependant il peut être nécessaire de la broyer avant l'épreuve. Pour les matières solides, la masse de matière à utiliser pour chaque essai est déterminée au moyen d'un essai à blanc en deux étapes. On remplit une douille préalablement tarée de  $9 \text{ cm}^3$  de matière et on tasse avec une force de 80 N s'exerçant sur toute la section transversale de la douille<sup>1</sup> S'il s'agit d'une matière compressible, on complète le plein et on tasse jusqu'à ce que la douille soit remplie à 55 mm du bord. La masse totale de matière utilisée jusque-là est déterminée et deux portions supplémentaires, chacune tassée avec une force de 80 N, sont ajoutées. Ensuite, selon le cas, on enlève l'excédent ou on rajoute en tassant ce qui manque pour amener le niveau à 15 mm du bord.

---

<sup>1</sup> ***Lorsque cette méthode est inapplicable pour des raisons de sécurité (matières sensibles aux frottements), ou parce que la forme physique de l'échantillon risque d'être modifiée par la compression, ou parce que l'utilisation d'un échantillon comprimé n'est pas représentative des conditions de transport (matériaux fibreux par exemple), on pourra utiliser d'autres méthodes de remplissage mieux adaptées.***

On exécute un second essai à blanc, en commençant par charger une portion tassée égale au tiers de la masse totale mesurée lors du premier essai de chargement. On ajoute ensuite deux de ces portions supplémentaires en tassant avec une force de 80 N, et on ajuste le niveau de l'échantillon dans le tube à 15 mm du bord supérieur en ajoutant ou en enlevant de la matière selon le cas. La quantité de matière déterminée lors du second essai de chargement est utilisée pour chaque essai, le remplissage s'effectuant par trois portions égales, chacune comprimée à 9 cm<sup>3</sup>, en appliquant la force jugée nécessaire. (Cette opération peut être facilitée par l'utilisation de bagues d'espacement.) Avec les liquides et matières géli-formes on charge le tube jusqu'à 60 mm du bord en veillant avec un soin particulier, dans le cas des dernières matières, à ce qu'il ne subsiste pas de vides. La bague filetée est enfilée sur la douille par en dessous, le disque à lumière approprié est mis en place et l'écrou est serré à la main après application d'un peu de lubrifiant au bisulfure de molybdène sur le filet. Il est très important de s'assurer qu'il ne subsiste pas de matière prise entre le rebord de la douille et le disque, ou dans les filets.

25.4.1.3.2 Pour les disques ayant un diamètre de lumière de 1,0 à 8,0 mm, on utilise des écrous à ouverture de 10,0 mm; au-delà, on doit prendre un écrou dont l'ouverture est de 20,0 mm. Une douille n'est utilisée que pour un seul essai. Par contre, les disques à lumière, bagues filetées et écrous peuvent être réutilisés s'ils ne sont pas endommagés.

25.4.1.3.3 La douille est ensuite placée dans un étau solidement fixé et l'écrou est serré avec une clé. Elle est ensuite suspendue entre les deux tiges dans l'enceinte de protection. On évacue la zone d'épreuve, on ouvre l'alimentation en gaz et on allume les brûleurs. Le temps jusqu'au début de la réaction et la durée de réaction peuvent fournir des renseignements supplémentaires utiles pour l'interprétation des résultats. S'il ne se produit pas d'éclatement, on doit prolonger le chauffage pendant au moins cinq minutes avant d'arrêter l'essai. Après chaque essai, s'il y a eu fragmentation, on rassemble et on pèse les fragments de la douille.

25.4.1.3.4 Du point de vue du type de fragmentation, on distingue les effets suivants :

- "O" : Douille intacte;
- "A" : Fond de la douille gonflé;
- "B" : Fond et paroi de la douille gonflés;
- "C" : Fond de la douille fendu;
- "D" : Paroi de la douille fendue;
- "E" : Douille fendue en deux fragments<sup>2</sup>;
- "F" : Douille fragmentée en trois morceaux ou plus<sup>2</sup>, qui restent éventuellement reliés par une bande étroite;
- "G" : Douille fragmentée en de nombreux morceaux, petits pour la plupart, dispositif de fermeture intact;
- "H" : Douille fragmentée en de nombreux très petits morceaux, dispositif de fermeture déformé ou rompu.

Des exemples des types de fragmentation "D", "E" et "F" sont montrés dans la figure 25.4.1.3. Si un essai aboutit à une fragmentation du type "O" à "E", on considère que le résultat est "pas d'explosion". Si l'on obtient le type de fragmentation "F", "G" ou "H", on considère que le résultat est "explosion".

25.4.1.3.5 La série d'essais commence par un essai simple avec disque à lumière de 20,0 mm. Si lors de cet essai, il y a "explosion", on poursuit la série avec des essais sur des douilles sans disque à lumière ni écrou mais seulement munie de la bague filetée (ouverture : 24,0 mm). Si par contre il n'y a pas d'explosion, avec le disque à lumière de 20,0 mm, on poursuit la série avec un essai pour chacun des diamètres de lumière suivants : 12,0 - 8,0 - 5,0 - 3,0 - 2,0 - 1,5 - et finalement 1,0 mm, jusqu'à ce que l'on obtienne le résultat (positif) "explosion". On exécute alors des essais à des diamètres croissants selon l'ordre indiqué en 25.4.1.2.1 jusqu'à ce que l'on obtienne trois résultats négatifs ("pas d'explosion") lors de trois essais au même diamètre. Le diamètre limite pour une matière donnée est le plus grand diamètre pour lequel le résultat "explosion" ait été obtenu. S'il n'y a pas d'explosion même au diamètre de 1,0 mm, on note comme résultat pour le diamètre limite moins de 1,0 mm.

<sup>2</sup> *Le haut de la douille, retenu dans le dispositif de fermeture, est compté comme un fragment.*

25.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

25.4.1.4.1 Critères d'évaluation des résultats

Réaction "violente" : - Diamètre limite supérieur ou égal à 2,0 mm.

Réaction "modérée" : - Diamètre limite de 1,5 mm.

Réaction "faible" : - Diamètre limite de 1,0 mm ou moins et l'on observe l'un quelconque des essais un type de fragmentation autre que le type "O".

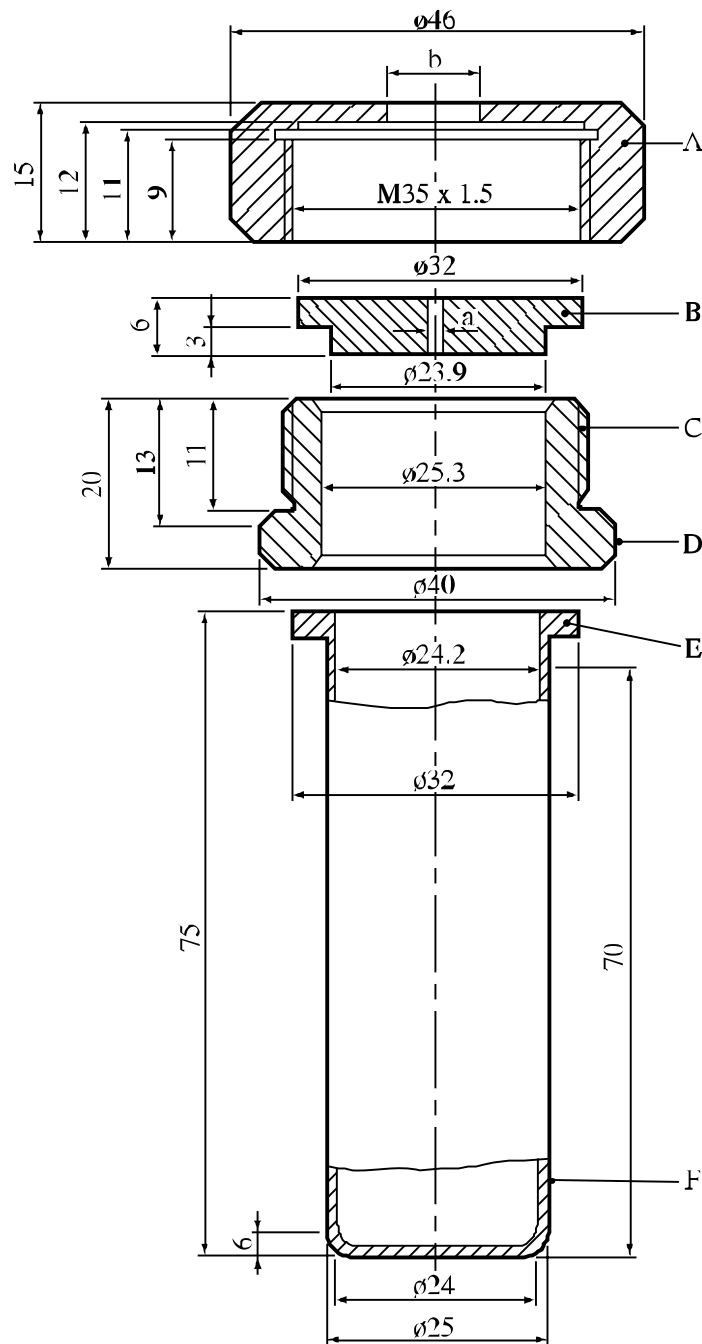
Réaction "nulle" : - Diamètre limite inférieur à 1,0 mm et l'on observe dans tous les essais le type de fragmentation "O".



## 25.4.1.5 Exemples de résultats

Matière	Masse de l'échantillon (g)	Diamètre limite (mm)	Type de fragmentation <sup>a</sup>	Réaction
Acide diperoxyisophtalique	18,0	24,0	H	Violente
Azodicarbonamide	20,0	1,5	F	Modérée
Azodicarbonamide, 67 % avec de l'oxyde de zinc	24,0	1,5	F	Modérée
Azo-2,2' bis (diméthyl-2,4 valéronitrile)	17,5	< 1,0	O	Nulle
Azo-2,2' bis (isobutyronitrile)	15,0	3,0	F	Violente
Benzènedisulfonhydrazide-1,3		12,0	F	Violente
Benzènedisulfonhydrazide-1,3, 70 % avec de l'huile minérale		2,0	F	Violente
Benzènesulfonhydrazide	18,5	1,0	F	Faible
Chlorure de diazo-2 naphтол-1 sulfonyle-4	19,0	2,5	F	Violente
Diméthyl-2,5 bis(tert-butylperoxy)-2,5 hexane	23,0	1,5	F	Modérée
N,N'-Dinitroso-N,N'-diméthyl-tétraphthalamide 70 %, avec de l'huile minérale	18,0	4,0	F	Violente
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	24,2	2,0	F	Violente
Hydroperoxyde de cumyle à 84,1 % avec du cumène	27,5	1,0	F	Faible
4-Nitrosophénol	17,0	< 1,0	A	Faible
Peroxyde de dibenzoyl	17,5	10,0	F	Violente
Peroxyde de dibenzoyl à 75 % avec de l'eau	20,0	2,5	F	Violente
Peroxyde de di-tert-butyle	21,5	< 1,0	O	Nulle
Peroxyde de dichloro-2,4 benzoyl	21,0	6,0 <sup>b</sup>	F	Violente
Peroxyde de dicumyle	18,0	< 1,0	O	Nulle
Peroxyde de dilauroyl	14,0	< 1,0	O	Nulle
Peroxyde de disuccinyle	18,0	6,0	F	Violente
Peroxybenzoate de tert-butyle	26,0	3,5	F	Violente
Peroxydicarbonate de cétyl	16,0	< 1,0	O	Nulle
Peroxydicarbonate de diisopropyle	21,0	8,0	F	Violente
Peroxydicarbonate de dimyristyle	16,0	< 1,0	O	Nulle

<sup>a</sup> Au diamètre limite.<sup>b</sup> Pour un échantillon de 13 g, le diamètre limite est < 1,0 mm.



- 
- (A) Écrou ( $\text{Ø } b = 10 \text{ ou } 20 \text{ mm}$ ) de 41 mm entre plats
  - (B) Disque à lumière ( $\text{Ø} = 1,0 \text{ à } 20 \text{ mm}$ )
  - (C) Bague filetée
  - (D) 36 mm entre plats
  - (E) Rebord
  - (F) Douille
- 

**Figure 25.4.1.1 : DOUILLE ET ACCESSOIRES**

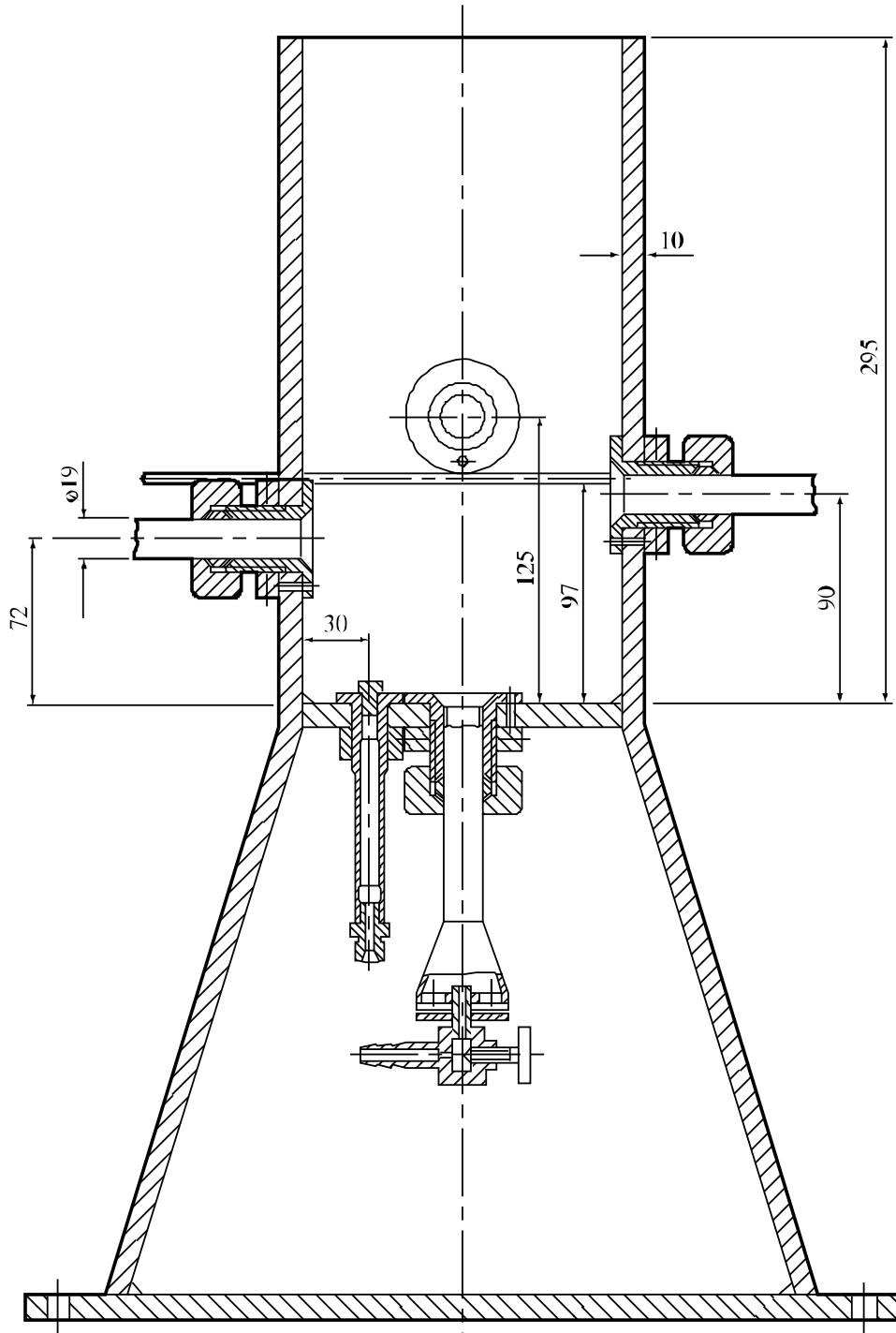


Figure 25.4.1.2 : ENCEINTE DE CHAUFFAGE ET DE PROTECTION

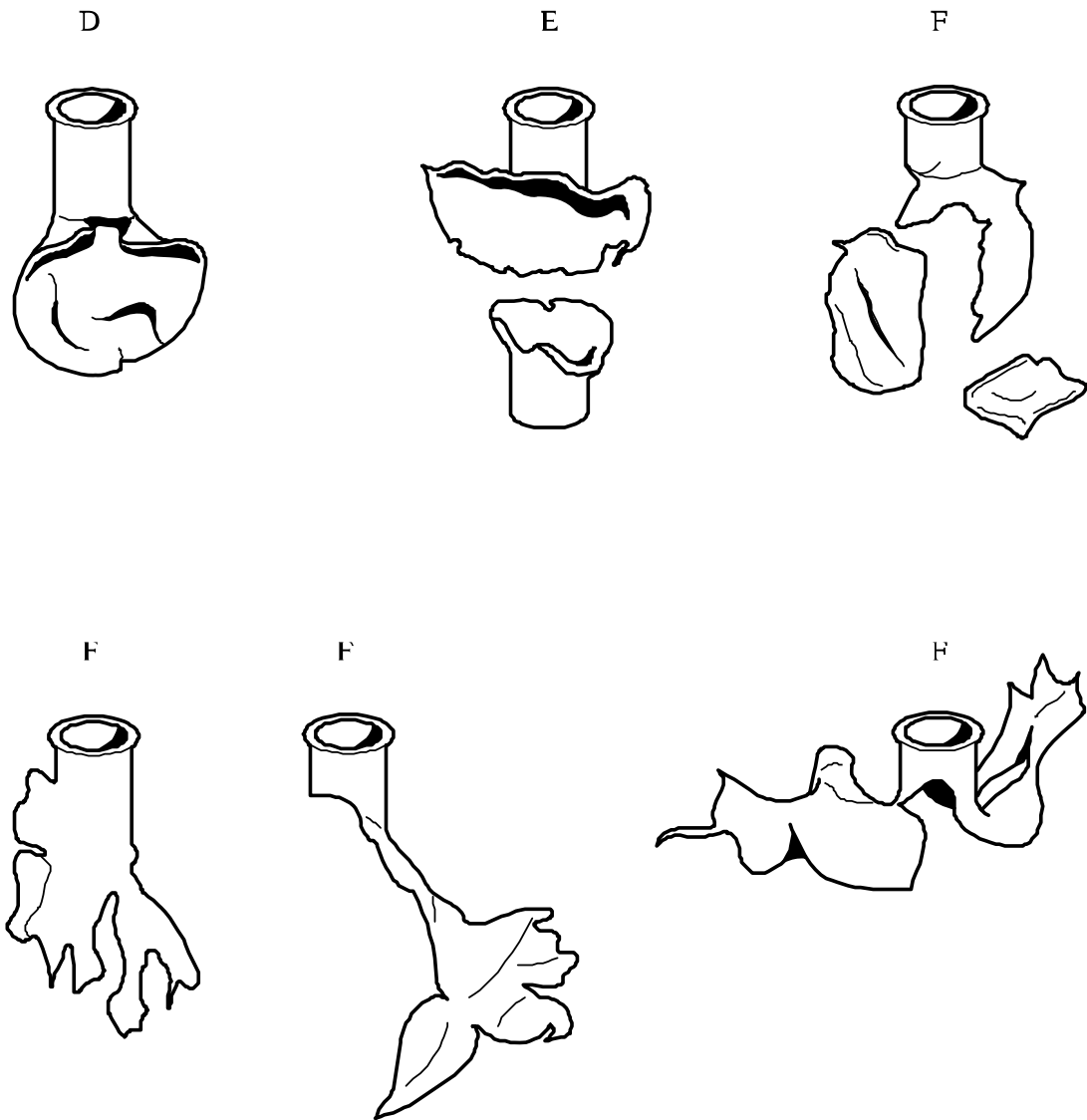


Figure 25.4.1.3 : EXEMPLES DES TYPES DE FRAGMENTATION D, E ET F

## 25.4.2 *Épreuve E.2 : Épreuve de la bombe des Pays-Bas*

### 25.4.2.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer la sensibilité des matières à l'effet d'un chauffage intense sous confinement défini. On peut l'utiliser concurremment avec une épreuve supplémentaire de chauffage sous confinement, pour répondre aux questions des cases 7, 8, 9 et 13 de la figure 20.1.

### 25.4.2.2 *Appareillage et matériels*

#### 25.4.2.2.1 Description de la bombe

La figure 25.4.2.1 en montre le schéma. La bombe est en acier inoxydable (type AISI 316). Il est prévu d'utiliser 8 disques à lumière ayant des diamètres de lumière suivants (mm) : 1,0 - 2,0 - 3,5 - 6,0 - 9,0 - 12,0 - 16,0 et 24,0. L'épaisseur des disques est de 2,0 mm  $\pm$  0,2 mm. Les disques de rupture, en aluminium, ont un diamètre de 38 mm et sont tarés, pour l'éclatement, à 620  $\pm$  60 kPa à 22 °C (voir la figure 25.4.2.2).

#### 25.4.2.2.2 Dispositif de chauffage

La bombe est chauffée avec du butane de qualité industrielle provenant d'une bouteille munie d'un détendeur. On utilise un brûleur Téclu. On peut remplacer le butane par d'autres gaz, avec un brûleur approprié, à condition que l'on obtienne une vitesse de montée en température de 3,5  $\pm$  0,3 K/s. La vitesse de montée en température est à vérifier en mesurant la température de 10 g phtalate de dibutyle placé dans la bombe. On calcule la vitesse de montée de température en mesurant le temps voulu pour porter la température de l'huile de 50 °C à 200 °C.

### 25.4.2.3 *Mode opératoire*

25.4.2.3.1 Pour une épreuve normale, il faut placer dans la bombe 10 g de matière, de façon que celle-ci en recouvre uniformément le fond. On commence avec le disque à lumière de 16,0 mm. Le disque de rupture, la plaque à orifice central et la bague de retenue sont ensuite mis en place. Les écrous à ailettes sont serrés à la main et l'écrou de la boîte à l'aide d'une clé. Le disque de rupture est couvert d'une quantité d'eau suffisante pour en modérer l'échauffement. La bombe est placée sur un trépied (dont la bague a un diamètre interne de 67 mm) qui est à l'intérieur d'un cylindre de protection. La bague située à la base de la bombe repose sur le trépied.

25.4.2.3.2 On allume le brûleur, on règle l'arrivée du gaz et celle de l'air au débit voulu pour que la flamme soit bleue et son cône intérieur bleu clair. La hauteur du trépied doit permettre au cône intérieur de la flamme d'affleurer le fond de la bombe. Le brûleur est ensuite placé sous la bombe par une ouverture pratiquée dans le cylindre de protection. **La zone d'épreuve doit être très bien ventilée et son accès interdit pendant l'épreuve.** La bombe est observée de l'extérieur soit au moyen de miroirs soit par une ouverture dans le mur munie d'une vitre blindée. Le temps jusqu'au début de la réaction et la durée de la réaction peuvent fournir des renseignements supplémentaires utiles pour l'interprétation des résultats. Enfin, le récipient est refroidi dans l'eau et nettoyé.

25.4.2.3.3 Si l'on n'observe pas de rupture du disque avec une lumière de 16,0 mm, on exécute les essais suivants avec des diamètres de 6,0, 2,0 et 1,0 mm (un essai par diamètre) jusqu'à ce qu'une rupture du disque se produise. Si l'on n'observe pas de rupture du disque avec une lumière de 1,0 mm, on répète l'expérience avec ce même diamètre, mais avec 50,0 g de matière au lieu de 10,0 g. Si l'on n'observe toujours pas de rupture, on répète l'expérience jusqu'à obtenir trois essais successifs sans rupture. En cas de rupture du disque, on répète les expériences en passant au niveau supérieur (10 g au lieu de 50 g ou avec l'orifice de diamètre immédiatement supérieur), jusqu'à ce que l'on ait trouvé le niveau pour lequel on n'obtient aucune rupture du disque pendant trois essais successifs.

25.4.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

25.4.2.4.1 On exprime le degré relatif de sensibilité d'une matière à l'échauffement dans une bombe par le diamètre limite, c'est-à-dire l'orifice ayant le plus grand diamètre en millimètres, pour lequel, au cours de trois essais, le disque de rupture casse au moins une fois alors qu'il est resté intact au cours des trois essais effectués avec le diamètre immédiatement supérieur.

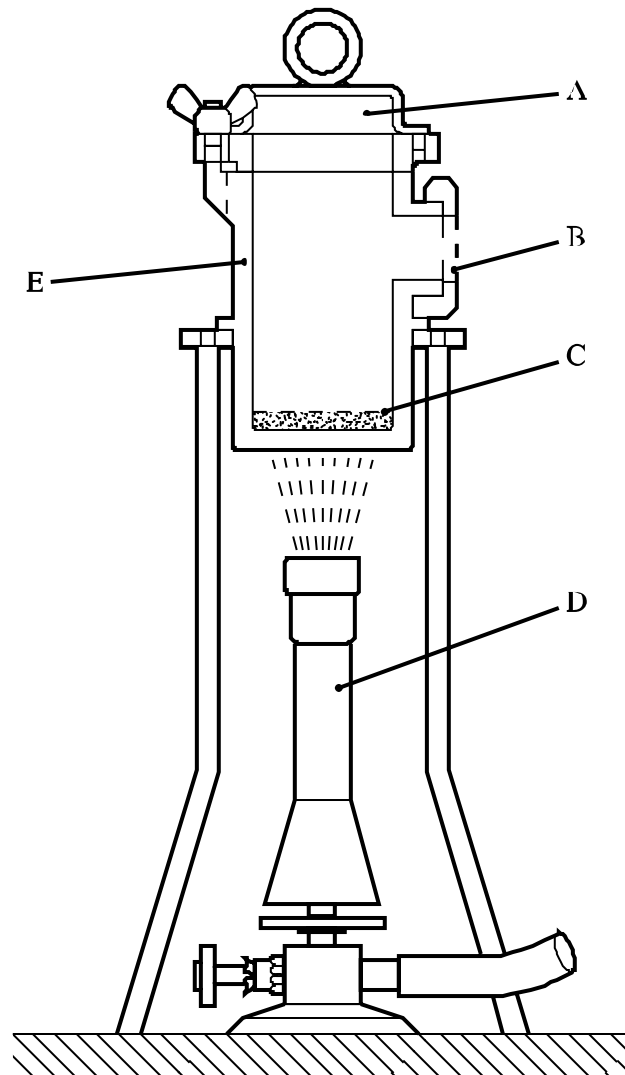
25.4.2.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

- Réaction "violente" : - Rupture du disque pour un orifice de 9,0 mm ou plus et un échantillon de 10,0 g.
- Réaction "modérée" : - Pas de rupture du disque pour un orifice de 9,0 mm, mais rupture du disque pour un orifice de 3,5 mm ou plus et un échantillon de 10,0 g.
- Réaction "faible" : - Pas de rupture du disque pour un orifice de 3,5 mm et un échantillon de 10,0 g, mais rupture du disque pour un orifice de 1,0 mm ou de 2,0 mm et un échantillon de 10,0 g ou rupture du disque avec un orifice de 1,0 mm et un échantillon de 50 g.
- Réaction "nulle" : - Pas de rupture du disque pour un orifice de 1,0 mm et un échantillon de 50,0 g.

## 25.4.2.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Diamètre limite (mm)</b>	<b>Réaction</b>
Azodicarbonamide	1,5	Faible
Azo-2,2' bis (diméthyl-2,4 valéronitrile)	6,0	Modérée
Azo-2,2' bis(isobutyronitrile)	5,5	Modérée
Azo-2,2' bis (méthyl-2 butyronitrile)	6,0	Modérée
Chlorure double de zinc et de diéthoxy-2,5 morpholino-4 benzènediazonium, 90 %	< 1,0 <sup>a</sup>	Nulle
Chlorure double de zinc et de diéthoxy-2,5 (phénylsulfonyl)-4 benzènediazonium, 67 %	< 1,0 <sup>a</sup>	Nulle
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	6,0	Modérée
Hydroperoxyde de cumyle (à 80 % dans le cumène)	1,0	Faible
4-Nitrosophénol	1,0 <sup>a</sup>	Faible
Peroxyde de dibenzoyl à 75 % avec l'eau	6,0	Modérée
Peroxybenzoate de tert-butyle	9,0	Violente
Peroxyde de di-tert-butyle	3,5	Modérée
Peroxyde de dicumyle	3,5	Modérée
Peroxyde de dilauroyle	2,0	Faible
Peroxyde de dilauroyle à 42 % en dispersion stable dans l'eau	< 1,0 <sup>a</sup>	Nulle
Peroxydicarbonate de dicétyl	1,0	Faible
Tétrafluoroborate de diéthoxy-2,5 morpholino-4 benzènediazonium, 97 %	< 1,0	Nulle
Tétrafluoroborate de méthyl-3 (pyrrolidinyl-1)-4 benzènediazonium, 95 %	< 1,0 <sup>a</sup>	Nulle

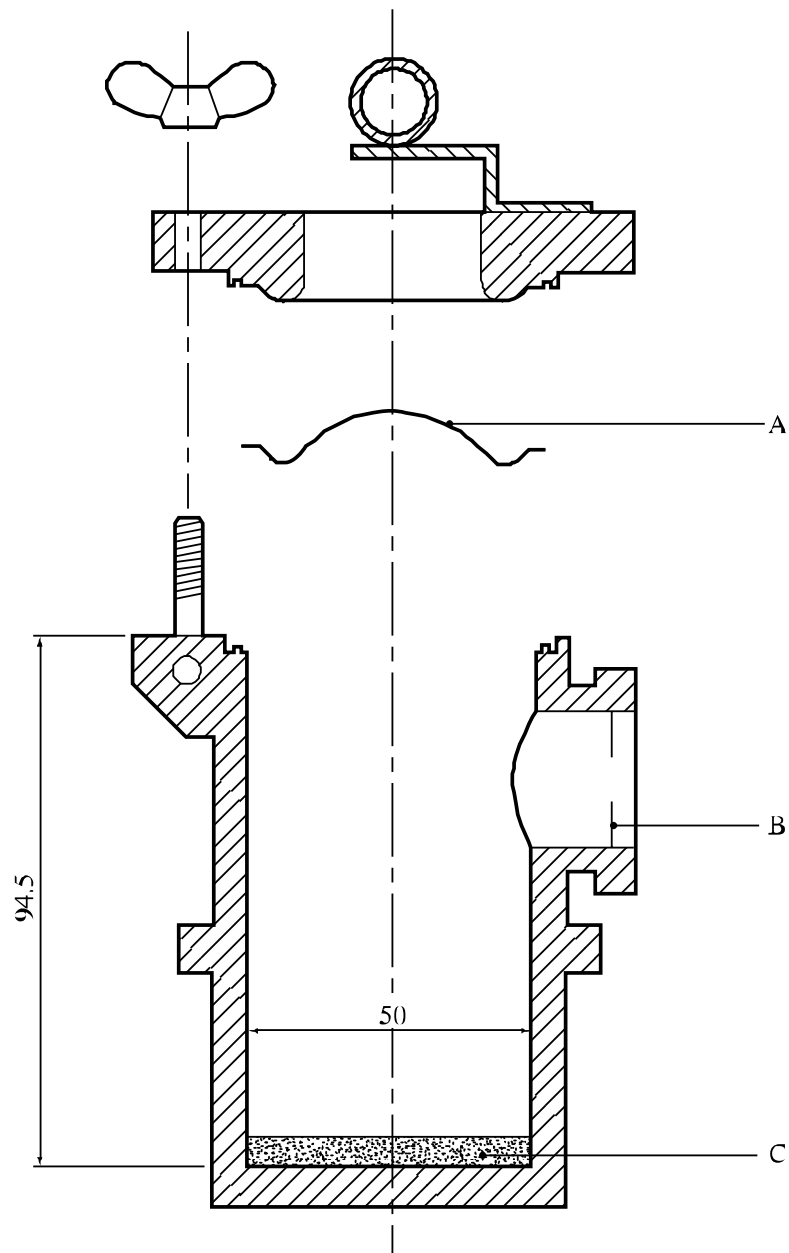
<sup>a</sup> Essai effectué avec 50 g d'échantillon.



- 
- |     |   |
|-----|---|
| (A) | Disque de rupture   |
| (B) | Disque à lumière  |
| (C) | Matière éprouvée (10 g ou 50 g)                                   |
| (D) | Bec Téclu   |
| (E) | Bombe, diamètre intérieur de 50 mm, hauteur intérieure de 94,5 mm |
- 

**Figure 25.4.2.1 : ÉPREUVE DE LA BOMBE DES PAYS-BAS**





- 
- (A) Disque de rupture
  - (B) Disque à lumière
  - (C) Échantillon
- 

**Figure 25.4.2.2 : MONTAGE DU DISQUE À LUMIÈRE**

### 25.4.3 *Épreuve E.3 : Épreuve de la bombe des États-Unis*

#### 25.4.3.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer la sensibilité des matières à l'effet d'un échauffement intense sous confinement défini. Elle permet, en conjonction avec une épreuve supplémentaire de chauffage sous confinement, de répondre aux questions des cases 7, 8, 9 et 13 de la figure 20.1.

#### 25.4.3.2 *Appareillage et matériaux*

On utilise les appareillages et les matériaux suivants :

- a) Bombe d'épreuve : bombe cylindrique en acier inoxydable 316 (figure 25.4.3.1);
- b) Support de la bombe (figure 25.4.3.2);
- c) Élément chauffant (par exemple résistance électrique de 700 W);
- d) Porte-échantillon : coupelle en aluminium de 25 × 30 mm;
- e) Disques de rupture en aluminium de 38 mm, tarés à  $620 \pm 50$  kPa à 22 °C;
- f) Orifice des disques : disques épais de 2 mm avec les diamètres de lumière suivants (mm) : 1,0 - 1,2 - 2,0 - 3,0 - 3,5 - 5,0 - 6,0 - 8,0 - 9,0 - 12,0 - 16,0 et 24,0.

#### 25.4.3.3 *Mode opératoire*

25.4.3.3.1 Le montage général de l'appareil est montré à la figure 25.4.3.1. La vitesse de montée en température doit être vérifiée en mesurant la température de 5,0 g de phtalate de dibutyle contenu dans une coupelle placée dans la bombe. La vitesse de montée en température est calculée en mesurant le temps nécessaire pour porter la température du phtalate de dibutyle de 50 °C à 200 °C. La vitesse de montée en température devrait être de  $0,5 \pm 0,1$  K/s. Un disque à lumière avec un diamètre d'orifice plus grand que le diamètre jugé nécessaire pour obtenir l'éclatement du disque de rupture est choisi et monté sur le porte-évent de la bombe.

25.4.3.3.2 Un échantillon de 5,0 g de la matière à éprouver est pesé avec précision dans une coupelle en aluminium. Celle-ci est ensuite introduite dans la bombe au moyen de pinces et positionnée en son centre. Le disque de rupture est monté sur la bombe et l'étanchéité est obtenue en serrant convenablement les boulons de la bride. Un peu d'eau est versé sur le disque de rupture pour en modérer l'échauffement pendant l'épreuve. Le chauffage électrique est branché et réglé à la puissance convenable au moins 30 minutes avant le début de l'épreuve. La bombe est fixée sur sa plaque-support et placée sur le chauffage électrique. Cette plaque-support empêche la bombe de tomber; elle empêche également les vapeurs qui s'échappent par l'évent de toucher la plaque chaude. Le temps de décomposition est noté.

25.4.3.3.3 Si le disque à lumière ne s'est pas rompu, l'essai est répété en utilisant un évent plus petit jusqu'à ce que la rupture se produise. Dans le cas d'une rupture du disque, l'expérience est répétée au diamètre immédiatement supérieur de lumière jusqu'à ce que le niveau soit trouvé où il n'y a pas de rupture dans trois essais successifs.

#### 25.4.3.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

25.4.3.4.1 Le nombre USA-PVT est défini comme le diamètre (en mm) du plus petit évent qui n'a pas provoqué la rupture du disque durant la décomposition de l'échantillon. Cette valeur est utilisée comme une mesure des effets du chauffage d'une matière sous confinement défini. L'échelle USA-PVT est basée, pour toutes les matières, sur les mêmes conditions d'épreuve et le même programme de chauffage.

25.4.3.4.2 L'effet du chauffage d'une matière sous confinement est noté selon les critères suivants :

Réaction "violente" : - Matières ayant un nombre USA-PVT de 9,0 à 24,0.

Réaction "modérée" : - Matières ayant un nombre USA-PVT de 3,5 à 8,0.

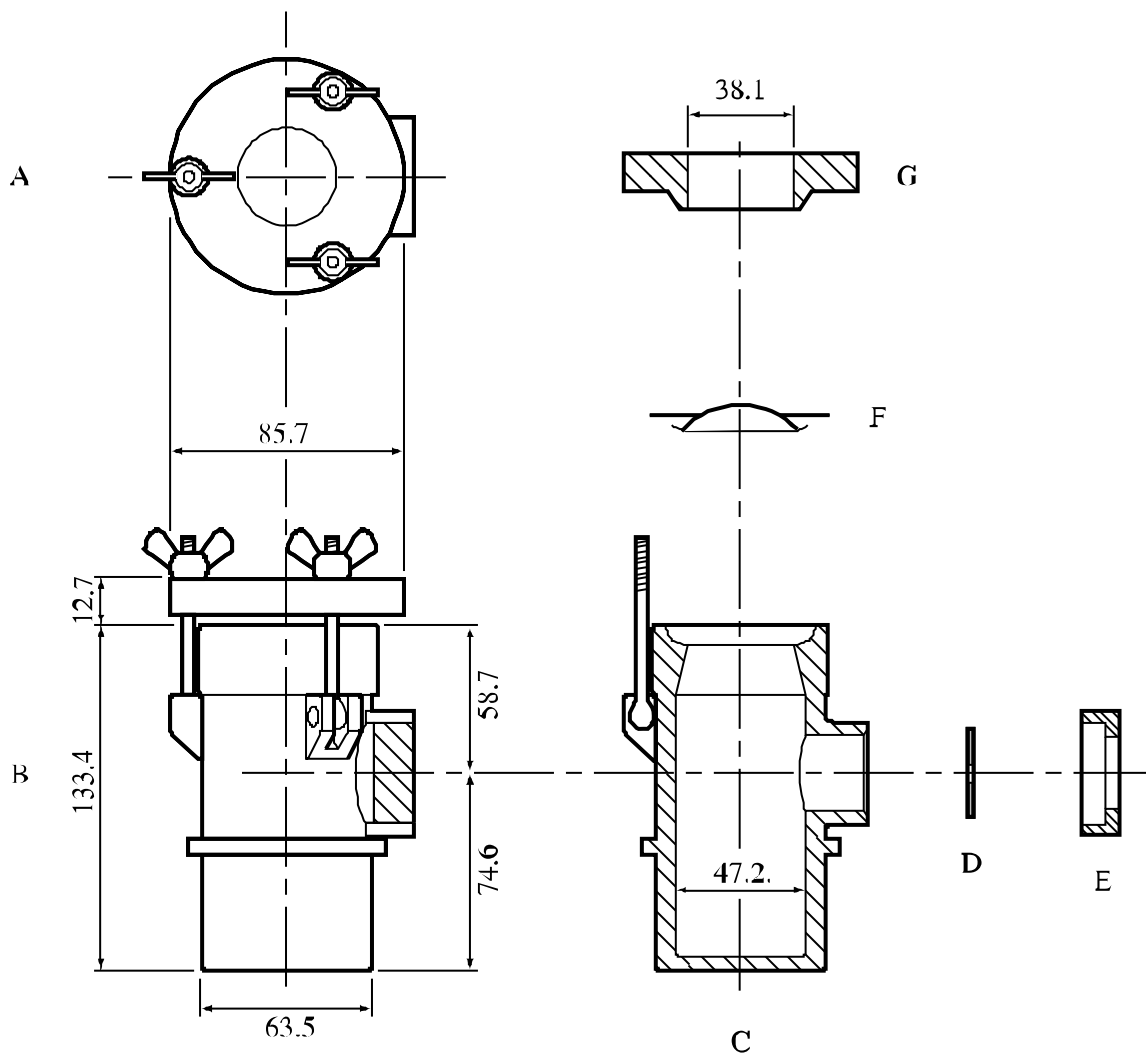
Réaction "faible" : - Matières ayant un nombre USA-PVT de 1,2 à 3,0.

Réaction "nulle" : - Matières ayant un nombre USA-PVT de 1,0.

25.4.3.5 *Exemples de résultats*

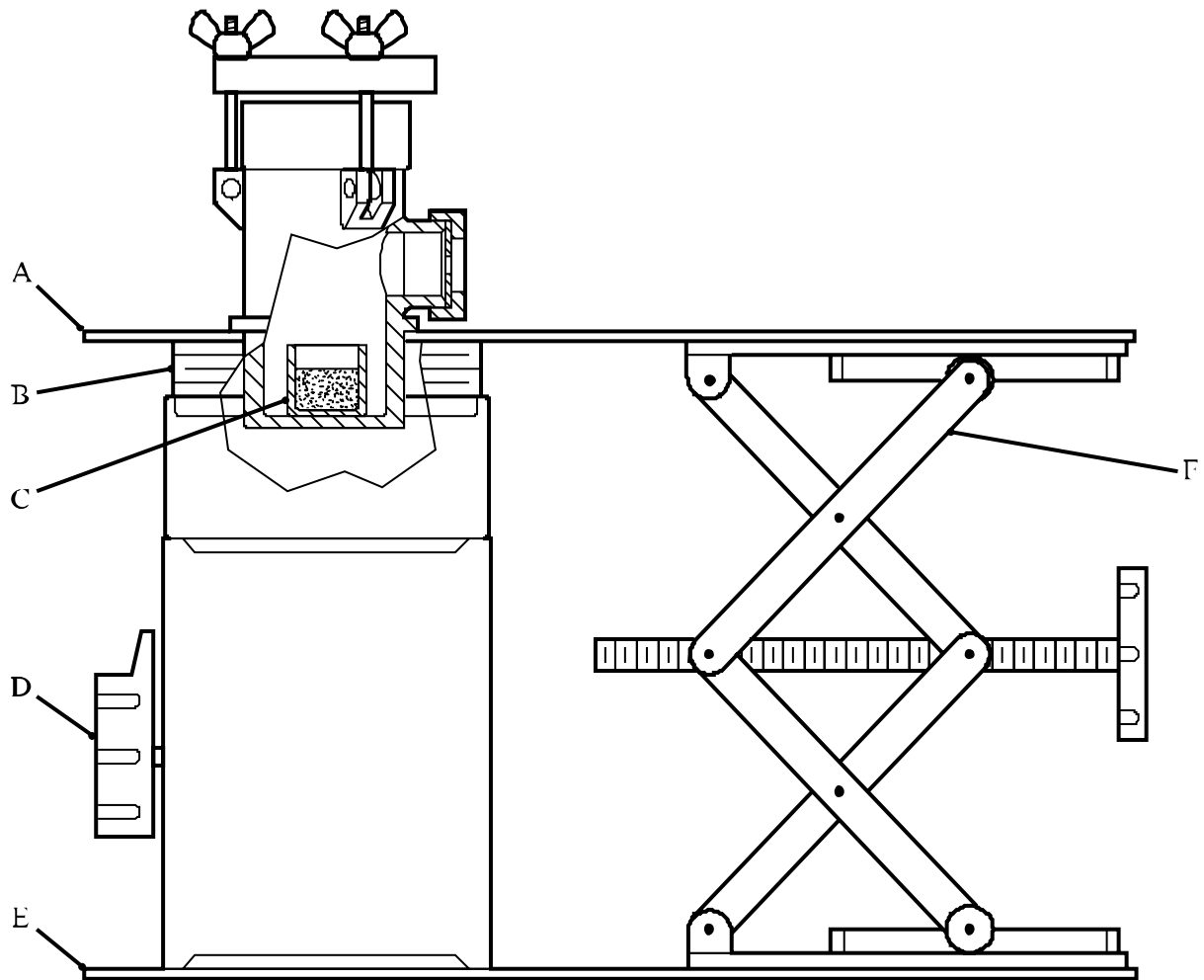
<b>Matière</b>	<b>Nombre USA-PVT</b>	<b>Réaction</b>
Carbonate d'isopropyle et de peroxy-tert-butyle à 75 % en solution	2,0	Faible
Diméthyl-2,5 bis(tert-butylperoxy)-2,5 hexyne-3	9,0	Violente
Hydroperoxyde de tert-butyle à 70 % dans l'eau	1,0	Nulle
Hydroperoxyde de cumyle, 85 % avec cumène	1,0	Nulle
Peroxyacétate de tert-butyle à 75 % en solution	8,0	Modérée
Peroxybenzoate de tert-butyle	8,0	Modérée
Peroxyde de dibenzoyl	18,0 <sup>a</sup>	Violente
Peroxyde de di-tert-butyle	1,0	Nulle
Peroxyde de dicumyle	2,0	Faible
Peroxyde de dicumyle, avec 60 % de solide inerte	1,0	Nulle
Peroxyde de dilauroyle	6,0	Modérée
Peroxyphthalate de tert-butyle à 75 % en solution	4,5 <sup>a</sup>	Modérée

<sup>a</sup> *Diamètres intermédiaires, qui ne sont plus utilisés.*



- 
- (A) Vue en plan couvercle
  - (B) Vue en élévation latérale
  - (C) Corps de la pompe
  - (D) Disque avec orifice
  - (E) Écrou de retenue
  - (F) Disque de rupture
  - (G) Couvercle
- 

**Figure 25.4.3.1 : ÉPREUVE DE LA BOMBE DES ÉTATS-UNIS**



- 
- |     |                      |
|-----|----------------------|
| (A) | Écran                |
| (B) | Isolement thermique  |
| (C) | Porte-échantillon    |
| (D) | Chauffage électrique |
| (E) | Base                 |
| (F) | Cric de laboratoire  |
- 

**Figure 25.4.3.2 : APPAREIL D'ÉPREUVE ET SON SUPPORT**  
(vue en élévation latérale)



## SECTION 26

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE F

**26.1 Introduction**

26.1.1 La série d'épreuves F comprend des essais de laboratoire et des critères relatifs à la puissance explosive des matières, permettant de répondre à la question de la case 12 de la figure 20.1. Elle s'applique aux matières dont on envisage le transport en grands conteneurs pour vrac (GRV) ou en conteneurs-citernes, ou que l'on envisage d'exempter des dispositions relatives aux matières autoréactives de la division 4.1 ou aux peroxydes organiques de la division 5.2 (voir case 11 de la figure 20.1). Les matières pour lesquelles on n'envisage ni le transport en vrac ni l'exemption peuvent être affectées au type E sans procéder à d'autres épreuves.

26.1.2 Toutes ces épreuves, exception faite de la F.5, peuvent aussi être utilisées pour les matières que l'on présélectionne pour leur capacité de propager la détonation (voir 21.2.2).

**26.2 Méthodes d'épreuve**

Il est répondu à la question "Quelle est sa puissance explosive ?" (case 12 de la figure 20.1) d'après les résultats de l'une des épreuves du tableau 26.1.

**Tableau 26.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE F**

Code	Nom de l'épreuve	Section
F.1	Épreuve de tir au mortier balistique Mk.III d	26.4.1
F.2	Épreuve du mortier balistique	26.4.2
F.3	Épreuve de Trauzl BAM	26.4.3
F.4	Épreuve de Trauzl modifiée <sup>a</sup>	26.4.4
F.5	Épreuve à l'autoclave haute pression	26.4.5

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

**26.3 Conditions d'épreuve**

26.3.1 *Avant de procéder à ces épreuves, il faut effectuer des essais de sécurité à petite échelle (voir la section 20.3).*

26.3.2 Les résultats obtenus dans les épreuves F.1 à F.4 dépendent de la sensibilité de la matière au choc détonateur et de la puissance du détonateur utilisé. Si les résultats sont trop inférieurs à ceux que l'on obtient avec des substances comparables, on peut utiliser un dispositif d'amorçage plus puissant, avec une adaptation appropriée des conditions (par exemple, mise à feu avec des échantillons inertes) par rapport aux critères d'épreuve.

26.3.3 Les épreuves sont à exécuter à la température ambiante. Toutefois, si la température de régulation est inférieure à la température ambiante, la sécurité exige des précautions spéciales. Si la matière est transportée à l'état solide avec régulation de température mais est en fait liquide à la température ambiante, l'épreuve doit être exécutée à une température juste au-dessous du point de fusion.

## 26.4 Série F : Dispositions d'épreuve

### 26.4.1 Épreuve F.1 : Épreuve de tir au mortier balistique Mk.III d

#### 26.4.1.1 Introduction

Cette épreuve sert à mesurer la puissance explosive d'une matière. La matière, confinée dans le tube d'un mortier, est soumise à l'action d'un détonateur. La mesure du recul du mortier permet, après déduction de l'effet du détonateur, de calculer la puissance en pourcentage de l'équivalent d'énergie en acide picrique, utilisé comme étalon de puissance explosive. L'épreuve permet de répondre à la question de la case 12 de la figure 20.1.

#### 26.4.1.2 Appareillage et matériels

26.4.1.2.1 Le mortier est un tube en acier long de 457 mm, fermé à l'une de ses extrémités et ayant un diamètre extérieur de 203 mm; l'âme, qui mesure 229 mm de long et 25 mm de diamètre, s'évase à l'extrémité ouverte en forme de tromblon. Il est suspendu par quatre câbles en acier inoxydable fixés à chaque extrémité par des tendeurs à pivots, lui laissant liberté de recul. La masse de l'ensemble est d'environ 113,2 kg et la longueur de suspension de 2 080 mm. Une plume fixée à l'extrémité d'un bras articulé solidaire du mortier inscrit sur une table horizontale une ligne de longueur égale à la projection du mouvement de recul du mortier. Le mortier est fait de deux parties : une gaine extérieure en acier doux et un cylindre intérieur en acier Vibrac V30 amené par traitement thermique à une résistance nominale de 772 MPa. Ce dernier est retenu par une bride annulaire (figure 26.4.1.1).

26.4.1.2.2 Pour le bourrage on prend un sable quartzéux propre et sec, passé au tamis BS de 600 microns, avec refus total au tamis BS de 250 microns. L'acide picrique est un produit pur, sec et cristallisé, tamisé comme le sable. L'acide borique (Analar) passe entièrement au tamis BS de 500 microns. Les sacs à charge (gargousses), en papier mince, ont un diamètre de 25 mm. Le sac intérieur mesure 90 mm de long, le sac extérieur, 200 mm.

26.4.1.2.3 Le détonateur est du type en aluminium à base plate et contient 0,6 g de penthrite.

#### 26.4.1.3 Mode opératoire

26.4.1.3.1 Avant de procéder à l'épreuve au mortier, on soumet normalement la matière à des essais de sensibilité au choc, au frottement et à l'étincelle électrique. Dans le sac à charge intérieur on tasse  $10,00 \pm 0,01$  g de matière. Le détonateur est introduit dans une cavité de 6 mm produite dans la matière avec une tige de bronze au phosphore et le col du sac est serré autour du détonateur. La charge est ensuite glissée dans le sac extérieur et poussée au fond de celui-ci avec un outil spécial. On ajoute alors 57 g de sable tamisé que l'on compacte doucement par tapotement. Le col du sac extérieur est roulé autour des fils du détonateur et l'ensemble de la charge est placé dans le mortier et bourré avec un outil spécial. On tire le détonateur et l'on calcule le recul moyen de la matière ( $S_m$ ). L'épreuve est exécutée trois fois.

26.4.1.3.2 Pour éprouver les matières liquides, on utilise au lieu du sac en papier un récipient cylindrique en verre<sup>1</sup> d'une contenance approximative de 16 ml. Le col du récipient est rétréci pour former un tube mesurant 8 mm de diamètre et de long. Le détonateur normalisé gainé d'une longueur suffisante de tube de polyéthylène fait un joint à frottement doux dans le col du récipient. Ce dernier est alors inséré dans le sac de charge extérieur, comme pour les matières solides.

26.4.1.3.3 Les valeurs types du recul, déterminées pour l'acide picrique et pour le détonateur avec des sacs à charge en papier, peuvent s'appliquer au calcul des équivalences énergétiques des matières liquides essayées dans les récipients en verre.

---

<sup>1</sup> Les récipients en verre employés avec des explosifs puissants peuvent endommager l'âme du mortier. Mais s'il est vrai que pour l'acide picrique les tirs avec un récipient en verre provoquent une forte usure du mortier, la même usure s'observe dans les tirs avec les sacs en papier.



26.4.1.3.4 Chaque fois qu'un nouveau cylindre intérieur est inséré dans la gaine extérieure du mortier, on détermine le recul moyen (moyenne de 10 tirs) correspondant à l'acide borique ( $B_m$ ) et à l'acide picrique ( $P_m$ ).

26.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

26.4.1.4.1 La puissance explosive (P) en pourcentage (arrondie au nombre entier le plus proche) de la valeur correspondant à l'acide picrique est donnée par la formule suivante :

$$P = 100 \times \frac{(S_m^2 - B_m^2)}{(P_m^2 - B_m^2)}$$

26.4.1.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

La réponse est :

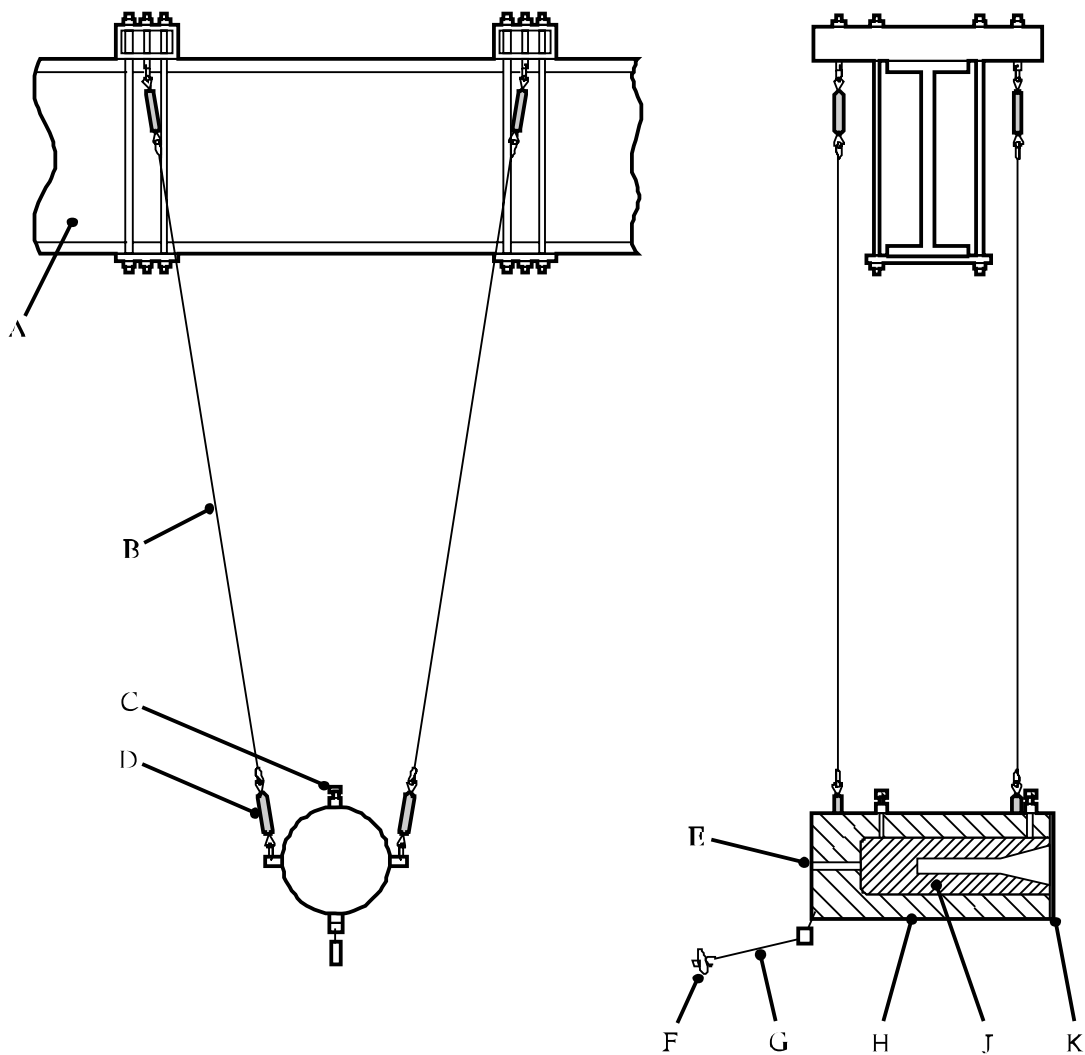
"Réaction significative" : - 7 % ou plus du recul produit par l'acide picrique.

"Réaction faible" : - Moins de 7 %, mais plus de 1 % du recul produit par l'acide picrique.

"Réaction nulle" : - 1 % ou moins du recul produit par l'acide picrique.

26.4.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Pourcentage moyen de la valeur de référence (acide picrique)</b>	<b>Réponse</b>
Diméthyl-2,5 bis (tert-butylperoxy)-2,5 hexyne-3	17	Significative
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	8	Significative
Hydroperoxyde de tert-butyle, à 70 % avec de l'eau	2	Faible
Hydroperoxyde de cumyle, à 80 % dans le cumène	4	Faible
Monoperoxyphthalate de magnésium hexahydraté à 85 % avec du sulfate de magnésium	1	Nulle
Peroxybenzoate de tert-butyle	13	Significative
Peroxyde de dibenzoyl	8	Significative
Peroxyde de dibenzoyl, à 75 % dans l'eau	6	Faible
Peroxyde de di-tert-butyle	8	Significative
Peroxyde de dicumyle, avec 60 % de solide inerte	1	Nulle
Peroxyde de dilauroyl	1	Nulle
Peroxydicarbonate de dicétyl	1	Nulle




---

(A)	Poutre de suspension	(B)	Câble suspenseur
(C)	Vis de blocage de la gaine	(D)	Tendeur à pivot
(E)	Trou facilitant l'extraction de (J)	(F)	Porte-plume
(G)	Bras articulé	(H)	Gaine du mortier
(J)	Tube du mortier	(K)	Bride annulaire

---

**Figure 26.4.1.1 : MORTIER BALISTIQUE MK.IIID**

## 26.4.2 *Épreuve F.2 : Épreuve du mortier balistique*

### 26.4.2.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la puissance explosive d'une matière. Celle-ci, confinée dans l'âme d'un mortier par un boulet en acier, est soumise à l'action d'un détonateur. Le recul du mortier est mesuré et la puissance explosive est calculée en pourcentage de l'équivalent d'énergie en acide picrique, utilisé comme étalon de puissance explosive. L'épreuve permet de répondre à la question de la case 12 de la figure 20.1.

### 26.4.2.2 *Appareillage et matériaux*

#### 26.4.2.2.1 Mortier

Réalisé en acier "chrome-nickel", le mortier a une masse de  $248,50 \pm 0,25$  kg. Il a une forme cylindrique et sa cavité axiale comprend, de l'avant à l'arrière, le logement du boulet, la chambre de tir et le passage pour les fils de détonateur. Au cours de son emploi, le mortier subit une certaine usure qui en change les dimensions (en particulier, élargissement de la chambre de tir) et entraîne une diminution du recul enregistré pour le tir d'une charge donnée. On utilise comme référence la charge de 10,00 g d'acide picrique (voir 26.4.2.2.7). On remplace le mortier usé par un mortier neuf lorsque l'énergie moyenne obtenue au cours des 10 derniers tirs de cette charge devient inférieure à 90 % de l'énergie moyenne obtenue lors des 10 premiers tirs (pour des températures voisines et avec un boulet en bon état).

#### 26.4.2.2.2 Pendule balistique

Le mortier est suspendu, par des bras en acier, à un axe horizontal monté sur des paliers garnis de roulements à rouleaux. Le mortier-pendule ainsi obtenu est rendu balistique par adjonction d'une masse d'acier (surcharge) sous son corps. La figure 26.4.2.1 donne un schéma du mortier-pendule, dont les caractéristiques principales sont :

- Période d'oscillation 3,47 s;
- Masse oscillante 479 kg;
- Distance de l'axe de rotation à l'axe du mortier 2,99 m.

Pour déterminer le recul, on utilise un cavalier mobile sur le secteur gradué et animé par un doigt latéral solidaire du mortier. La graduation portée sur le secteur est proportionnelle à  $(1 - \cos A)$ , A étant l'angle de recul du pendule; autrement dit, elle est proportionnelle au travail.

#### 26.4.2.2.3 Boulet

Le boulet est un cylindre d'acier. Les dimensions (diamètre 127 mm et longueur 162 mm) sont, en réalité, ajustées pour satisfaire aux conditions suivantes :

- a) Le jeu entre le boulet neuf et son logement dans le mortier doit être inférieur à 0,1 mm;
- b) Le boulet neuf doit avoir une masse de  $16,00 \pm 0,01$  kg.

Un boulet neuf doit être substitué au boulet usé lorsque le jeu entre ce dernier et son logement dans le mortier dépasse 0,25 mm. Lors du tir, le boulet est généralement projeté à une vitesse comprise entre 100 et 200 km/h. Un réceptacle garni d'un matériau absorbant permet de l'arrêter sans l'abîmer.

#### 26.4.2.2.4 Étuïs

Pour l'épreuve d'une matière liquide, on utilise des ampoules en verre, de masse 16 g, comportant un orifice de remplissage et un trou borgne pour le logement du détonateur (figure 26.4.2.3), dans lesquelles sont contenues les prises d'essai. Pour les charges d'autres matières (solides, granulaires, pâteuses, etc.) on utilise des étuis cylindriques, de diamètre 20 mm, formés à partir d'une feuille d'étain d'épaisseur 0,03 mm et de masse 2 g environ. C'est notamment le cas des charges d'acide picrique.

#### 26.4.2.2.5 Étriers

Servant au centrage de la charge dans la chambre de tir du mortier (pour réduire l'usure du mortier), l'étrier réalisé en fil de fer est un anneau muni de trois pieds comme le montre schématiquement la figure 26.4.2.2.

#### 26.4.2.2.6 Détonateurs

Il s'agit des détonateurs européens normalisés à charge de 0,6 g de penthrite, tels que les montre l'appendice 1.

#### 26.4.2.2.7 Acide picrique (matière de référence)

Acide picrique pur, broyé, en grains de dimensions inférieures à 0,5 mm, séché en étuve à 100 °C et conservé dans un flacon bien bouché.

#### 26.4.2.3 *Mode opératoire*

##### 26.4.2.3.1 Préparation d'une charge

26.4.2.3.1.1 Les solides compacts doivent se présenter sous forme de blocs cylindriques de diamètre  $20 \pm 1$  mm et comportant à une extrémité une cavité axiale (de diamètre  $7,3 \pm 0,2$  mm et profondeur 12 mm) pour le logement du détonateur. La masse de ces blocs doit être de  $10,0 \pm 0,1$  g. Pour préparer la charge, on enroule une feuille d'étain d'épaisseur 0,03 mm et de masse 2 g environ autour du bloc pour former un étui. Après la mise en place du détonateur dans son logement, on serre l'extrémité de l'étui autour de la tête du détonateur (figure 26.4.2.3).

26.4.2.3.1.2 Les autres matières, à l'exception des liquides, sont chargées à densité normale dans les étuis d'étain, la prise d'essai étant de  $10,0 \pm 0,1$  g par charge. Le détonateur est enfoncé d'environ 12 mm dans la matière. L'extrémité de l'étui est serrée autour de la tête du détonateur (figure 26.4.2.3).

26.4.2.3.1.3 Pour les liquides, on prépare des charges de  $10,0 \pm 0,1$  g de la substance à éprouver, en ampoule de verre. Le détonateur est mis en place dans le logement prévu à cet effet. Si besoin est, on peut utiliser du fil métallique pour le maintenir en place (mais en aucun cas un matériau combustible).

26.4.2.3.1.4 On prépare aussi des charges de  $10,0 \pm 0,1$  g d'acide picrique, à densité normale, en étuis d'étain. Le détonateur est enfoncé d'environ 12 mm dans l'acide picrique. L'extrémité de l'étui est serrée autour de la tête du détonateur.

##### 26.4.2.3.2 Réalisation d'un essai

26.4.2.3.2.1 La charge munie d'un étrier (voir 26.4.2.2.5) est enfoncée au maximum dans la chambre de tir du mortier, la tête du détonateur venant au contact de la face postérieure de la chambre de tir (figure 26.4.2.3).

26.4.2.3.2.2 Le boulet est graissé avec une graisse de qualité constante, puis il est introduit et poussé à fond dans son logement dans le mortier. Pour éviter une dispersion des résultats due à une réformation éventuelle du mortier ou du boulet, la position du boulet par rapport au mortier est repérée et notée.

26.4.2.3.2.3 Le cavalier (voir 26.4.2.2.2) est mis en place au contact du doigt pour la détermination du recul du pendule. Après tir, on note la déviation (D) du pendule, c'est-à-dire la graduation où se situe le cavalier immobilisé sur le secteur gradué en fin de course.

26.4.2.3.2.4 Le boulet et l'âme du mortier doivent être ensuite soigneusement nettoyés.

#### 26.4.2.4 *Mode opératoire*

26.4.2.4.1 On effectue d'abord quatre tirs d'acide picrique. On calcule la moyenne des quatre déviations obtenues. Dans l'unité de travail arbitraire retenue pour graduer le secteur qui mesure le recul du pendule, cette moyenne a une valeur voisine de 100. Les résultats des quatre tirs ne doivent pas s'en écarter de plus d'une unité. Si c'est bien le cas, on retient la valeur  $D_0$  de la moyenne des quatre déviations obtenues. Si l'un des résultats s'écarte de plus d'une unité de la moyenne, on ne tient pas compte de ce résultat. On retient alors la valeur  $D_0$  de la moyenne des trois autres résultats.

26.4.2.4.2 On note ensuite la température ambiante.

26.4.2.4.3 On reprend ensuite les opérations avec la matière à éprouver, en effectuant au minimum trois tirs, les déviations obtenues étant  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , etc. Les travaux correspondants, exprimés en pourcentage du travail de l'acide picrique, sont calculés par la relation :

$$T_k = 100 \times D_k/D_0, \text{ où } k = 1, 2, 3, \dots;$$

ou, pour les liquides tirés en étuis de verre :

$$T_k = 200 \times D_k/D_0, \text{ où } k = 1, 2, 3, \dots$$

26.4.2.4.4 On calcule ensuite la valeur moyenne de  $T_k$ . Le résultat de ce calcul, arrondi au nombre entier le plus proche, est dit "travail au mortier balistique" (TMB) de la matière.

*NOTA : Lorsque plusieurs matières sont éprouvées successivement, dans la même demi-journée, on ne fait qu'une série de quatre tirs d'acide picrique au début de la demi-journée.*

#### 26.4.2.5 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

26.4.2.5.1 On présente le résultat de l'épreuve sous forme détaillée en donnant les travaux  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  ... et la valeur du TMB avec mention de la température ambiante. Sous forme résumée, on indique seulement la valeur du TMB.

26.4.2.5.2 Critères d'évaluation des épreuves :

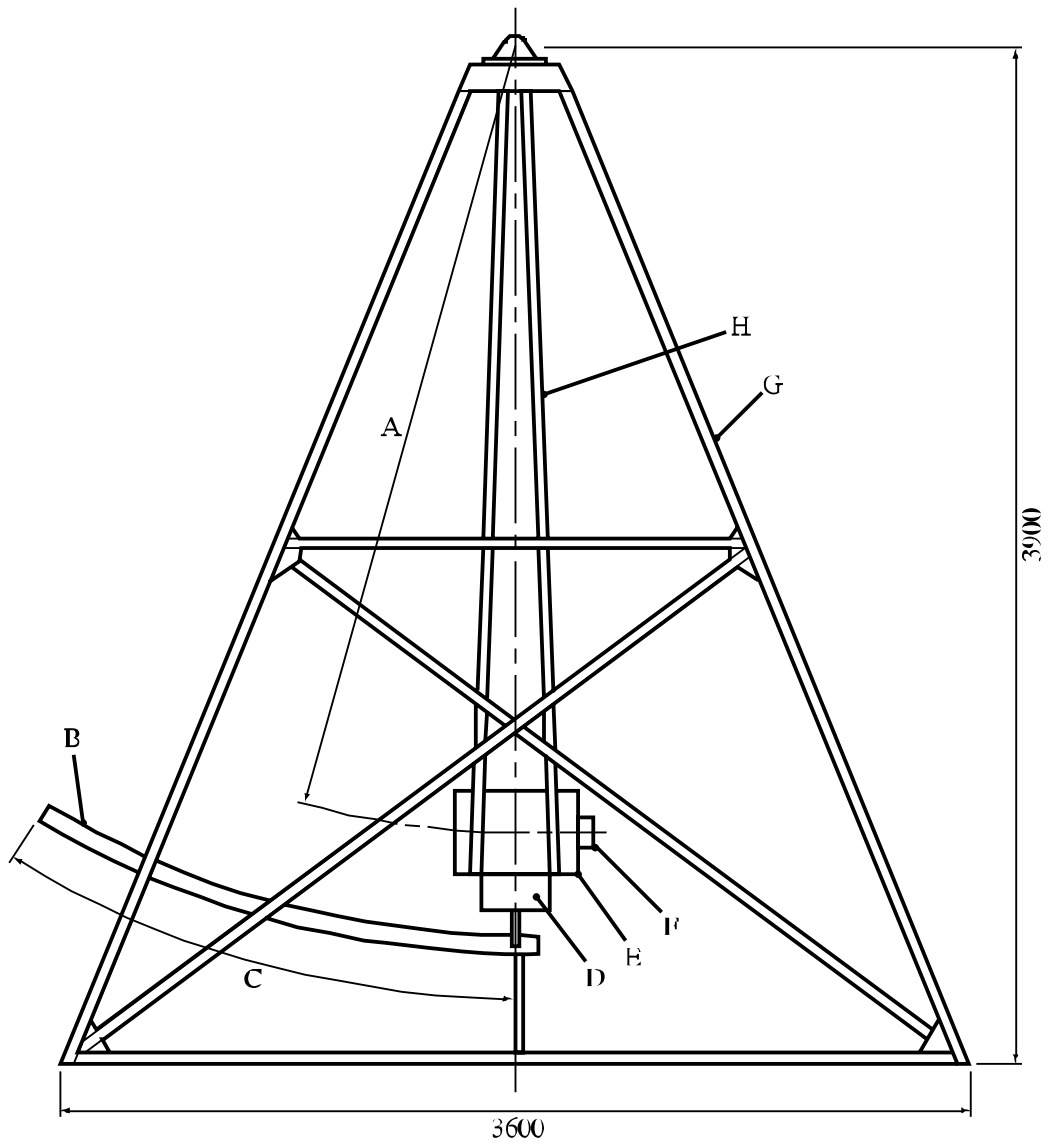
"Réaction significative" : - Valeur du TMB supérieure ou égale à 7.

"Réaction faible" : - Valeur du TMB inférieure à 7 mais supérieure à 1.

"Réaction nulle" : - Valeur du TMB inférieure ou égale à 1.

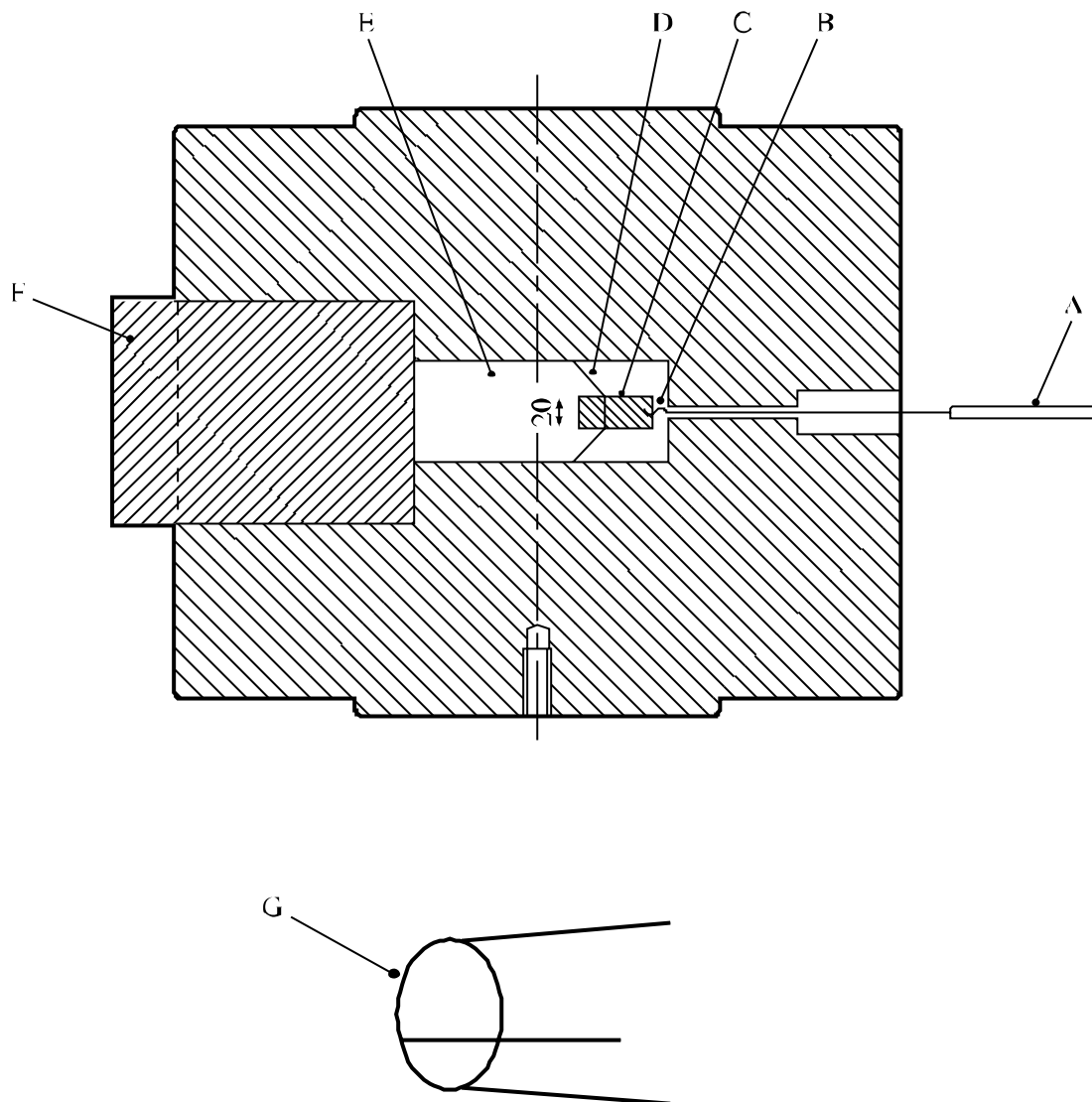
26.4.2.6 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>TMB</b>	<b>Réponse</b>
Acide peroxyacétique à 36 % avec 19 % d'eau, 36 % d'acide acétique et 6 % de peroxyde d'hydrogène	27	Significative
Azo-2,2' bis (isobutyronitrile)	13	Significative
Hydroperoxyde de p-menthyle à 55 % dans le p-menthane	3	Faible
Hydroperoxyde de pinanyle à 54 % dans le pinane	2	Faible
Peroxybenzoate de tert-butyle	16	Significative
Peroxyde de dibenzoyle	16	Significative
Peroxyde de dibenzoyle à 75 % avec de l'eau	8	Significative
Peroxyde de di-tert-butyle	7	Significative
Peroxyde de dilauroyle	5	Faible
Peroxy-2 éthylhexanoate de tert-butyle	7	Significative
Acide picrique	100	
Trinitrotoluène	95	
Sable	1	



- 
- |     |                               |
|-----|-------------------------------|
| (A) | Distance entre axes, 2 905 mm |
| (B) | Secteur gradué                |
| (C) | Course 30°                    |
| (D) | Surcharge                     |
| (E) | Mortier                       |
| (F) | Boulet                        |
| (G) | Charpente                     |
| (H) | Bras oscillant                |
- 

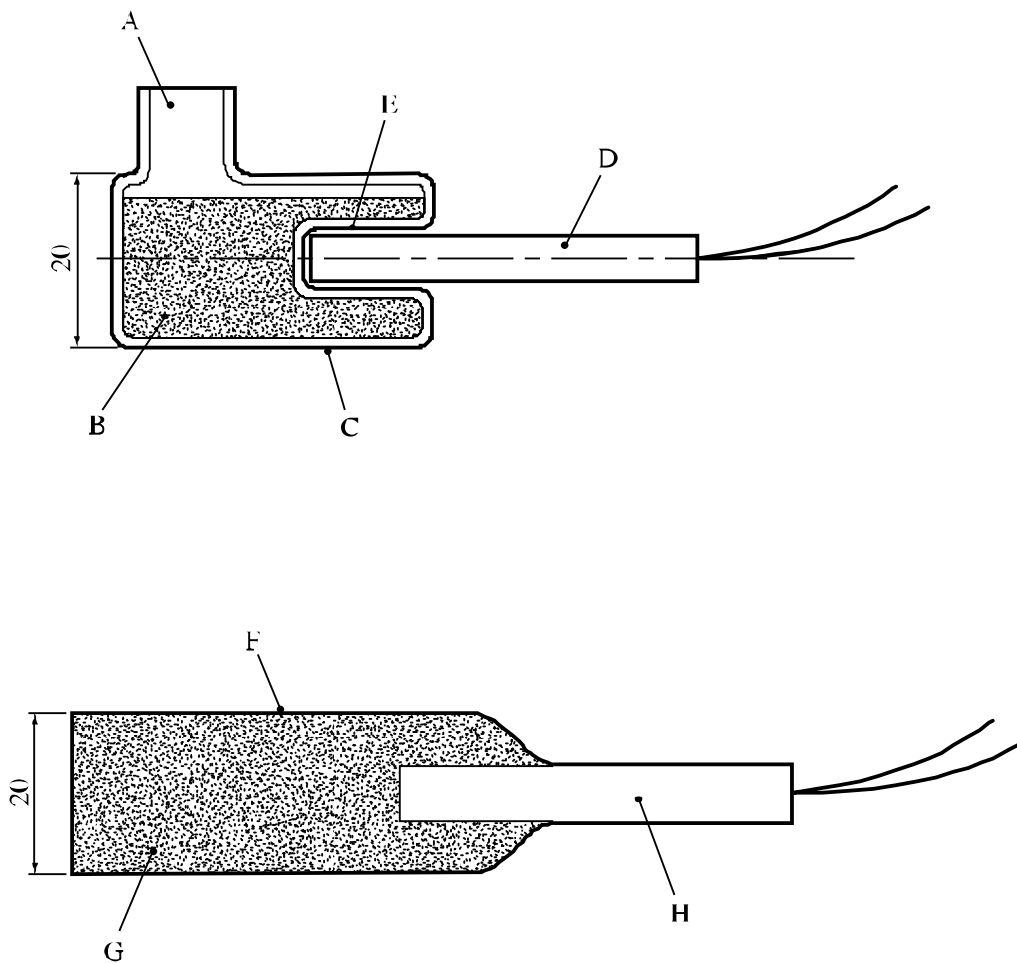
**Figure 26.4.2.1 : ÉPREUVE DU MORTIER BALISTIQUE**



- 
- (A) Vers exploseur
  - (B) Détonateur
  - (C) Cartouche
  - (D) Étrier
  - (E) Chambre de tir
  - (F) Boulet
  - (G) Schéma de l'étrier
- 

**Figure 26.4.2.2 : MORTIER BALISTIQUE (en haut) ET ÉTRIER (en bas)**





- 
- |     |                                 |
|-----|---------------------------------|
| (A) | Orifice de remplissage          |
| (B) | Matière (10 g)                  |
| (C) | Ampoule de verre (16 g)         |
| (D) | Détonateur (0,6 g de penthrite) |
| (E) | Logement du détonateur          |
| (F) | Étui d'étain (2 g)              |
| (G) | Matière (10 g)                  |
| (H) | Détonateur (0,6 g de penthrite) |
- 

**Figure 26.4.2.3 : CHARGE POUR LES LIQUIDES (en haut) ET POUR LES MATIÈRES AUTRES QUE LES LIQUIDES (en bas)**

### 26.4.3 *Épreuve F3 : Épreuve de Trauzl (BAM)*

#### 26.4.3.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la puissance explosive d'une matière. Celle-ci, confinée dans la cavité ménagée dans un bloc de plomb, est soumise à l'action d'un détonateur. La puissance explosive est exprimée en relation avec la dilatation de la cavité dans le bloc de plomb, exprimée en  $\text{cm}^3$  pour 10 g de matière. L'épreuve permet de répondre à la question de la case 12 de la figure 20.1.

#### 26.4.3.2 *Appareillage et matériels*

26.4.3.2.1 La matière est amorcée par un détonateur européen normalisé avec 0,6 g de penthrite (voir l'appendice 1).

26.4.3.2.2 Pour cette épreuve, on utilise des blocs de plomb Trauzl normalisés de forme cylindrique, d'une hauteur et d'un diamètre de 200 mm. Ils sont munis d'une cavité axiale de 25 mm de diamètre et de 125 mm de profondeur, soit un volume de  $61 \text{ cm}^3$  (figure 26.4.3.1). On fabrique ces blocs en coulant du plomb doux pur dans des moules à une température de coulée de  $390 \text{ }^\circ\text{C}$  à  $400 \text{ }^\circ\text{C}$ . On vérifie la qualité d'une série de moulages de blocs de plomb par trois explosions d'essai pour chacune desquelles on utilise  $10 \text{ cm}^3$  d'acide picrique cristallisé (densité de chargement  $1,0 \text{ g/cm}^3$ ). La moyenne des trois valeurs de dilatation nette obtenues doit se situer entre  $287 \text{ cm}^3$  et  $300 \text{ cm}^3$ .

#### 26.4.3.3 *Mode opératoire*

26.4.3.3.1 On donne aux matières solides la forme de charges d'essai cylindriques d'un volume de  $10 \text{ cm}^3$  en les enveloppant dans une feuille d'étain pesée et la masse de charge est déterminée. Les charges d'essai ont un diamètre extérieur de 24,5 mm, une hauteur de 22,2 mm et sont munies d'une cavité coaxiale de 7 mm de diamètre et de 12 mm de profondeur pour recevoir le détonateur. On prépare la charge d'essai dans un dispositif comprenant un piston, une matrice en deux parties, un cadre de fixation et une embase (figure 26.4.3.2). On enroule une feuille d'étain trapézoïdale (environ 0,01 mm d'épaisseur) de 55 mm de large, autour du piston. L'étampe et son étui d'étain sont ensuite introduits dans la matrice, jusqu'à la butée de l'embase. On fixe la matrice à l'aide du cadre et on retire lentement le piston du tube constitué par la feuille d'étain, après l'avoir pressé fermement contre l'embase. On perce soigneusement le fond du tube d'étain en son centre, à l'aide d'une fine baguette de bois. Le détonateur normalisé de 0,6 g de penthrite est introduit par le côté du cadre de fixation dans l'embase, de façon à tirer les fils du détonateur à travers l'orifice de la vis de réglage jusqu'à ce que le détonateur touche la vis. Celle-ci est ajustée de façon que le détonateur fasse saillie de 12,0 mm par rapport à la surface de l'embase. On remplit ensuite le tube d'étain avec la matière éprouvée en tassant celle-ci légèrement à l'aide d'une baguette de bois. Le bord de la feuille d'étain qui dépasse est replié vers l'intérieur, et le piston est enfoncé dans la matrice jusqu'à la bague d'arrêt. Après avoir retiré le piston, on enlève délicatement de la matrice la charge d'essai préparée dans le tube d'étain contenant le détonateur.

26.4.3.3.2 Les matières liquides sont éprouvées dans des cylindres de verre à paroi fine de forme analogue et pouvant contenir  $10 \text{ cm}^3$  d'échantillon ainsi que le détonateur quand il est introduit dans le liquide jusqu'à une profondeur de 12 mm. Le col du récipient doit être assez long pour maintenir le détonateur dans une position centrale. Après avoir déterminé la masse de l'échantillon, on introduit délicatement la charge d'essai dans la cavité du bloc de plomb en l'enfonçant à fond. Les blocs de plomb sont stockés dans une pièce à température dirigée, afin que la température mesurée au fond de la cavité immédiatement avant d'y introduire la charge soit comprise entre  $10$  et  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Lors de l'épreuve, le bloc de plomb doit reposer sur un support d'acier massif, plat, posé sur le sol. Pour bourrer la cavité, on remplit l'espace restant de sable quartzueux, sec, tamisé dans un crible à 144 mailles/ $\text{cm}^2$  et d'une densité gravimétrique de  $1,35 \text{ g/cm}^3$ . On frappe ensuite trois fois le côté du bloc à l'aide d'un marteau de 2 kg de masse, et l'on enlève l'excédent de sable du sommet.

26.4.3.3.3 On actionne le détonateur, et l'on vide le bloc de tous résidus. On détermine le volume de dilatation en remplissant le vide d'une quantité d'eau mesurée et on calcule ensuite la dilatation qui serait produite par un échantillon de 10 g, au moyen de la relation :

$$10 \times \frac{\text{volume de la cavité dilatée (cm}^3\text{)} - 61}{\text{masse de l'échantillon (g)}}.$$

26.4.3.3.4 Normalement, cet essai est effectué deux fois; pour caractériser la matière, on utilise la plus forte des deux valeurs de dilatation obtenue.

26.4.3.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

26.4.3.4.1 La puissance explosive est exprimée en fonction de la dilatation intérieure du bloc de plomb par 10 g de matière. Pour une puissance d'amorçage donnée, la puissance explosive est d'autant plus élevée que le bloc de plomb s'est dilaté.

26.4.3.4.2 Critères d'évaluation des résultats

La réponse sera :

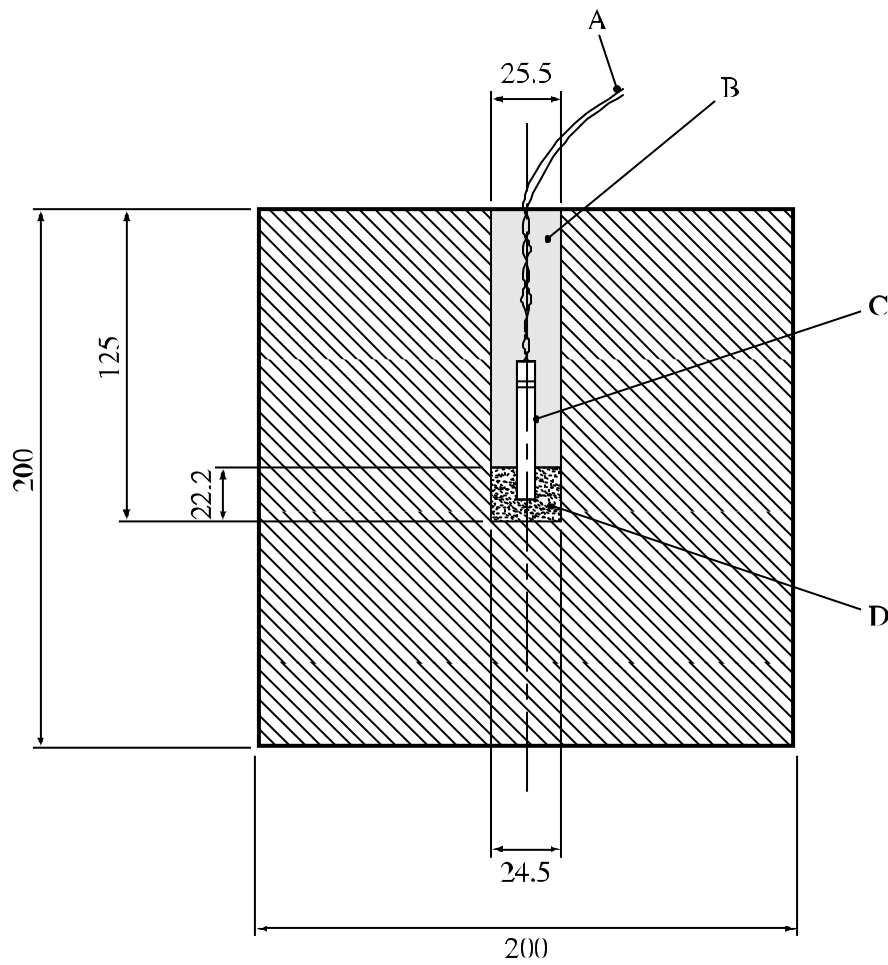
- "Réaction significative" : - Si la dilatation du bloc de plomb est supérieure ou égale à 25 cm<sup>3</sup> pour 10 g d'échantillon;
- "Réaction faible" : - Si la dilatation du bloc de plomb est inférieure à 25 cm<sup>3</sup> mais égale ou supérieure à 10 cm<sup>3</sup> pour 10 g d'échantillon;
- "Réaction nulle" : - Si la dilatation du bloc de plomb est inférieure à 10 cm<sup>3</sup> pour 10 g d'échantillon.

## 26.4.3.5 Exemples de résultats

Matière	Masse de l'échantillon (g)	Dilatation (cm <sup>3</sup> /10 g)	Réponse
Acide 3-chloroperoxybenzoïque, pas plus de 86 % avec de l'acide 3-chlorobenzoïque	7,1	42 <sup>a</sup>	Significative
Acide diperoxy isophtalique	8,7	144	Significative
Azodicarbonamide		9	Nulle
Azo-2,2' bis (isobutyronitrile)		26 <sup>a</sup>	Significative
Benzènedisulfonhydrazide-1,3		50 <sup>a</sup>	Significative
Benzènedisulfonhydrazide-1,3, 70 % avec de l'huile minérale		11 <sup>a</sup>	Faible
Benzènesulfonhydrazide	8,4	8	Nulle
N,N'-Dinitrosopentaméthylènetétramine		145 <sup>a</sup>	Significative
N,N'-Dinitrosopentaméthylènetétramine 80 %, avec 17 % de solide inorganique et 3 % d'huile minérale	10,2	7 <sup>b</sup>	Nulle
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	7,2	28 <sup>a</sup>	Significative
Hydroperoxyde de cumyle, 84,1 % avec cumène	9,3	10	Faible
4-Nitrosophénol	7,3	11	Faible
Peroxybenzoate de tert-butyle	9,1	32 <sup>a</sup>	Significative
Peroxyde(s) de cyclohexanone	6,4	50 <sup>a</sup>	Significative
Peroxyde de dibenzoyl	8,0	31 <sup>a</sup>	Significative
Peroxyde de dibenzoyl, 75 % avec de l'eau	8,0	21 <sup>a</sup>	Faible
Peroxyde de di-tert-butyle	7,2	28 <sup>a</sup>	Significative
Peroxyde de dicumyle	6,9	12 <sup>a</sup>	Faible
Peroxyde de dilauroyle	8,0	11 <sup>a</sup>	Faible
Peroxydicarbonate de dicétyl	7,3	5 <sup>a</sup>	Nulle
Peroxydicarbonate de diisopropyle	7,8	78 <sup>a</sup>	Significative
Peroxydicarbonate de dimyristyle	7,4	11	Faible
Peroxydicarbonate de dimyristyle, 42 %, dispersion stable dans l'eau	7,8	5 <sup>a</sup>	Nulle
Acide borique		0	
Phtalate de diméthyle		5	
Eau		6	

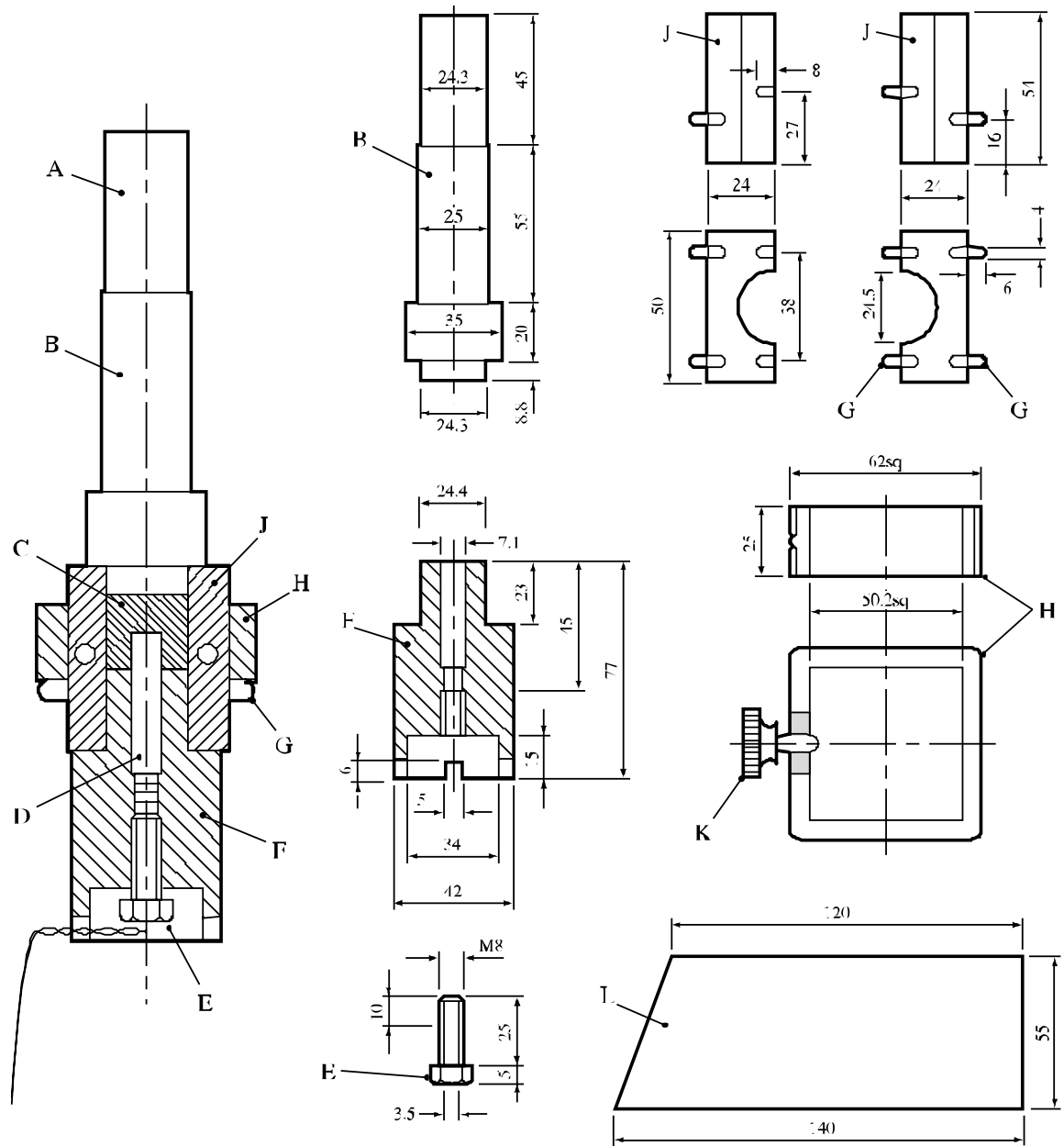
<sup>a</sup> Déterminé avec des échantillons de 11 cm<sup>3</sup> et une capsule détonante un peu plus forte avec un tube en cuivre d'un diamètre externe de 6,85 mm et longueur de 45 mm, avec fond plat contenant 0,5 g de penthrite avec 10 % de cire, 0,2 g de tetryle et 0,5 g de fulminate de mercure comme charge explosive, le tout soumis à une pression de 400 bar.

<sup>b</sup> L'amorçage avec 3 détonateurs donne 123 cm<sup>3</sup> pour 10 g, réponse : significative.



- 
- (A) Fils du détonateur
  - (B) Bourrage de sable sec
  - (C) Détonateur européen normalisé
  - (D) Échantillon
- 

**Figure 26.4.3.1 : ÉPREUVE DE TRAUZL (BAM)**



- |     |  |     |                   |
|-----|--|-----|-------------------|
| (A) | Extrémité du piston pour préparer le tube de feuille d'étain                     | (B) | Piston            |
| (C) | Échantillon  | (D) | Détonateur        |
| (E) | Vis de réglage (perçage axial 3,5 mm, largeur de la fente 1 mm, longueur 100 mm) | (F) | Embase            |
| (G) | Broches  | (H) | Cadre de fixation |
| (J) | Matrice  | (K) | Vis moletée       |
| (L) | Feuille d'étain  |     |                   |

**Figure 26.4.3.2 : DISPOSITIF POUR LA PRÉPARATION DES CHARGES (de 10 cm<sup>3</sup> de volume, de diamètre 24,55 mm et de hauteur 22,2 mm) POUR L'ÉPREUVE DE TRAUZL (BAM)**

## 26.4.4 *Épreuve F.4 : Épreuve de Trauzl modifiée*

### 26.4.4.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer la puissance explosive d'une matière. Celle-ci, confinée dans un trou foré dans un bloc de plomb, est soumise à l'action d'un détonateur. La puissance explosive est exprimée en fonction de l'accroissement moyen du volume de la cavité dans le bloc de plomb. L'épreuve permet de répondre à la question de la case 12 de la figure 20.1

### 26.4.4.2 *Appareillage et matériels*

Le bloc de plomb est usiné dans un barreau extrudé ou moulé de plomb de  $50 \pm 1$  mm de diamètre, long de 70 mm, pourvu d'une cavité mesurant 25,4 mm de diamètre et 57,2 mm de long (figure 26.4.4.1). La cavité est faite avec un foret normalisé à pointe plate, pour éviter la perforation du bloc. On utilise un détonateur normalisé No 8 des États-Unis d'Amérique (voir appendice 1). Le montage A est utilisé pour les liquides, le montage B pour les matières solides (figure 26.4.4.2). Le récipient à échantillon utilisé pour le montage A est un flacon du commerce de 12 ml, mesurant 21 mm de diamètre extérieur. Le récipient à échantillon utilisé avec le montage B est un flacon du commerce de 16 ml, mesurant 24,9 mm de diamètre extérieur. Les bouchons en polyéthylène sont ceux qui sont fournis de série avec les flacons. Le tube en verre servant à positionner le détonateur dans les montages A et B est un tube de culture en pyrex. Il a un diamètre extérieur de 10 mm et mesure 75 mm de long. Un trou de 10 mm de diamètre percé au centre du bouchon de polyéthylène maintient le tube fermement. Deux joints toriques en caoutchouc (diamètre intérieur 16,5 mm, section 2,5 mm) servent à centrer le flacon dans la cavité du bloc, dans le montage A.

### 26.4.4.3 *Mode opératoire*

Un échantillon de 6,0 g de matière est placé dans le flacon à échantillon, qui est ensuite assemblé et introduit dans le bloc de plomb. Celui-ci est alors posé sur une surface bien ferme dans un local protégé, le détonateur est inséré dans le tube et mis à feu après qu'on a évacué le local. Le volume de la cavité du bloc de plomb est mesuré avec l'eau, à 0,2 ml près, avant et après l'essai. On procède à trois essais pour chaque matière et la matière inerte de référence, avec le même montage.

### 26.4.4.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

26.4.4.4.1 La puissance explosive de l'échantillon est exprimée en fonction de l'accroissement moyen de la cavité du bloc de plomb par rapport à la dilatation due à la matière témoin inerte.

26.4.4.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

La réponse est :

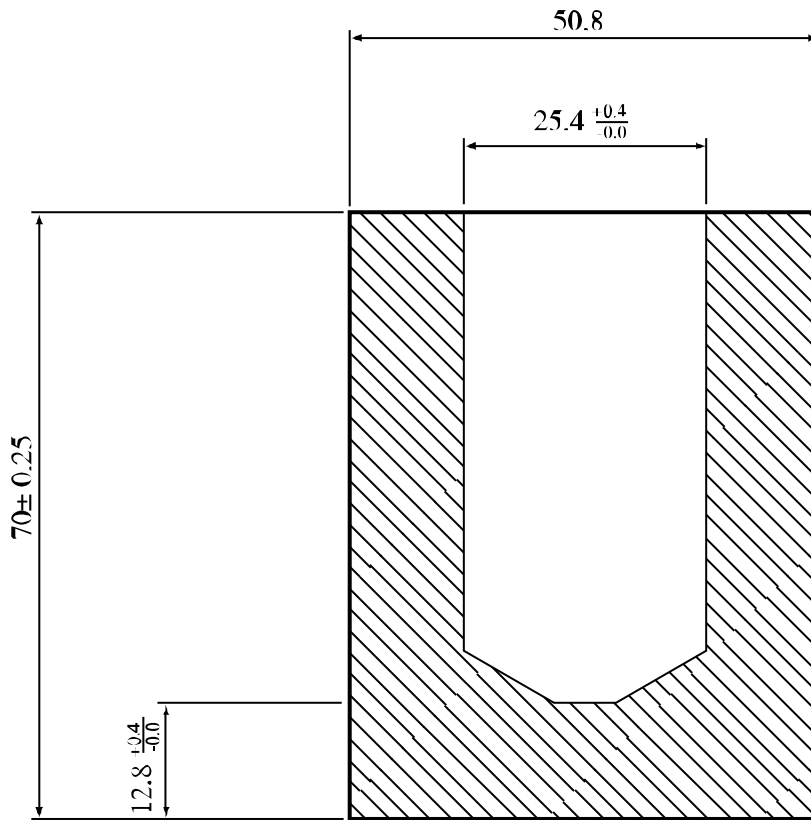
- "Réaction significative" : - Si la dilatation moyenne du bloc est égale ou supérieure à  $12 \text{ cm}^3$ .
- "Réaction faible" : - Si la dilatation moyenne du bloc est inférieure à  $12 \text{ cm}^3$  mais supérieure à  $3 \text{ cm}^3$ .
- "Réaction nulle" : - Si la dilatation moyenne du bloc est égale ou inférieure à  $3 \text{ cm}^3$ .

## 26.4.4.5 Exemples de résultats

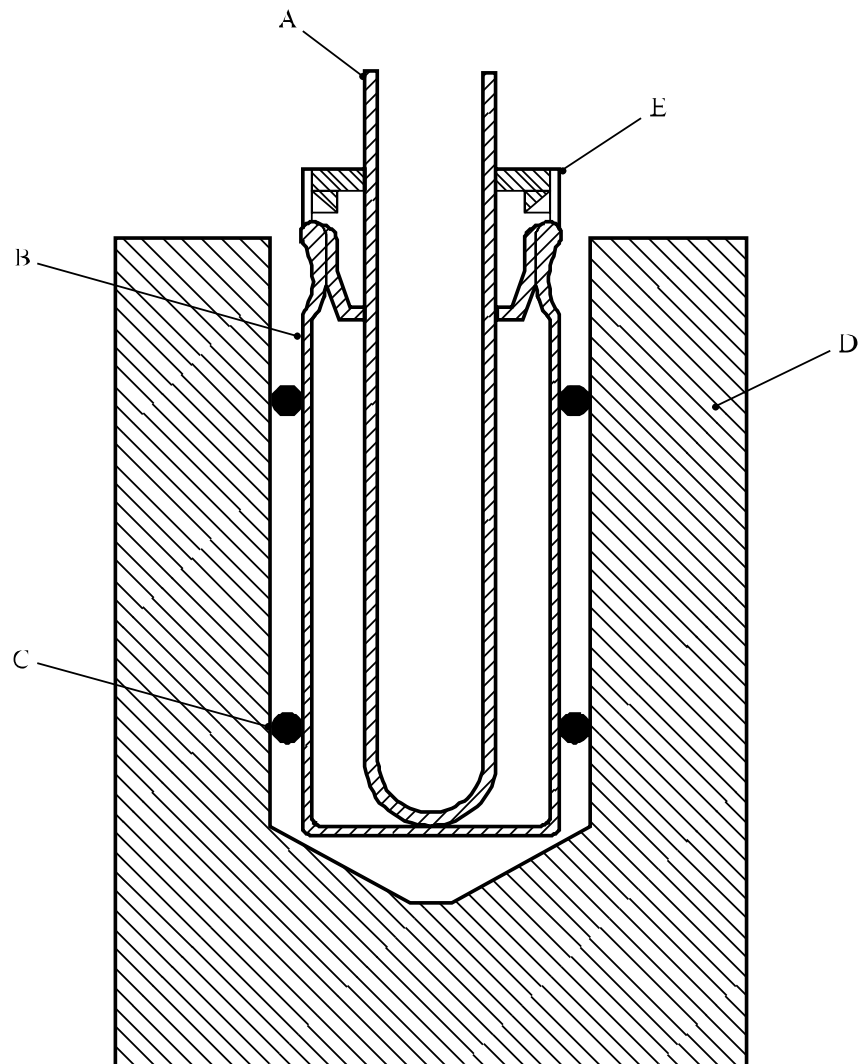
<b>Matière</b>	<b>Dilatation moyenne (cm<sup>3</sup>)</b>	<b>Réponse</b>
Azo-2,2' bis (isobutyronitrile)	18	Significative
Azo-2,2' bis (méthyl-2 butyronitrile)	14	Significative
Diméthyl-2,5 bis(benzoylperoxy)-2,5 hexane	9	Faible
Diméthyl-2,5 bis(tert-butylperoxy)-2,5 hexyne-3	31	Significative
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	10	Faible
Hydroperoxyde de tert-butyle, à 72 % au plus avec de l'eau	7	Faible
Hydroperoxyde de cumyle, à 85 % avec du cumène	5	Faible
Peroxyacétate de tert-butyle, à 75 % en solution	25	Significative
Peroxybenzoate de tert-butyle	19	Significative
Peroxyde de dibenzoyle	16	Significative
Peroxyde de di-tert-butyle	12	Significative
Peroxydicarbonate de bis(sec-butyle)	23 <sup>a</sup>	Significative
Peroxydicarbonate de diisopropyle	45 <sup>a</sup>	Significative
Peroxydicarbonate de di-n-propyle	32 <sup>a</sup>	Significative
<b>Dilatation mesurée avec des matières de référence inertes dans le montage A</b>		
Air	6	
Phtalate de diméthyle	10	
Alcool dénaturé	10,5	
Pâte constituée de 60 % de CaCO <sub>3</sub> et 40 % de phtalate de diméthyle	8	
Eau	10	
<b>Dilatation mesurée avec des matières de référence inertes dans le montage B</b>		
Air	5,5	
Acide benzoïque	7	
Carbonate de calcium (poudre)	5	
Argile kaolin	6	

<sup>a</sup> Exécuté à la température ambiante.





**Figure 26.4.4.1 : BLOC POUR ÉPREUVE DE TRAUZL MODIFIÉE**



- 
- (A) Tube en verre
  - (B) Flacon en verre (12 ml montage A, 16 ml montage B)
  - (C) Joint torique (seulement montage A)
  - (D) Bloc de plomb
  - (E) Bouchon
- 

**Figure 26.4.4.2 : MONTAGES A ET B**

## 26.4.5 *Épreuve F.5 : Épreuve à l'autoclave haute pression*

### 26.4.5.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à mesurer l'énergie spécifique d'une matière. On chauffe des quantités variables de matière en vase clos et on mesure la pression maximale obtenue pour chaque taille d'échantillon. L'énergie spécifique est fonction de l'accroissement maximal de la pression. L'épreuve permet de répondre à la question de la case 12 de la figure 20.1

### 26.4.5.2 *Appareillage*

L'autoclave haute pression (figure 26.4.5.1) est un récipient cylindrique en acier inoxydable d'une capacité de 96 ml, ayant une pression de fonctionnement de 150 MPa à la température de 473 K. Ce récipient est en acier inoxydable type AISI 431. Son diamètre intérieur est de 38 mm et sa hauteur intérieure de 84 mm. Dans l'autoclave est introduit un récipient intérieur (acier inoxydable type AISI 316, ayant un diamètre intérieur de 32 mm et une hauteur intérieure de 77 mm, contenant l'échantillon. Un fil résistant Ni/Cr (résistance spécifique d'environ 10  $\Omega/m$ ), enroulé autour d'un tube de verre, sert de source de chaleur. Le courant constant donne une puissance de chauffe de 50-150 W. Du fait de l'utilisation d'un récipient interne, le transfert de chaleur de la matière à l'autoclave est relativement faible par rapport à ce qu'il serait en l'absence de ce récipient. L'échauffement rapide provoquera donc une réaction exothermique accompagnée d'un échauffement spontané et d'une explosion. On détermine l'évolution de la relation pression/temps. La pression est enregistrée par capteur piézoélectrique.

### 26.4.5.3 *Mode opératoire*

La quantité nécessaire de matière est pesée dans le récipient porte-échantillon, puis celui-ci est placé dans l'autoclave. Le serpentin de chauffe est raccordé au couvercle de l'autoclave, qui est ensuite refermé. On s'assure que tout le serpentin de chauffe se trouve complètement immergé dans la matière. Les extrémités du fil chauffant sont alors raccordées aux électrodes d'alimentation par un fil à faible résistance. L'échantillon est chauffé jusqu'à ce qu'une explosion se produise. Les essais sont exécutés normalement avec les échantillons de masses de 5, 10, 15, 20 et 25 g de matière et la pression maximale est enregistrée. Toutefois, ces quantités sont susceptibles d'être modifiées en fonction de la densité globale et de la détonabilité de la matière.

### 26.4.5.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

26.4.5.4.1 Les résultats sont évalués d'après l'énergie spécifique (F), qui est une fonction de l'accroissement maximal de la pression ( $P_m$ ). Il faut connaître la masse initiale ( $M_0$ ) et le volume (V) du récipient de réaction pour calculer l'énergie spécifique selon l'équation suivante :

$$V/M_0 = F/P_m + C$$

où V est le volume interne de l'autoclave moins le volume de l'acier du récipient porte-échantillon intérieur;  
C est une constante dans les conditions de l'épreuve;  
F est déterminée par la pente du tracé  $V/M_0$  en fonction de  $1/P_m$ .

La puissance explosive d'une matière est uniquement fonction de la valeur de l'énergie spécifique F.

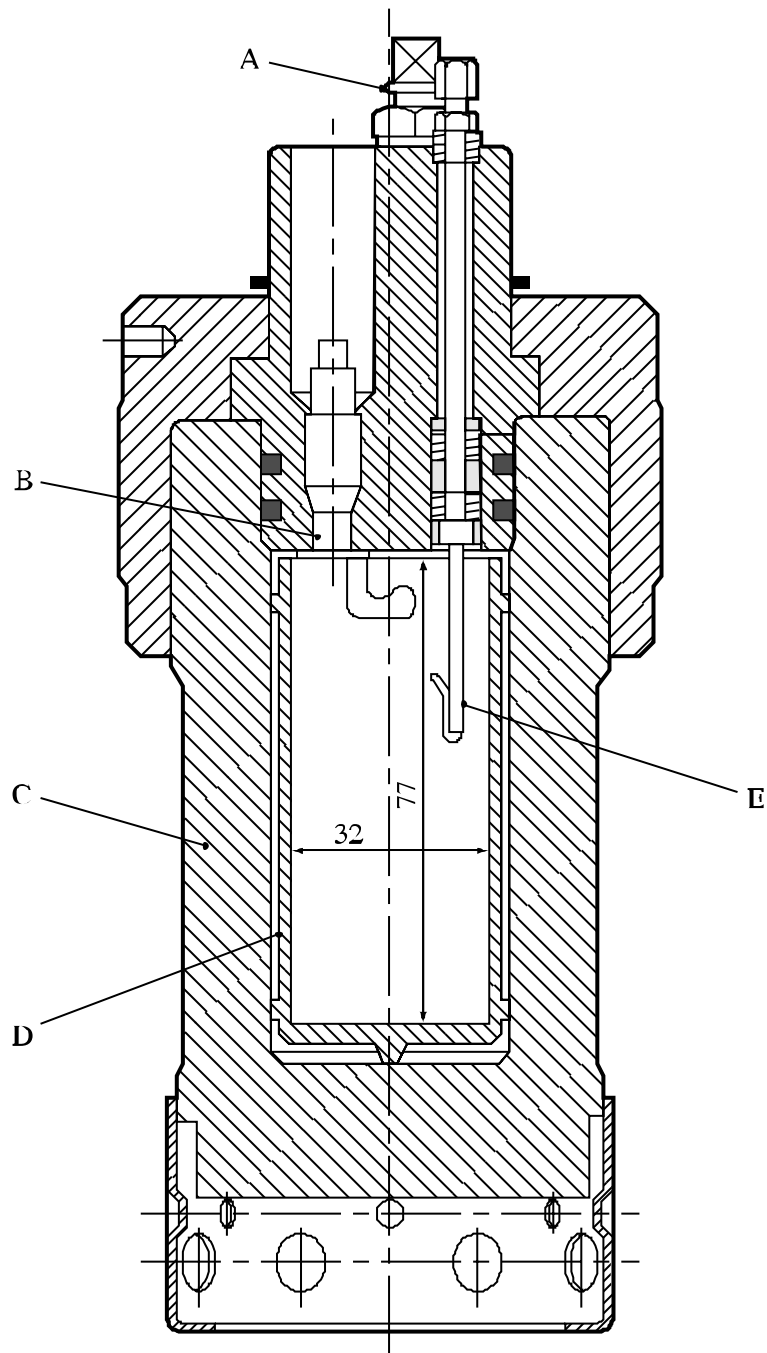
## 26.4.5.4.2 Critères d'évaluation des résultats

La réponse est :

- "Réaction significative" : - Si l'énergie spécifique est supérieure à 100 J/g.
- "Réaction faible" : - Si l'énergie spécifique est inférieure ou égale à 100 J/g mais supérieure ou égale à 5 J/g.
- "Réaction nulle" : - Si l'énergie spécifique est inférieure à 5 J/g.

## 26.4.5.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>F(J/g)</b>	<b>Réponse</b>
Azo-2,2' bis (isobutyronitrile)	101	Significative
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	56	Faible
Hydroperoxyde de cumyle (à 80 % dans le cumène)	60	Faible
Peroxybenzoate de tert-butyle	110	Significative
Peroxyde de dibenzoyl à 75 % avec de l'eau	41	Faible
Peroxyde de tert-butyle	140	Significative
Peroxyde de dicumyle à 40 % avec un solide inerte	Pas de réaction	Nulle
Peroxyde de dilauroyl	8	Faible
Peroxyde de dilauroyl, à 42 % en dispersion dans l'eau	1,3	Nulle
Peroxydicarbonate de dicétyl	Pas de réaction	Nulle



- 
- (A) Soupape
  - (B) Capteur de pression
  - (C) Autoclave
  - (D) Récipient intérieur contenant l'échantillon
  - (E) Électrodes
- 

**Figure 26.4.5.1 : AUTOCLAVE HAUTE PRESSION**



## SECTION 27

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE G

**27.1 Introduction**

27.1.1 La série d'épreuves G comprend des essais et des critères relatifs à l'explosion sous l'effet de la chaleur d'une matière telle qu'elle est emballée pour le transport; elle permet de répondre à la question de la case 10 de la figure 20.1. L'épreuve n'est nécessaire que pour les matières qui ont présenté un effet violent pendant les essais de chauffage sous un confinement défini (série d'épreuves E).

**27.2 Méthodes d'épreuve**

27.2.1 À la question "Peut-il exploser tel qu'emballé pour le transport ?" (case 10 de la figure 20.1), il est répondu d'après les résultats des épreuves indiqués au tableau 27.1

**Tableau 27.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE POUR LA SÉRIE D'ÉPREUVES G**

<b>Code</b>	<b>Nom de l'épreuve</b>	<b>Section</b>
G.1	Épreuve d'explosion sous l'effet de la chaleur dans un colis <sup>a</sup>	27.4.1
G.2	Épreuve de décomposition accélérée dans un colis	27.4.2

<sup>a</sup> *Épreuve recommandée.*

27.2.2 Ces deux épreuves sont considérées comme équivalentes pour toutes les matières à l'exception des matières solides humidifiées à l'eau. Pour ces dernières, les résultats de l'épreuve G.1 auront la priorité sur ceux de l'épreuve G.2.

**27.3 Conditions d'épreuve**

27.3.1 La série d'épreuves G est exécutée sur des colis de matière (ne dépassant pas 50 kg) dans l'état et la forme dans lesquels ils sont préparés pour le transport.

27.3.2 *La procédure préliminaire doit être appliquée avant d'exécuter ces épreuves (voir section 20.3).*

**27.4 Série G : Dispositions d'épreuve****27.4.1 Épreuve G.1 : Épreuve d'explosion sous l'effet de la chaleur dans un colis**27.4.1.1 *Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer la possibilité d'explosion sous l'effet de la chaleur dans un colis. Elle permet de répondre à la question de la case 10 de la figure 20.1

27.4.1.2 *Appareillage et matériels*

27.4.1.2.1 Un emballage (ne dépassant pas le volume nécessaire pour 50 kg de matière), la matière, un dispositif de chauffage approprié (par exemple, 2 kW pour 25 kg de matière) et un appareil à mesurer la température.

### 27.4.1.3 *Mode opératoire*

Cette épreuve est exécutée sur des matières emballées dans l'état et la forme dans lesquels elles sont présentées pour le transport. La méthode pour obtenir l'explosion sous l'effet de la chaleur consiste à chauffer la matière de façon aussi homogène que possible à l'aide d'un serpentin de chauffage électrique placé à l'intérieur du colis. La température superficielle du serpentin chauffant ne doit pas être élevée au point de provoquer une inflammation prématurée de la matière. Il sera parfois nécessaire d'utiliser plus d'un serpentin chauffant. Le colis doit être installé sur un support, le maintenant dressé. Le chauffage est branché et la température de la matière est enregistrée en continu, la vitesse de montée en température doit être d'environ 60 °C/h. La différence de température entre le haut et le bas du colis doit être aussi petite que possible. ***Il est prudent de prévoir un système de destruction à distance du colis en cas d'avarie du chauffage.*** L'épreuve est exécutée deux fois sauf si une explosion se produit au premier essai.

### 27.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

27.4.1.4.1 On observe les signes d'explosion par fragmentation du colis soumis à l'épreuve. Les résultats obtenus sont valables seulement pour le colis éprouvé.

27.4.1.4.2 Critères d'évaluation des résultats :

- "Oui" :
- Une fragmentation de l'emballage intérieur et/ou extérieur en plus de trois morceaux (à l'exclusion des parties supérieures et inférieures de l'emballage) indique que la matière éprouvée peut provoquer l'explosion de ce colis;
- "Non" :
- L'absence de fragmentation ou une fragmentation en trois morceaux ou moins indique que la matière éprouvée n'explose pas dans le colis.



## 27.4.1.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Emballage</b>	<b>Nombre de fragments<sup>a</sup></b>	<b>Résultat</b>
Azo-2,2' bis (isobutyronitrile)	4G, 30 kg	NF	Non
Bis(tert-butylperoxy)-2,2 butane à 50 % en solution	3H1, 25 litres	NF	Non
Bis(tert-butylperoxy)-2,2 butane à 50 % en solution	6HG2, 30 litres	NF	Non
Carbonate d'isopropyle et de peroxy tert-butyle	1B1, 25 litres	> 80	Oui
Carbonate d'isopropyle et de peroxy tert-butyle	6HG2, 30 litres	> 20	Oui
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	1B1, 25 litres	> 5	Oui
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	6HG2, 30 litres	NF	Non
Peroxyde de dibenzoyle à 75 % avec de l'eau	4G, 25 kg	NF	Non
Peroxybenzoate de tert-butyle	1B1, 25 litres	> 30	Oui
Peroxybenzoate de tert-butyle	6HG2, 30 litres	NF	Non
Peroxy-pivalate de tert-butyle à 75 % en solution	6HG2, 30 litres	NF	Non

<sup>a</sup> *NF = non fragmenté.*

**27.4.2 Épreuve G.2 : Épreuve de décomposition accélérée dans un colis****27.4.2.1 Introduction**

Cette épreuve sert à déterminer la possibilité d'une explosion sous l'effet de la chaleur dans un colis. Elle permet de répondre à la question de la case 10 de la figure 20.1.

**27.4.2.2 Appareillage et matériels**

L'appareillage nécessaire pour cette épreuve (figure 27.4.2.1) est une chambre d'épreuve du type couramment utilisé pour déterminer la TDAA et correspond à la description de l'épreuve H.1 de la section 28.

**27.4.2.3 Mode opératoire**

L'épreuve est exécutée comme indiqué dans l'épreuve H.1 de la section 28. La température de la chambre d'épreuve peut être approximativement de 10 °C au-dessus de la TDAA, si cette dernière est connue. La chambre d'épreuve pour la TDAA est conçue de façon à éliminer rapidement toute surpression importante qui serait produite pendant la décomposition d'un échantillon. Les couvercles de la chambre d'essai sont simplement posés et ne tiennent en place que par la force de gravité.

**27.4.2.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats**

27.4.2.4.1 L'état de l'échantillon, de l'emballage, de la chambre d'épreuve et de l'environnement immédiat offrent une excellente mesure de la réaction de décomposition du produit/colis dans la configuration soumise à l'épreuve.

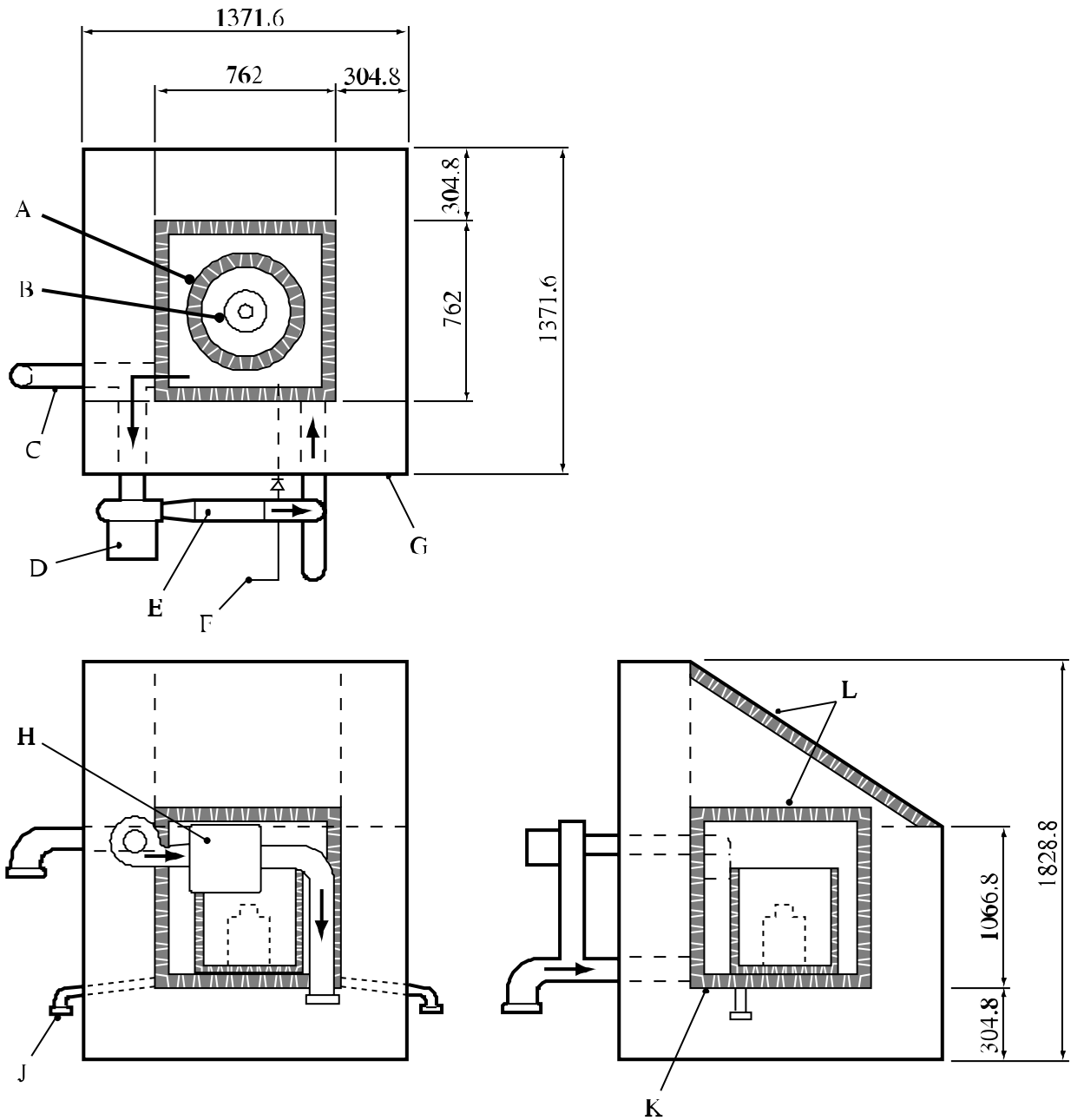
27.4.2.4.2 Les critères d'épreuve sont donnés par l'état de la chambre d'épreuve, du colis et l'éventualité d'une explosion; ils sont les suivants :

"Oui" : - Dislocation importante de l'intérieur de la chambre d'épreuve. Le couvercle extérieur a parfois été expulsé et projeté à au moins deux mètres de distance - indice d'une pression interne appréciable. L'emballage a été gravement endommagé et s'est brisé en au moins trois fragments.

"Non" : - Dislocation légère à nulle de la chambre d'épreuve. Son couvercle extérieur a éventuellement été soulevé mais non projeté à plus de deux mètres. Le colis est souvent disloqué et endommagé, par exemple : bouteille fendue ou carton déchiré.

**27.4.2.5 Exemples de résultats**

<b>Matière</b>	<b>Emballage</b>	<b>Résultat</b>
Carbonate d'isopropyle et de peroxy tert-butyle (75 % en solution)	6HG2, 20 litres	Non
Diméthyl-2,5 bis(tert-butylperoxy)-2,5 hexyne-3	6HG2, 20 litres	Oui
Éthyl-2 peroxyhexanoate de tert-butyle	6HG2, 20 litres	Non
Peroxyacétate de tert-butyle (75 % en solution)	6HG2, 20 litres	Oui
Peroxybenzoate de tert-butyle	6HG2, 20 litres	Non
Peroxyde de dibenzoyle	4G, 0,454 kg	Oui
Peroxyphthalate de tert-butyle (75 % en solution)	6HG2, 20 litres	Non



- |     |                           |     |                     |
|-----|---------------------------|-----|---------------------|
| (A) | Récepteur d'épreuve       | (B) | Emballage d'épreuve |
| (C) | Conduit d'air             | (D) | Ventilateur         |
| (E) | Air à chaud               | (F) | Dioxyde de carbone  |
| (G) | Cadre                     | (H) | Chauffage           |
| (J) | Tuyauteries avec capsules | (K) | Isolation           |
| (L) | Couvercles isolés         |     |                     |

Figure 27.4.2.1 : ÉPREUVE DE DÉCOMPOSITION ACCÉLÉRÉE DANS UN COLIS



## SECTION 28

## ÉPREUVES DE LA SÉRIE H

## 28.1 Introduction

Cette série d'épreuves comprend des méthodes permettant de déterminer la TDAA (température de décomposition auto-accélérée ou point de décomposition exothermique). La TDAA est définie comme la température minimale à laquelle la décomposition auto-accélérée d'une matière peut se produire dans l'emballage utilisé pour le transport. La TDAA est une mesure de l'effet combiné de la température ambiante, de la cinétique de la décomposition, des dimensions du colis et des propriétés de transfert de la chaleur, de la matière et de son emballage. Pour faciliter l'interprétation des résultats, il est possible d'utiliser des modèles dans lesquels la principale résistance au transfert de chaleur est la suivante :

- a) À la périphérie, c'est-à-dire au niveau de l'emballage (modèle de Semenov);
- b) À l'intérieur de la matière (modèle de Frank-Kamenskii); ou
- c) Effet combiné de ces deux modèles (modèle de Thomas).

Ce texte devrait être utilisé conjointement avec les prescriptions applicables à la régulation de la température qui figurent à la sous-section 2.5.3.4 du Règlement type.

**Références :** *N.N. Semenov, Z. Physik, 48, 1928, 571.*  
*D.A. Frank-Kamenskii, Zhur, Fiz. Khim., 13, 1939, 738.*  
*P.H. Thomas, Trans. Faraday Soc., 54, 1958, 60."*

## 28.2 Méthodes d'épreuve

28.2.1 La série H comprend des épreuves et des critères concernant la stabilité thermique des matières aux températures de transport ou relatifs aux résultats permettant de déterminer si une matière répond à la définition d'une matière autoréactive.

28.2.2 Chaque épreuve comporte soit le stockage à une température externe constante et l'observation de toute réaction se produisant, soit le stockage dans des conditions quasi-adiabatiques et la mesure du taux de dégagement de chaleur en fonction de la température. Le tableau 28.1 présente les méthodes d'épreuve de la série H. Chacune des méthodes énumérées est utilisable pour les matières solides, les liquides, les matières pâteuses et les dispersions.

Tableau 28.1 : MÉTHODES D'ÉPREUVE DE LA SÉRIE H

Code	Nom de l'épreuve	Section
H.1	Épreuve TDAA des États-Unis <sup>a</sup>	28.4.1
H.2	Épreuve de stockage adiabatique (ESA) <sup>b</sup>	28.4.2
H.3	Épreuve de stockage isotherme (ESI)	28.4.3
H.4	Épreuve de stockage avec accumulation de chaleur <sup>c</sup>	28.4.4

<sup>a</sup> Épreuve recommandée pour les matières transportées sous emballage.

<sup>b</sup> Épreuve recommandée pour les matières transportées sous emballage, en GRV ou en citernes.

<sup>c</sup> Épreuve recommandée pour les matières transportées sous emballage, en GRV ou en petites citernes.

La liste d'épreuves n'est pas exhaustive; on peut utiliser d'autres épreuves à condition que leurs résultats donnent la TDAA juste de la matière telle qu'emballée pour le transport.

28.2.3 En cas de besoin ( $T_{DAA} \leq 50 \text{ °C}$  pour les peroxydes organiques,  $T_{DAA} \leq 55 \text{ °C}$  pour les matières autoréactives), le tableau 28.2 permet de déduire de la TDAA, la température de régulation et la température critique.

**Tableau 28.2 : DÉTERMINATION DE LA TEMPÉRATURE DE RÉGULATION ET DE LA TEMPÉRATURE CRITIQUE**

Type de récipient	TDAA <sup>a</sup>	Température de régulation	Température critique
Emballages individuels et GRV	$\leq 20 \text{ °C}$	20 °C au-dessous de la TDAA	10 °C au-dessous de la TDAA
	$> 20 \text{ °C}; \leq 35 \text{ °C}$	15 °C au-dessous de la TDAA	10 °C au-dessous de la TDAA
	$> 35 \text{ °C}$	10 °C au-dessous de la TDAA	5 °C au-dessous de la TDAA
Conteneurs citernes	$< 50 \text{ °C}$	10 °C au-dessous de la TDAA	5 °C au-dessous de la TDAA

<sup>a</sup> On entend par là, la température de décomposition exothermique dans l'emballage utilisé pour le transport.

28.2.4 Quand on soumet à épreuve une matière pour déterminer s'il s'agit d'une matière autoréactive de la division 4.1, il faut exécuter une épreuve de la série H afin de déterminer si sa TDAA serait égale ou inférieure à 75 °C en cas de transport dans un colis de 50 kg.

28.2.5 Normalement, les résultats obtenus pour les grands colis du commerce s'appliquent aux emballages plus petits de conception et de construction similaires à condition que le transfert de chaleur par unité de masse ne soit pas inférieur à celui correspondant au plus grand colis.

### 28.3 Conditions d'épreuve

28.3.1 La procédure préliminaire (voir section 20.3) doit être appliquée et l'effet du chauffage sous confinement (série d'épreuves E) est à déterminer avant d'exécuter les épreuves de TDAA. ***Des précautions de sécurité sont à prendre en prévision du risque d'une défaillance catastrophique du récipient d'épreuve et du danger découlant de l'inflammation des mélanges combustible secondaire-air ainsi que du dégagement de produits de combustion toxiques. Les matières susceptibles de détoner ne doivent être éprouvées qu'avec des précautions spéciales.***

28.3.2 L'épreuve choisie doit être exécutée d'une manière qui soit représentative du colis à transporter, aussi bien par la dimension que par le matériau qui le constitue. Pour le transport dans des emballages métalliques, des GRV ou des citernes, il pourrait être nécessaire d'inclure une quantité représentative du métal de l'échantillon mis à l'épreuve, c'est-à-dire représentative du (des) métal (aux) et de la surface de contact.

28.3.3 ***Un soin particulier devrait être pris dans le cas d'échantillons qui ont été mis à l'épreuve depuis que pourraient être intervenus des changements de nature à rendre la matière plus instable et plus vulnérable. Les échantillons mis à l'épreuve doivent être détruits aussi rapidement que possible après l'épreuve.***

28.3.4 Les échantillons qui ont été mis à l'épreuve à une température déterminée et sont en apparence intacts peuvent être utilisés à nouveau uniquement à des fins de sélection à condition qu'il en soit pris un soin particulier. De nouveaux échantillons doivent être utilisés pour déterminer la TDAA avec précision.

28.3.5 Si l'épreuve ne porte pas sur le colis complet, les données relatives aux pertes de chaleur utilisées pour déterminer la TDAA doivent être représentatives de l'emballage, du GRV ou de la citerne présentés au transport. La perte de chaleur par unité de masse d'emballage, de GRV ou de citerne peut être déterminée par le calcul (en fonction de la quantité de matière, des dimensions du colis, du transfert de chaleur dans la matière et du transfert de chaleur à travers l'emballage vers l'environnement) ou en mesurant

le temps de demi-refroidissement du colis rempli de la matière à éprouver ou d'une autre matière douée de propriétés physiques comparables. La perte de chaleur par unité de masse,  $L(W/kg.K)$ , peut être calculée d'après le temps de demi-refroidissement,  $t_{1/2}$  (s), et la chaleur spécifique,  $C_p$  ( $J/kg.K$ ), de la matière, au moyen de la relation :

$$L = \ln 2 \times C_p / t_{1/2}.$$

28.3.6 Le temps de demi-refroidissement peut être déterminé en mesurant le temps qui s'écoule pour que l'écart de température entre l'échantillon et son environnement diminue de moitié. Par exemple, pour les liquides, l'emballage peut être rempli au moyen de phtalate de dibutyle ou de phtalate de diméthyle chauffé à environ 80 °C. Il ne faut pas utiliser de l'eau car des résultats irréguliers peuvent être obtenus par évaporation/condensation. La chute de température est mesurée au centre du colis pour toute la gamme de températures qui comprend la TDAA escomptée. Pour établir une échelle, il pourrait être nécessaire de mesurer en continu la température de la matière et du voisinage avant d'utiliser une régression linéaire pour calculer les coefficients de l'équation ci-après :

$$\ln\{T - T_a\} = c_0 + c \cdot t$$

dans laquelle :  $T$  = température de la matière (°C);  
 $T_a$  = température ambiante (°C);  
 $c_0$  =  $\ln$  {température initiale de la matière - température ambiante initiale}; et  
 $c$  =  $L/C_p$ ;  
 $t$  = temps (s).

28.3.7 Le tableau 28.3 contient des exemples des caractéristiques de perte de chaleur pour certains colis types. La valeur réelle obtenue dépend de la forme, de l'épaisseur, du revêtement de surface, etc. de l'emballage.

**Tableau 28.3 : PERTE DE CHALEUR PAR UNITÉ DE MASSE DES COLIS, GRV ET CITERNES**

Type de récipient	Capacité nominale (en litres)	Remplissage	Perte de chaleur par unité de masse (L) (mW/K.kg)
<u>Pour les liquides :</u>			
1A1	50	47,5 kg DMP <sup>a</sup>	63
1H1	50	47,5 kg DMP	94
1H1	200	200 kg eau	56
3H1 (noir)	60	47,5 kg DMP	105
6HG2	30	35,0 kg DMP	69
GRV 31 HA1	500	500 kg eau	51
Citerne	3 400	3 400 kg eau	18 <sup>b</sup>
Conteneur-citerne (calorifugé)	20 000	14 150 kg isododecane	1,7
<u>Pour les solides :</u>			
1G	38	28,0 kg DCHP <sup>c</sup>	35
1G	50	37,0 kg DCHP	29
1G	110	85,0 kg DCHP	22
4G	50	32,0 kg DCHP	27

<sup>a</sup> DMP = Phtalate de diméthyle.

<sup>b</sup> Chiffre calculé en utilisant un coefficient de transfert de chaleur de 5 W/m<sup>2</sup>.K.

<sup>c</sup> Phtalate de dicyclohexyle (solide).

## **28.4 Série H : Dispositions d'épreuve**

### **28.4.1 Épreuve H.1 Épreuve TDAA des États-Unis**

#### *28.4.1.1 Introduction*

Cette méthode vise à déterminer la température constante minimale de l'air ambiant à laquelle la décomposition auto-accélérée d'une matière se produit dans un colis donné. La méthode est applicable aux colis d'une contenance jusqu'à 220 litres. Une indication du risque d'explosion par suite de la décomposition peut aussi être obtenue.

#### *28.4.1.2 Appareillage et matériels*

28.4.1.2.1 La matière et l'emballage soumis à l'épreuve doivent être représentatifs de ceux destinés à un usage commercial. L'emballage constitue un élément essentiel de l'épreuve.

28.4.1.2.2 L'appareillage est constitué par une chambre d'épreuve pourvue de dispositifs permettant de maintenir une température uniforme de l'air ambiant autour du colis soumis à l'épreuve pendant une durée de 10 jours au moins.

28.4.1.2.3 La construction de la chambre d'épreuve doit être telle que :

- a) Son isolation soit efficace;
- b) Une circulation d'air réglée par thermostat soit assurée afin de maintenir l'uniformité de la température de l'air à  $\pm 2$  °C de la température voulue; et
- c) La distance minimale entre les côtés de l'emballage et la paroi soit de 100 mm.

On peut utiliser tout type d'étuve, à condition que celle-ci puisse répondre aux critères de régulation de la température et ne provoque pas l'inflammation des produits de décomposition éventuels. Les paragraphes 28.4.1.2.4 et 28.4.1.2.5 donnent des exemples d'étuve convenant, respectivement, aux petits colis et aux grands colis.

28.4.1.2.4 On peut construire une étuve pour petits colis à partir d'un fût en acier de 220 litres à dessus amovible. On peut y loger sans difficulté des colis d'un volume jusqu'à 25 litres. La figure 28.4.1.1 donne le schéma détaillé de ce modèle. Des emballages plus grands peuvent y être essayés, à condition qu'il subsiste un espace de 100 mm entre le colis et la paroi de l'étuve.

28.4.1.2.5 Pour les grands colis on peut construire une étuve consommable faite d'un bâti cubique de 1,2 m de côté en bois de 50 × 100 mm de section. On revêt ce bâti à l'intérieur et à l'extérieur de contre-plaqué imperméable de 6 mm d'épaisseur et, sur toute la surface extérieure, d'un tapis de laine de verre de 100 mm d'épaisseur. La figure 28.4.1.2 en donne le schéma de construction. Une des parois est montée sur charnières pour permettre le chargement et le déchargement des fûts soumis à l'épreuve. Sur le fond, des bois de 50 × 100 mm sont posés sur tranche, à 200 mm d'entraxe, pour maintenir le récipient soumis à l'épreuve au-dessus du fond et permettre ainsi une circulation d'air entre les deux. Les tasseaux sont orientés perpendiculairement à la porte pour permettre la manutention des fûts par chariots à fourche. Le ventilateur de circulation de l'air doit être installé sur la paroi opposée à la porte. L'aspiration doit se faire dans un des angles supérieurs de l'étuve et le refoulement dans l'angle diagonalement opposé. Un dispositif de chauffage électrique de 2,5 kW suffit pour le chauffage de l'air. Des thermocouples doivent être installés dans la conduite d'aspiration et la conduite de retour d'air ainsi qu'en haut, au centre et en bas de l'étuve. Pour les matières dont la TDAA est inférieure à la température ambiante, l'épreuve doit être exécutée dans une chambre de refroidissement ou de l'anhydride carbonique solide doit être utilisée pour refroidir l'étuve.



28.4.1.2.6 Le colis peut être pourvu d'un conduit thermique qui positionne le thermocouple en son point central. Le conduit thermique peut être fait en verre, en acier inoxydable ou en tout autre matériau, mais son introduction ne doit pas réduire la résistance du colis ou l'aptitude de ventilation.

28.4.1.2.7 Il est nécessaire de prévoir le matériel voulu pour mesurer et enregistrer en continu la température, en veillant à le protéger des risques d'incendie et d'explosion.

28.4.1.2.8 ***Les épreuves doivent être exécutées dans un endroit qui offre une protection suffisante contre les risques d'incendie et d'explosion, ainsi que contre les fumées toxiques. Une distance de sécurité par rapport à la voie publique et aux bâtiments occupés, par exemple 90 m, est recommandée. En cas de fumées toxiques, de plus grandes distances de sécurité peuvent être exigées.***

#### 28.4.1.3 *Mode opératoire*

28.4.1.3.1 Le colis est pesé. Un thermocouple est inséré dans le colis soumis à l'épreuve de manière telle qu'on puisse suivre la température au centre de l'échantillon. Si l'étuve doit être à une température inférieure à la température ambiante, mettre l'étuve en marche et refroidir l'intérieur de l'étuve jusqu'à la température voulue avant d'introduire le colis dans l'étuve. Si la température de l'étuve doit être égale ou supérieure à la température ambiante, l'étuve est mise en marche après y avoir introduit le colis, à la température ambiante. Il doit y avoir une distance minimale de 100 mm entre le colis et les côtés de l'étuve.

28.4.1.3.2 L'échantillon est chauffé et les températures de l'échantillon et de la chambre d'épreuve sont contrôlées en permanence. Le moment auquel la température de l'échantillon atteint une température de 2 °C en dessous de la température de la chambre d'épreuve est noté. L'épreuve est alors poursuivie pendant sept jours ou jusqu'à ce que la température de l'échantillon dépasse de 6 °C ou plus la température de la chambre d'épreuve si ce dépassement de température survient plus tôt. Noter le temps qu'il a fallu pour que l'échantillon passe de la température de 2 °C en dessous de la température de la chambre d'épreuve à sa température maximale.

28.4.1.3.3 À la fin de l'épreuve, refroidir l'échantillon et l'extraire de la chambre d'épreuve. Noter la variation de la température avec le temps. Si le colis est intact, noter la perte de masse en pourcentage et déterminer tout changement de composition. Éliminer l'échantillon le plus tôt possible.

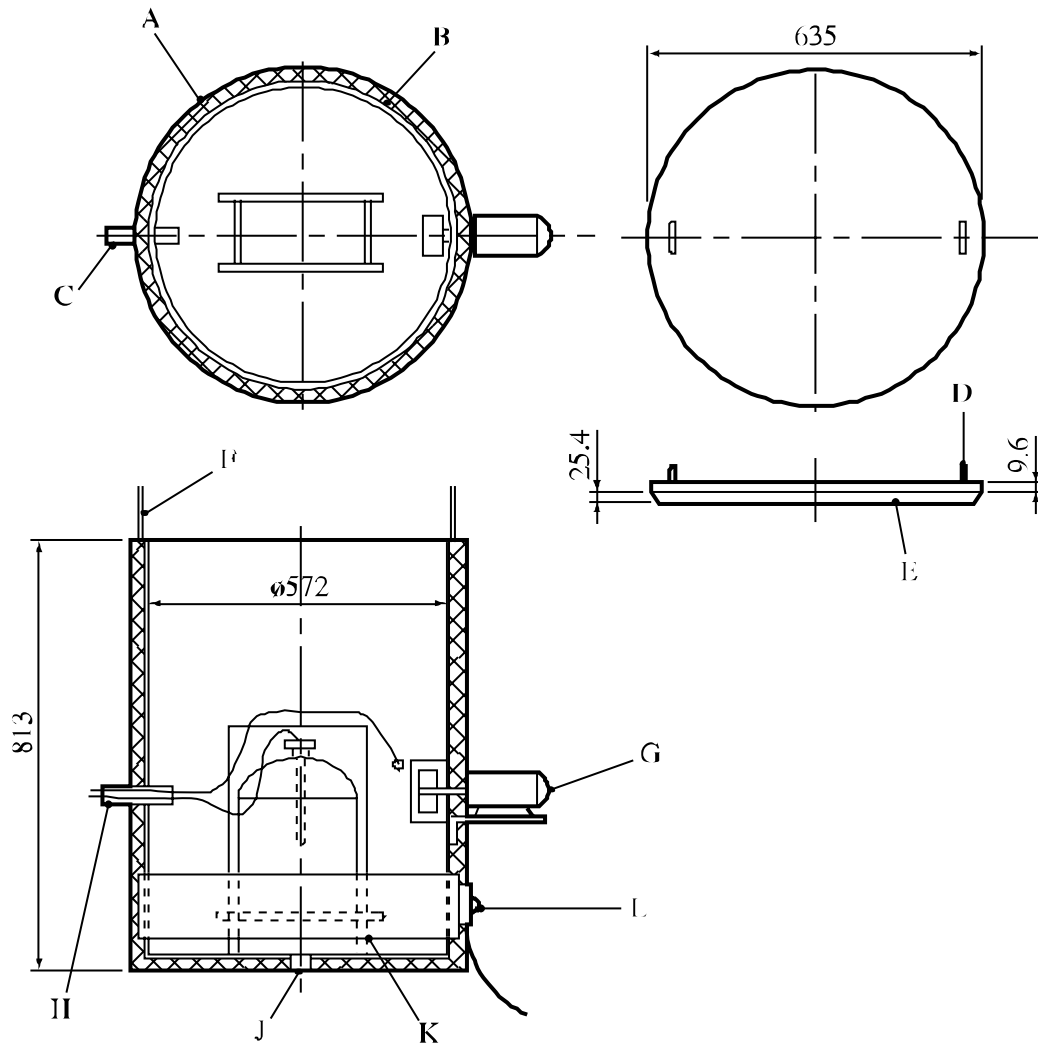
28.4.1.3.4 Si la température de l'échantillon ne dépasse pas la température du four de 6 °C ou plus, répéter l'épreuve à une température plus élevée de 5 °C. La température de décomposition auto-accélérée (TDAA) est définie comme la température la plus basse de l'étuve à laquelle la température de l'échantillon dépasse la température de l'étuve de 6 °C ou plus. Quand l'épreuve vise à établir si la matière doit faire l'objet d'une régulation de température, exécuter un nombre suffisant d'épreuves pour déterminer la TDAA au multiple de 5 °C le plus proche ou pour constater si la TDAA est égale ou supérieure à 60 °C. Quand l'épreuve a pour but de vérifier si la matière répond au critère TDAA d'une matière autoréactive, exécuter suffisamment d'épreuves pour déterminer si la TDAA pour un colis de 50 kg est égale ou inférieure à 75 °C.

#### 28.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

28.4.1.4.1 La TDAA à retenir est la température la plus basse à laquelle l'échantillon dépasse la température de l'étuve de 6 °C ou plus. Si la température de l'échantillon ne dépasse dans aucun essai la température de l'étuve de 6 °C ou plus, on considère que la TDAA est supérieure à la température la plus élevée utilisée dans l'étuve.

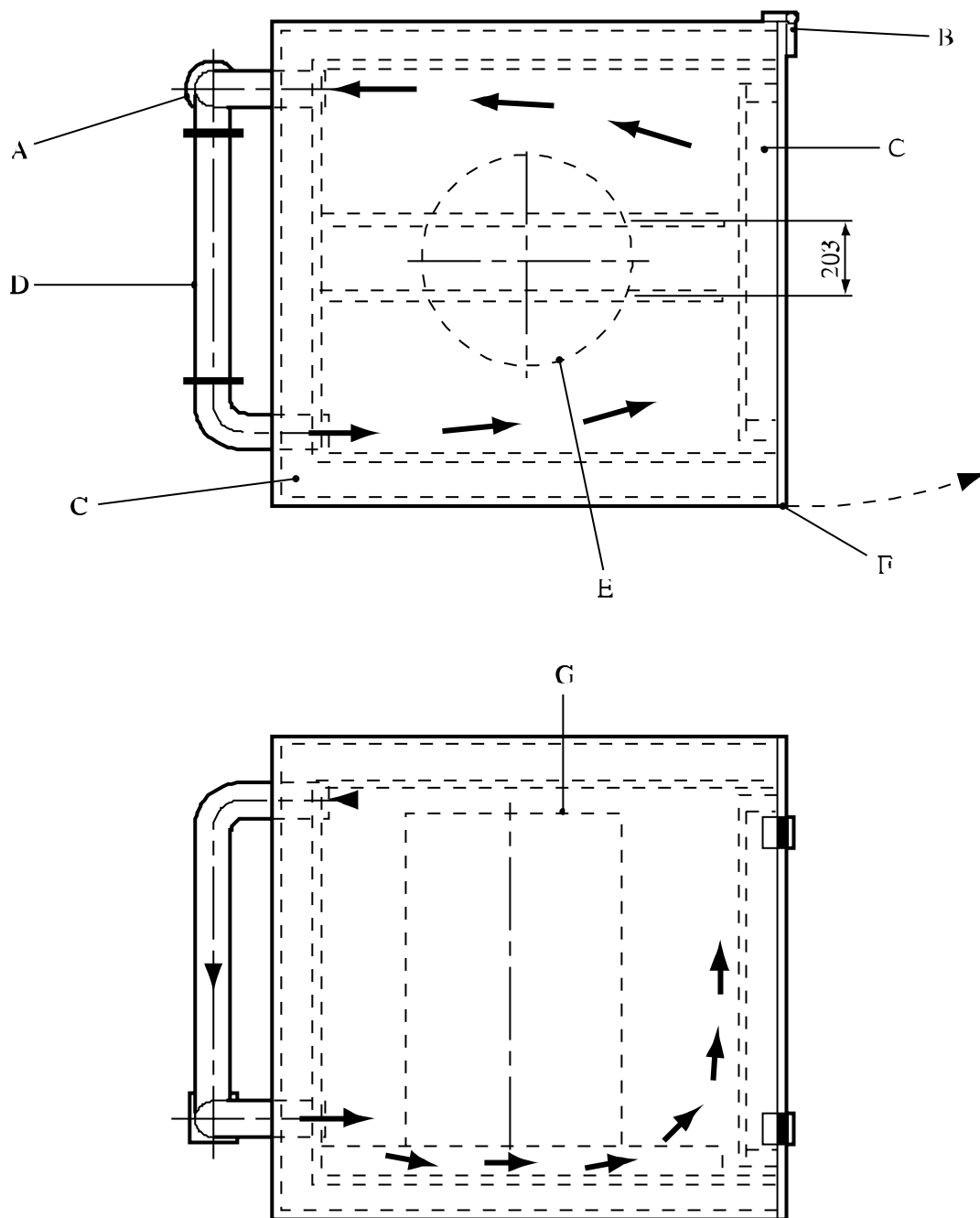
28.4.1.5 *Exemples de résultats*

<b>Matière</b>	<b>Masse de l'échantillon (kg)</b>	<b>Emballage</b>	<b>TDAA (°C)</b>
Peroxybenzoate de tert-amyle	18,2	6HG2, 22,8 litres	65
Peroxyacétate de tert-butyle (à 60 %)	7,2	6HG2, 22,8 litres	75
Peroxyde de dibenzoyl	0,45	1G	70
Peroxydicarbonate de bis (tert-butyl-4 cyclohexyle)	43	1G	40
Chlorure double de zinc et de diéthoxy-2,5 morpholino-4 benzènediazonium (à 66 %)	30	1G, 50 litres	50
Chlorure double de zinc et de (N-éthoxycarbonyl-N-phénylamino)-2 méthoxy-3 (N-méthyl-N- cyclohexylamino)-4 benzènediazonium (à 62 %)	10	6HG1, 25 litres	50



(A)	Isolation de 25 mm	(B)	Fût de 220 litres à ouverture totale
(C)	Tuyau de 19 mm	(D)	Boulon de 9,6 mm à clavette, sur le couvercle en acier
(E)	Isolation du couvercle en acier	(F)	Câble de 3 mm
(G)	Ventilateur	(H)	Thermocouples et câbles de commande
(J)	Orifice d'écoulement	(K)	Embase de 25 mm
(L)	Chauffage du fût, 2 kW		

**Figure 28.4.1.1 : ÉTUVE POUR PETIT COLIS**



- |     |   |     |                         |
|-----|---|-----|-------------------------|
| (A) | Ventilateur                                   | (B) | Charnières (2)          |
| (C) | Isolation                                     | (D) | Dispositif de chauffage |
| (E) | Fût   | (F) | Loquet                  |
| (G) | Fût (mesurant par exemple<br>0,58 m × 0,89 m) |     |                         |

**Figure 28.4.1.2 : ÉTUVE POUR GRAND COLIS (vue en plan et en élévation)**

## 28.4.2 *Épreuve H.2 : Épreuve de stockage adiabatique*

### 28.4.2.1 *Introduction*

28.4.2.1.1 Cette méthode d'épreuve vise à déterminer le taux de production de chaleur par une matière sujette à réaction en fonction de la température. Les paramètres de la production de chaleur et les données sur le transfert de chaleur concernant l'emballage permettent de calculer la TDAA d'une matière dans son emballage. Cette méthode convient pour n'importe quel type d'emballage, y compris les GRV et les citernes.

28.4.2.1.2 Des mesures peuvent être faites entre -20 °C et 220 °C. La plus faible augmentation de température détectable correspond à une production de chaleur de 15 mW/kg. La limite supérieure est déterminée par la capacité du serpentin refroidisseur de refroidir la matière en toute sécurité (jusqu'à 500 W/kg si l'on utilise l'eau comme agent de refroidissement). L'épreuve n'est pas parfaitement adiabatique, mais les pertes de chaleur représentent moins de 10 mW. L'erreur maximale est d'au moins 30 % à 15 mW/kg et de 10 % de 100 mW/kg à 10 W/kg.

28.4.2.1.3 Si le dispositif refroidisseur n'est mis en action qu'au stade où la production de chaleur dépasse sa capacité de refroidissement, il peut y avoir explosion. ***C'est pourquoi on doit choisir le lieu des épreuves avec soin pour réduire au minimum les risques éventuels d'explosion, ainsi que ceux d'une explosion ultérieure de gaz des produits de décomposition (explosion secondaire).***

### 28.4.2.2 *Appareillage et matériels*

28.4.2.2.1 L'appareillage consiste en un vase de Dewar (1 ou 1,5 litre) pour contenir l'échantillon, une étuve avec système de réglage différentiel pour y maintenir la température à 0,1 °C près de celle de l'échantillon et un couvercle inerte pour le Dewar. Dans des cas spéciaux, on peut être amené à utiliser des porte-échantillons faits d'autres matériaux. Un serpentin chauffant et un tube de refroidissement inertes traversent le couvercle et plongent dans l'échantillon. Pour prévenir l'accroissement de pression dans le vase de Dewar, on munit celui-ci d'un tube capillaire en PTFE de 2 m de long, qui traverse le couvercle isolé. Un dispositif de chauffage à puissance constante est utilisé pour le chauffage interne de la matière jusqu'à une température préréglée, où à des fins d'étalonnage. Le chauffage et le refroidissement interne peuvent être arrêtés ou démarrés automatiquement, à des températures préréglées. Outre le système de refroidissement, on prévoit un dispositif de sécurité secondaire, qui coupe l'alimentation de l'étuve à une température préréglée. La figure 28.4.2.1 présente le schéma de l'appareil pour l'épreuve de stockage adiabatique.

28.4.2.2.2 La température de la matière est mesurée en son centre au moyen de thermocouples ou de capteurs à résistance en platine placés dans un tube en acier ou en verre. La température de l'air ambiant est mesurée à la même hauteur que la température de l'échantillon, également à l'aide de thermocouples ou de capteurs à résistance en platine. Un appareillage de mesure et d'enregistrement continu de la température est nécessaire pour l'observation des températures de la matière et de l'air dans l'étuve. Ce matériel doit être protégé du risque d'incendie et d'explosion. Pour les matières dont la TDAA est inférieure à la température ambiante, l'épreuve doit être exécutée dans une chambre de refroidissement ou de l'anhydride carbonique solide doit être utilisé pour refroidir l'étuve.

### 28.4.2.3 *Mode opératoire*

#### 28.4.2.3.1 *Étalonnage*

Procéder comme suit :

- a) Remplir le vase de Dewar de chlorure de sodium ou d'une huile appropriée et le placer dans le porte-vase de l'étuve utilisée pour l'épreuve de stockage adiabatique;
- b) Chauffer l'échantillon par paliers de 20 °C au moyen du chauffage interne à puissance connue et constante, par exemple 0,333 W ou 1,000 W, et déterminer les pertes de chaleur à 40 °C, 60 °C, 80 °C et 100 °C;

- c) Utiliser les données obtenues pour déterminer la capacité calorifique du vase de Dewar en suivant la méthode décrite au paragraphe 28.4.2.4.

#### 28.4.2.3.2 Épreuve

Procéder comme suit :

- a) Remplir le Dewar avec l'échantillon pesé, ajouter une quantité représentative de matériau d'emballage (s'il est métallique) et placer le vase dans le porte-vase de l'étuve utilisée pour l'épreuve;
- b) Mettre en marche la mesure de la température et ensuite porter la température de l'échantillon, au moyen du chauffage interne, à une température préétablie à laquelle il peut y avoir un auto-échauffement détectable. L'élévation de la température, la durée de chauffage et la puissance de chauffage permettent de calculer la chaleur spécifique de la matière;
- c) Arrêter le chauffage interne et observer la température. Si aucune augmentation de température par échauffement spontané n'est constatée dans un délai de 24 h, augmenter la température initiale de 5 °C. Répéter ces opérations jusqu'à ce qu'un auto-échauffement soit détecté;
- d) Dès qu'un auto-échauffement est détecté, laisser l'échantillon s'échauffer dans des conditions adiabatiques jusqu'à une température préétablie où le taux de production de chaleur reste inférieur à la capacité de refroidissement, température à laquelle le refroidissement est enclenché;
- e) Après refroidissement, déterminer la perte éventuelle de masse et, au besoin, le changement de composition.

#### 28.4.2.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

28.4.2.4.1 Calculer le taux des pertes de chaleur A (en °C/h) du Dewar aux différentes températures utilisées lors de l'étalonnage. Établir un diagramme des valeurs obtenues afin de déterminer le taux des pertes de chaleur à une température quelconque.

28.4.2.4.2 Calculer la capacité calorifique H (en J/°C) du Dewar à l'aide de la relation ci-après :

$$H = \frac{3600 \times E_1}{A + B} - M_1 \times Cp_1$$

- où
- $E_1$  = puissance énergétique appliquée à l'appareil de chauffe interne (W)
- $A$  = taux des pertes de chaleur à la température de calcul (°C/h)
- $B$  = pente de la courbe de chauffage interne (matière d'étalonnage) à la température de calcul (°C/h)
- $M_1$  = masse de la matière d'étalonnage (kg)
- $Cp_1$  = chaleur spécifique de la matière d'étalonnage (J/kg.°C)

28.4.2.4.3 Déterminer la perte de chaleur K(W) à l'aide de la formule suivante :

$$K = A \times \frac{H + M_1 \times Cp_1}{3600}$$

à chaque température souhaitée et établir la courbe des valeurs ainsi obtenues.

28.4.2.4.4 Calculer la chaleur spécifique de la matière  $Cp_2$  (en J/kg.°C) au moyen de la formule suivante :

$$Cp_2 = \frac{3600 \times (E_2 + K)}{C \times M_2} - \frac{H}{M_2}$$

où  $E_2$  = puissance appliquée à l'appareil de chauffage interne (W)  
 $C$  = pente de la courbe de chauffage interne (échantillon) à la température de calcul (°C/h)  
 $M_2$  = masse de l'échantillon (kg)

28.4.2.4.5 Calculer la production de chaleur  $Q_T$  (W/kg) de la matière à des intervalles de 5 °C au moyen de la formule suivante, pour chaque température :

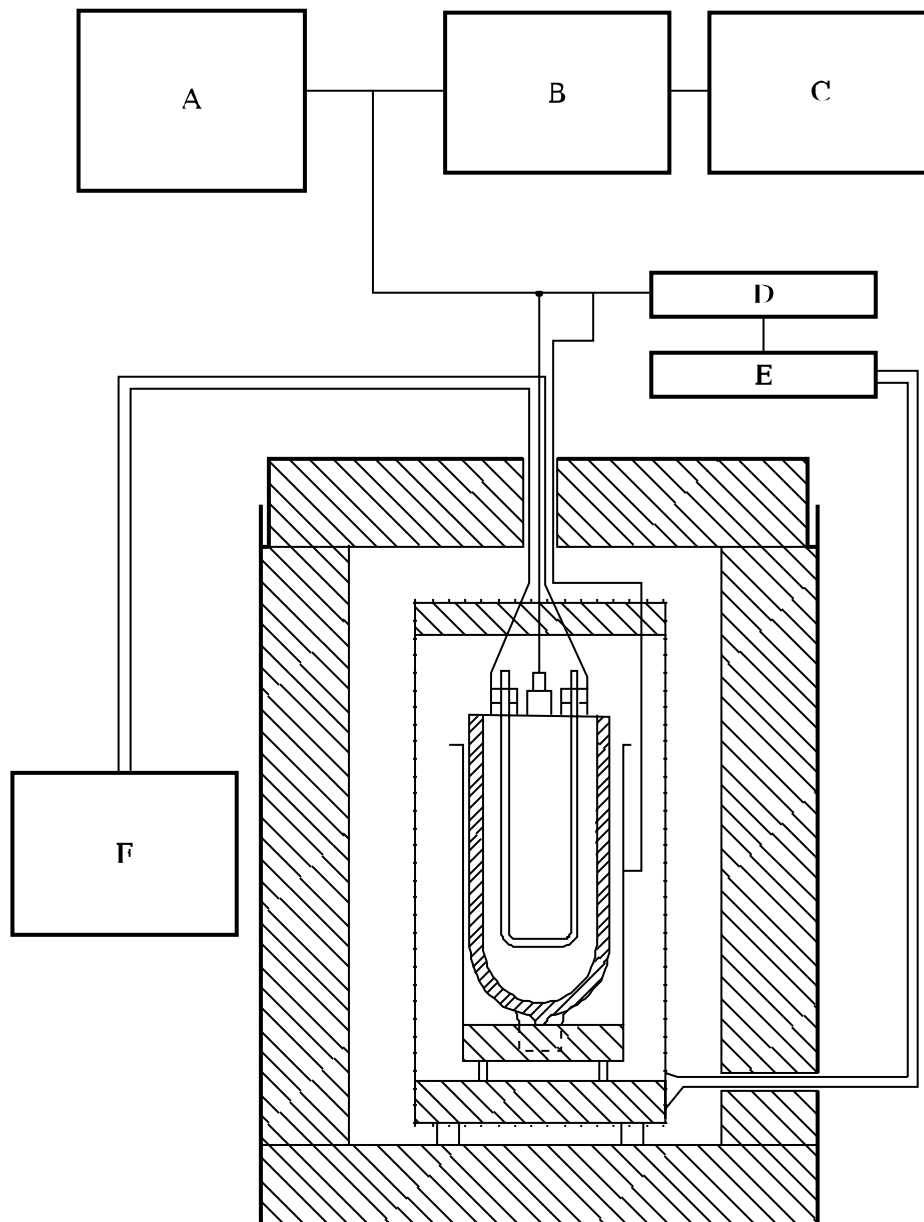
$$Q_T = \frac{(M_2 \times Cp_2 + H) \times \frac{D}{3600} - K}{M_2}$$

où  $D$  = pente de la courbe d'échauffement spontané à la température de calcul (°C/h)

28.4.2.4.6 Reporter les taux de production de chaleur calculés par unité de masse en fonction de la température sur un diagramme à échelles linéaires et tracer la courbe la mieux ajustée entre les points. Déterminer les pertes de chaleur par unité de masse  $L$  (W/kg.°C) de l'emballage, du GRV ou de la citerne soumis à l'épreuve (voir 28.3.5). Tracer sur le diagramme mentionné une ligne droite de pente  $L$  tangente à la courbe de production de chaleur. L'intersection de la ligne droite et de l'axe des abscisses représente la température ambiante critique, c'est-à-dire la température la plus élevée à laquelle le produit tel qu'il est emballé ne manifeste pas de décomposition auto-accelérée. La TDAA est donnée par la température ambiante critique, en °C, arrondie au multiple de 5 °C le plus proche par valeur supérieure. Un exemple est donné à la figure 28.4.2.2.

#### 28.4.2.5 Exemples de résultats

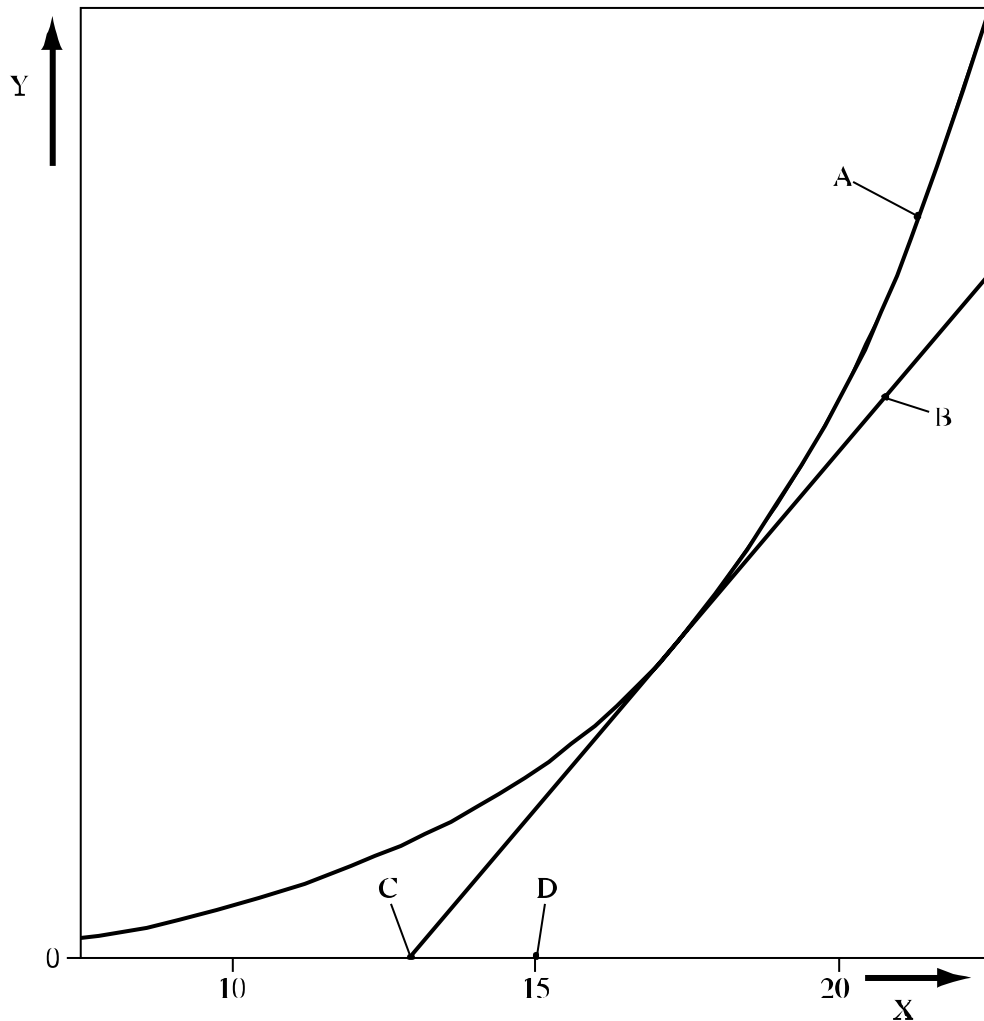
Matière	Masse (kg)	Emballage	Pertes de chaleur par unité de masse (mW/kg.K)	TDAA (°C)
Azodicarbonamide	30	1G	100	> 75
Peroxybenzoate de tert-butyle	25	6HG2	70	55
Peroxy-2-éthylhexanoate de tert-butyle	25	6HG2	70	40
Peroxyphthalate de tert-butyle	25	6HG2	70	25



- 
- (A) Enregistreur de données multipoints et régulateur de température (10 mV)
  - (B) Réglage de zéro extérieur
  - (C) Enregistreur (mesures précises)
  - (D) Régulation
  - (E) Relais
  - (F) Appareil de préchauffage interne
- 

**Figure 28.4.2.1 : INSTALLATION POUR L'ÉPREUVE DE STOCKAGE ADIABATIQUE**





- 
- (A) Courbe de production de chaleur
  - (B) Ligne droite dont l'inclinaison est égale au taux de perte de chaleur et qui est tangente à la courbe de production de chaleur
  - (C) Température ambiante critique (au point d'intersection de la ligne droite de perte de chaleur et de l'axe des abscisses)
  - (D) Température de décomposition auto-accélérée (TDAA) - température ambiante critique arrondie au multiple de 5 °C le plus proche par valeur supérieure.
  - (X) Température
  - (Y) Flux thermique (production ou perte de chaleur) par unité de masse
- 

**Figure 28.4.2.2 : EXEMPLE DE DÉTERMINATION DE LA TDAA**

### **28.4.3** *Épreuve H.3 : Épreuve de stockage isotherme (ESI)*

#### 28.4.3.1 *Introduction*

28.4.3.1.1 Cette méthode vise à déterminer le taux de production de chaleur en fonction du temps, à température constante, par des matières sujettes à réaction ou à décomposition. Les paramètres de la production de chaleur obtenus sont utilisés de pair avec les données sur les pertes de chaleur concernant l'emballage pour calculer la TDAA d'une matière dans son emballage. La méthode convient à n'importe quel type d'emballage, y compris les GRV et les citernes. Quelques matières présentent un accroissement du taux de leur production de chaleur à mesure que progresse la décomposition (par exemple, par autocatalyse ou décomposition induite). Cette propriété est aussi prise en considération.

28.4.3.1.2 Les mesures peuvent être effectuées entre -20 °C à 200 °C. Les taux de production de chaleur mesurables vont de 5 mW/kg à 5 W/kg. La résistance thermique entre le porte-échantillon et le bloc en aluminium donnée par l'intermédiaire du flux thermique atteint 0,1 W/°C. L'appareillage permet de couvrir une gamme de taux de production de chaleur comprise entre 15 mW/kg et 1 500 mW/kg, avec une erreur maximale de 30 % à 15 mW/kg et de 5 % de 100 à 1 500 mW/kg.

28.4.3.1.3 Par sa construction robuste et la taille relativement petite de l'échantillon utilisé, ainsi que les conditions d'utilisation bien définies, l'appareil se prête à l'exécution d'épreuves dans un laboratoire ordinaire. Les effets d'une explosion par échauffement, par exemple la fragmentation du porte-échantillon et la production d'une pression, doivent pouvoir être confinés au sein de l'appareillage.

#### 28.4.3.2 *Appareillage et matériels*

28.4.3.2.1 L'appareillage consiste en un puits thermique (bloc d'aluminium) isolé par l'air, qui est maintenu à température constante par chauffage réglé. Les températures inférieures à 40 °C sont obtenues par un cryostat. Le thermostat permet de maintenir la température voulue à 0,2 °C près. La température du puits thermique est mesurée au moyen d'un capteur à résistance en platine. Les deux trous forés dans le bloc contiennent des fluxmètres thermiques (par exemple, éléments Peltier). La figure 28.4.3.1 donne le schéma de l'installation pour l'épreuve de stockage isotherme. Pour les matières dont la TDAA est inférieure à la température ambiante, l'épreuve doit être exécutée dans une chambre de refroidissement ou de l'anhydride carbonique solide doit être utilisé pour refroidir l'étauve.

28.4.3.2.2 Un récipient est placé sur chaque fluxmètre thermique; l'un contient l'échantillon, l'autre une matière inerte. Les deux récipients sont identiques et ont un volume de 70 cm<sup>3</sup>. Chacun contient environ 20 g de matière. Les récipients sont en verre ou en acier inoxydable. L'acier doit être compatible avec la matière mise à l'épreuve. Lorsqu'un récipient en verre est utilisé, il est muni d'un long tube capillaire qui empêche toute surpression ainsi que l'évaporation de l'échantillon.

28.4.3.2.3 La différence de potentiel résultant de la différence de flux de chaleur du porte-échantillon au puits thermique et du récipient à matière inerte au puits thermique est enregistrée en continu en fonction du temps (mesure différentielle) par un enregistreur ou un ordinateur.

#### 28.4.3.3 *Mode opératoire*

##### 28.4.3.3.1 *Étalonnage*

Avant de pouvoir effectuer une mesure, il faut déterminer le signal résiduel et la sensibilité du fluxmètre thermique, en procédant comme suit :

- a) Régler l'appareillage à la température d'épreuve choisie;
- b) Insérer un serpentin chauffant dans le porte-échantillon. Remplir les compartiments échantillon et témoin de matière inerte (par exemple chlorure de sodium ou perles de verre pilées) en vérifiant que le serpentin chauffant est complètement recouvert. Placer les deux récipients dans l'appareil;

- c) Déterminer le signal résiduel (signal produit par l'enregistreur, le serpentin chauffant n'étant pas sous tension);
- d) Déterminer la sensibilité du fluxmètre thermique en utilisant deux ou trois valeurs différentes de puissance de chauffage situées dans la gamme escomptée de la production de chaleur de l'échantillon à soumettre à l'épreuve.

#### 28.4.3.3.2 Épreuve

Procéder comme suit :

- a) Régler l'appareillage à la température d'épreuve voulue;
- b) Introduire dans le porte-échantillon l'échantillon pesé et une quantité représentative de matériau d'emballage (s'il est métallique) et l'insérer dans l'appareil. La quantité d'échantillon doit suffire à donner un taux de production de chaleur de 5 mW à 1 500 mW par kg de matière;
- c) Commencer la mesure du taux de production de chaleur. Les résultats des 12 premières heures de l'épreuve ne sont pas à utiliser, cette période étant nécessaire pour atteindre l'équilibre thermique. La durée de chaque épreuve dépend de la température d'essai et du taux de production de chaleur. L'épreuve doit se prolonger d'au moins 24 heures après la période initiale de 12 heures, mais elle peut être interrompue si le taux de production de chaleur commence à fléchir ou s'il dépasse 1,5 W/kg;
- d) Au terme de chaque épreuve, il faut déterminer la variation de la masse de l'échantillon;
- e) L'épreuve est répétée avec de nouveaux échantillons à des intervalles de température de 5 °C de façon à obtenir sept résultats avec un taux de production maximal de chaleur situé entre 15 et 1 500 mW/kg.

#### 28.4.3.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

28.4.3.4.1 Calculer la sensibilité, S en (mW/mV), de l'appareil aux diverses puissances électriques utilisées dans l'opération d'étalonnage, au moyen de la formule suivante :

$$S = \frac{P}{U_d - U_b}$$

où :

- P = puissance électrique (mW)
- $U_d$  = signal fictif (mV)
- $U_b$  = signal résiduel (mV)

28.4.3.4.2 Ces valeurs et les données d'épreuve servent à calculer le taux maximal de production de chaleur, Q (mW/kg), aux différentes températures d'épreuve, selon la formule suivante :

$$Q = \frac{(U_s - U_b) \times S}{M}$$

où

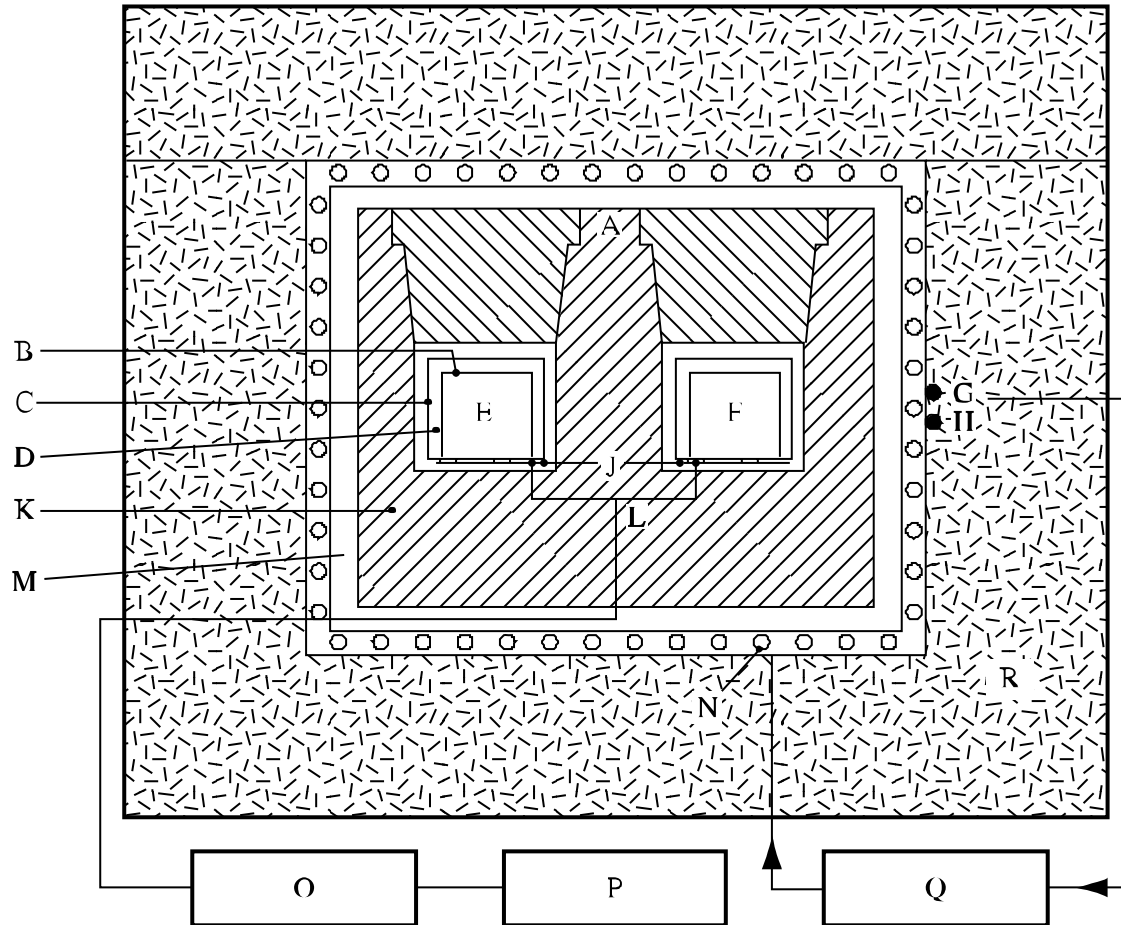
- $U_s$  = signal de l'échantillon (mV)
- M = masse (kg)

28.4.3.4.3 Reporter le taux maximal calculé de production de chaleur par unité de masse en fonction de la température d'épreuve sur un diagramme à échelles linéaires et tracer la courbe la mieux ajustée entre les points. Déterminer les pertes de chaleur par unité de masse L (mW/kg.°C) de l'emballage, du GRV ou de la citerne éprouvés (voir 28.3.5). Tracer sur le diagramme une ligne droite de pente L tangente à la courbe de

production de chaleur. L'intersection de la ligne droite et de l'axe des abscisses représente la température ambiante critique, soit la température la plus élevée à laquelle la matière telle qu'elle est emballée ne manifeste pas de décomposition auto-accélérée. La TDAA est donnée par la température ambiante critique arrondie au multiple de 5 °C le plus proche. Un exemple est donné à la figure 28.4.3.2.

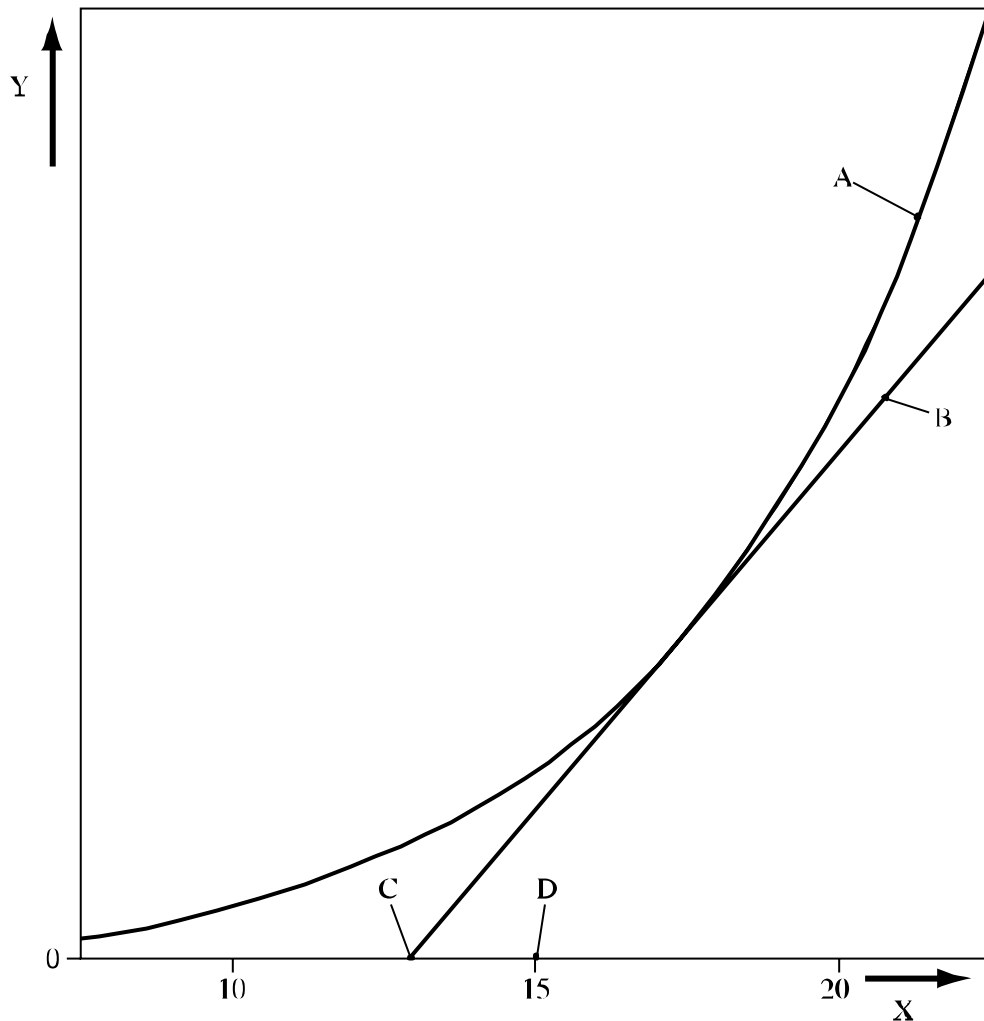
#### 28.4.3.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Masse (kg)</b>	<b>Emballage</b>	<b>Perte de chaleur par unité de masse (mW/kg.K)</b>	<b>TDAA (°C)</b>
Azodicarbonamide	30	1G	100	> 75
Chlorure double de zinc et de diéthoxy-2,5 morpholino-4 benzènediazonium (à 90 %)	25	1G	150	45
Tétrafluoroborate de diéthoxy-2,5 morpholino-4 benzènediazonium (à 97 %)	25	1G	15	55
Chlorure double de zinc et de diéthoxy-2,5 (phénylsulphonyl)-4 benzènediazonium, (à 67 %)	25	1G	15	50
Chlorure double de zinc et de (N,N-éthoxycarbonyl phénylamine)-2 méthoxy-3 (N-méthyl N-cyclohexylamine)-4 benzènediazonium (à 62 %)	25	1G	15	45
Tétrafluoroborate de méthyl-3 (pyrrolidinyl-1)-4 benzènediazonium (à 95 %)	25	1G	15	55
Peroxybenzoate de tert-butyle	25	6HG2	70	55
Peroxy-2-éthylhexanoate de tert-butyle	25	6HG2	70	40
Peroxyphthalate de tert-butyle	25	6HG2	70	25



- |   |  |
|---|--|
| (A) Thermomètre à résistance en platine | (B) Porte-échantillon  |
| (C) Récipient cylindrique               | (D) Couches d'air  |
| (E) Échantillon                         | (F) Matière inerte   |
| (G) Détecteur à résistance en platine   | (H) Détecteur à résistance en platine pour le réglage de la température pour la commande de sécurité |
| (J) Éléments Peltier                    | (K) Bloc d'aluminium   |
| (L) Circuit électrique                  | (M) Couche d'air   |
| (N) Fils chauffants                     | (O) Amplificateur  |
| (P) Enregistreur                        | (Q) Réglage de la température  |
| (R) Laine de verre                      |  |

**Figure 28.4.3.1 : INSTALLATION POUR L'ÉPREUVE DE STOCKAGE ISOTHERME**



- 
- (A) Courbe de production de chaleur
  - (B) Ligne droite dont l'inclinaison est égale au taux de perte de chaleur et qui est tangente à la courbe de production de chaleur
  - (C) Température ambiante critique (au point d'intersection de la ligne droite de perte de chaleur et de l'axe des abscisses)
  - (D) Température de décomposition auto-accélérée (TDAA) - température ambiante critique arrondie au multiple de 5 °C le plus proche.
  - (X) Température
  - (Y) Flux thermique (production ou perte de chaleur) par unité de masse
- 

**Figure 28.4.3.2 : EXEMPLE DE DÉTERMINATION DE LA TDAA**

## **28.4.4 Épreuve H.4 : Épreuve de stockage avec accumulation de chaleur**

### 28.4.4.1 Introduction

28.4.4.1.1 Cette méthode vise à déterminer la température constante minimale de l'air ambiant à laquelle des matières instables subissent une décomposition isotherme dans des conditions d'épreuve représentatives de la matière telle qu'elle est emballée pour le transport. La méthode repose sur la théorie de l'explosion sous l'effet de la chaleur de Semenov, c'est-à-dire que l'on considère que la résistance principale aux flux thermiques se trouve aux parois du récipient. La méthode peut être utilisée pour déterminer la TDAA d'une matière dans son emballage, y compris les GRV et les petites citernes (jusqu'à 2 m<sup>3</sup>).

28.4.4.1.2 L'efficacité de cette méthode dépend du choix d'un vase de Dewar tel qu'il présente des caractéristiques de perte de chaleur par unité de masse semblables à celles du colis préparé pour le transport.

### 28.4.4.2 Appareillage et matériels

28.4.4.2.1 L'appareillage d'épreuve comporte une chambre d'épreuve appropriée, des vases de Dewar répondant aux critères énoncés avec des dispositifs de fermeture, des sondes thermiques et un matériel de mesure.

28.4.4.2.2 ***L'épreuve doit être exécutée dans une chambre d'épreuve capable de résister au feu et à la surpression et qui doit de préférence être équipée d'un mécanisme de décompression, par exemple sous forme d'évent d'explosion.*** Le système d'enregistrement doit être installé dans une zone d'observation distincte.

28.4.4.2.3 Pour les épreuves exécutées jusqu'à des températures de 75 °C, on utilise une enceinte métallique à doubles parois (ayant environ un diamètre intérieur de 250 mm, un diamètre extérieur de 320 mm et une hauteur de 480 mm et fabriquée en tôles d'acier inoxydable de 1,5 à 2,0 mm d'épaisseur), la température voulue étant obtenue par circulation de fluide, provenant d'un bain thermostaté entre les parois. L'enceinte d'épreuve est fermée au moyen d'un couvercle isolant non hermétique (fabriqué par exemple en polychlorure de vinyle de 10 mm d'épaisseur). La température de l'air dans l'étuve doit être réglée de manière telle que la température voulue d'un échantillon liquide inerte contenu dans le vase de Dewar puisse être maintenue à  $\pm 1$  °C pendant 10 jours au maximum.

28.4.4.2.4 Une autre solution peut consister, en particulier pour les épreuves exécutées à des températures supérieures à 75 °C, à utiliser une étuve à thermostat (qui peut être ventilée), suffisamment grande pour permettre à l'air de circuler tout autour du vase de Dewar. La température de l'air dans l'étuve doit être réglée de manière telle que la température voulue d'un échantillon liquide inerte contenu dans le vase de Dewar puisse être maintenue à  $\pm 1$  °C pendant 10 jours au maximum. La température de l'air dans l'étuve doit être mesurée et enregistrée. Il est recommandé de munir la porte de l'étuve d'une fermeture magnétique ou de la remplacer par un couvercle isolant non hermétique. L'étuve peut être protégée par un revêtement en acier et le vase de Dewar placé dans une cage en toile métallique.

28.4.4.2.5 Pour les épreuves réalisées à des températures inférieures à la température ambiante, on peut utiliser une chambre à parois doubles (par exemple un congélateur) d'une taille convenable, munie d'une porte ou d'un couvercle non hermétiques (par exemple, avec fermeture magnétique). La température de l'air dans la chambre doit être maintenue à  $\pm 1$  °C de la température voulue.

28.4.4.2.6 Les vases de Dewar utilisés, y compris leur système de fermeture, doivent avoir des caractéristiques de perte de chaleur représentatives de la taille maximale de l'emballage présenté au transport. La fermeture du vase de Dewar doit être inerte. Pour les matières solides en particulier, des bondes en liège ou en caoutchouc peuvent être utilisées. Un système de fermeture pouvant être utilisé avec des liquides faiblement ou moyennement volatils est illustré à la figure 28.4.4.1. Les échantillons qui sont hautement volatils à la température d'épreuve doivent être mis à l'essai dans un récipient métallique résistant à la pression et muni d'une soupape de décompression. Le récipient sous pression est placé dans le vase de Dewar et on tient compte de sa capacité calorifique lors des calculs.

28.4.4.2.7 Les caractéristiques de perte de chaleur du système utilisé, à savoir le vase de Dewar et son système de fermeture, doivent être établies (voir 28.3.6) avant l'exécution de l'épreuve. Étant donné que le dispositif de fermeture a un effet décisif sur les caractéristiques de perte de chaleur, celles-ci peuvent être ajustées dans une certaine mesure en modifiant le dispositif de fermeture. Afin d'atteindre le niveau requis de sensibilité, les vases de Dewar dont la capacité d'échantillonnage est inférieure à 0,5 litre ne doivent pas être utilisés.

28.4.4.2.8 Les vases de Dewar, contenant 400 ml de matière, et avec une perte de chaleur de 80 à 100 mW/kg.K conviennent normalement pour représenter un colis de 50 kg. Pour les colis de plus grande taille, les GRV ou les petites citernes, des vases de Dewar de plus grandes dimensions avec une plus faible perte de chaleur par unité de masse doivent être utilisés. Par exemple, les vases de Dewar sphériques d'une contenance d'un litre dont les caractéristiques de perte de chaleur sont de l'ordre de 16 à 34 mW/kg.K peuvent convenir pour les GRV et les petites citernes.

#### 28.4.4.3 *Mode opératoire*

28.4.4.3.1 Porter la chambre d'épreuve à la température de stockage voulue. Remplir à 80 % le vase de Dewar de la matière à éprouver et noter la masse de l'échantillon. Les matières solides doivent être modérément comprimées. Insérer la sonde à température au centre de l'échantillon. Sceller le couvercle du vase de Dewar et insérer ce dernier dans la chambre d'épreuve, brancher le dispositif d'enregistrement de la température et fermer la chambre d'épreuve.

28.4.4.3.2 L'échantillon est chauffé et les températures de l'échantillon et de la chambre d'épreuve sont régulées en continu. Noter l'heure à laquelle la température de l'échantillon est de 2 °C inférieure à celle de la chambre d'épreuve. Continuer l'épreuve pendant sept jours ou jusqu'à ce que la température de l'échantillon dépasse de 6 °C ou plus la température de la chambre d'épreuve si cela arrive plus tôt. Noter le temps écoulé entre le moment où la température de l'échantillon atteint une température de 2 °C inférieure à celle de la chambre d'épreuve et celui où il atteint sa température maximale.

28.4.4.3.3 Si l'échantillon n'est pas détruit lors de l'épreuve, le refroidir, le retirer de la chambre d'épreuve et l'éliminer dans les meilleurs délais. On peut déterminer la perte de masse en pourcentage et les changements de la composition.

28.4.4.3.4 Répéter l'épreuve de stockage avec un nouvel échantillon, en faisant varier la température de stockage par intervalles de 5 °C. Si la matière est soumise à l'épreuve pour savoir si elle nécessite une température de régulation, exécuter suffisamment d'essais pour connaître la TDAA au multiple de 5 °C le plus proche ou pour montrer si la TDAA est égale ou supérieure à 60 °C. Quand l'épreuve vise à établir si la matière répond au critère TDAA de matière autoréactive, effectuer suffisamment d'essais pour déterminer si la TDAA pour un colis de 50 kg est égale ou inférieure à 75 °C.

#### 28.4.4.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

28.4.4.4.1 La TDAA est considérée comme température la moins élevée à laquelle l'échantillon subit une décomposition auto-accélérée et dépasse la température de la chambre d'épreuve d'au moins 6 °C. Si la température de l'échantillon ne dépasse dans aucune épreuve la température de la chambre d'épreuve d'au moins 6 °C, la TDAA est considérée comme supérieure à la température de stockage la plus élevée utilisée.

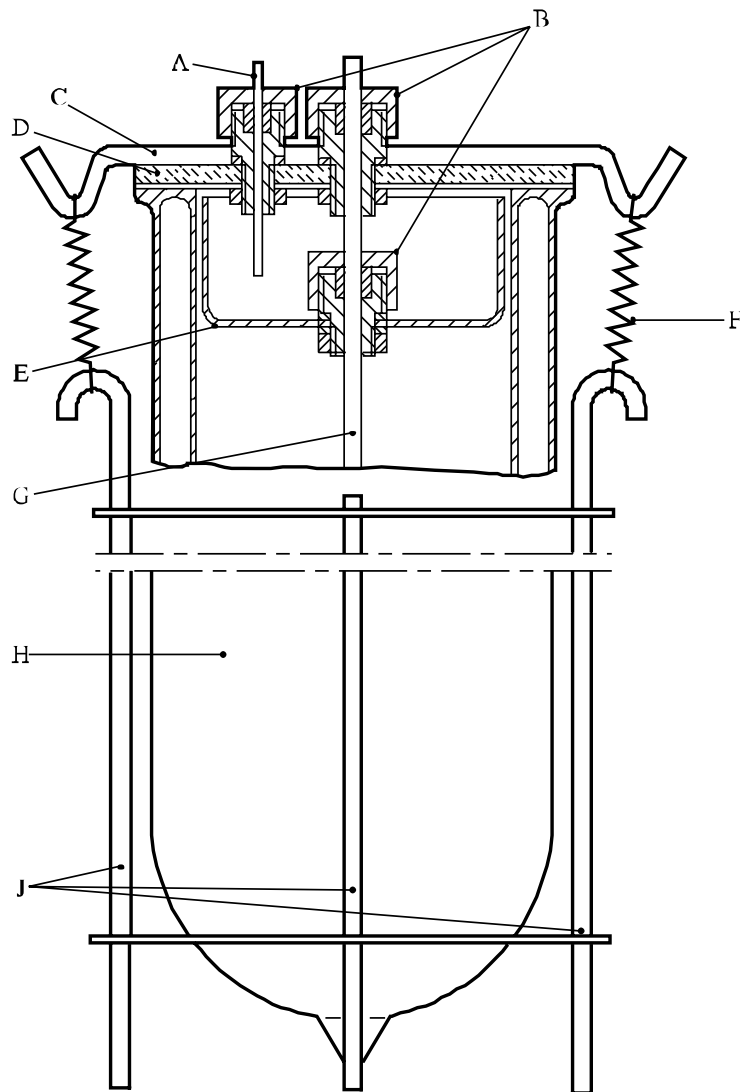


## 28.4.4.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Masse de l'échantillon (kg)</b>	<b>Perte de chaleur du Dewar (mW/kg.K)</b>	<b>TDAA (°C)</b>
Acide peroxyacétique, à 15 % avec 14 % de peroxyde d'hydrogène (type F)	1,00	33	>50 <sup>a</sup>
Azodicarbonamide	0,28	74	>75
Azodicarbonamide à 90 %, avec 10 % d'activateur	0,21	70	55
Azo-2,2' bis (isobutyronitrile)	0,18	62	50
Benzènedisulfonhydrazide-1,3, à 50 %	0,52	81	70
Bis (tert-butylperoxy)-2,2 butane à 50 %	0,31	88	80
Chlorure double de zinc et de diéthoxy-2,5 morpholino-4-benzènediazonium	0,25	58	45
Hydroperoxyde de tert-butyle, à 80 % avec 12 % de peroxyde de di-tert-butyle	0,30	72	100 <sup>b</sup>
Peroxyneodécanoate de tert-butyle, à 40 %	0,42	65	25
Peroxyde de dibenzoyle, à 50 %	0,25	91	60
Peroxydicarbonate de bis (tert-butyl-4 cyclohexyle)	0,19	79	45
Peroxydicarbonate de bis (éthyl-2 hexyle)	0,39	64	0
Peroxydicarbonate de diisotridécyle	0,38	80	10
Triméthyl-3,5,5 peroxyhexanoate de tert-butyle	0,38	79	60

<sup>a</sup> Dans un vase de Dewar de un litre de forme sphérique.

<sup>b</sup> Dans un récipient sous pression placé dans un vase de Dewar de 2 litres.



---

(A)	Tube capillaire en PTFE	(B)	Raccord vissant (en PTFE ou aluminium) avec joint torique d'étanchéité
(C)	Étrier en métal	(D)	Couvercle en verre
(E)	Base récipient (en verre)	(F)	Ressort
(G)	Tube protecteur en verre	(H)	Vase de Dewar
(J)	Dispositif de retenue (en acier)		

---

**Figure 28.4.4.1 : VASE DE DEWAR À FERMETURE POUR LES ÉPREUVES SUR LES LIQUIDES ET LES MATIÈRES SOLIDES MOUILLÉES À L'EAU**

## **TROISIÈME PARTIE**

### **PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX CLASSE 2, CLASSE 3, CLASSE 4, DIVISION 5.1, CLASSE 8 ET CLASSE 9**



## TABLE DES MATIÈRES DE LA TROISIÈME PARTIE

**NOTA 1 :** Dans la liste qui suit, le pays ou l'organisme d'origine de chaque méthode d'épreuves est indiqué entre parenthèse après le nom de celle-ci.

**2 :** Toutes les méthodes d'épreuves de la troisième partie du Manuel sont des épreuves recommandées étant donné qu'une seule méthode d'épreuve a été retenue pour chaque propriété dangereuse.

<u>Section</u>	<u>Page</u>
<b>30. INTRODUCTION À LA TROISIÈME PARTIE</b> .....	337
30.1 OBJET .....	337
30.2 DOMAINE D'APPLICATION .....	337
 <b>31. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX AÉROSOLS INFLAMMABLES DE LA CLASSE 2</b> .....	 339
31.1 OBJET .....	339
31.2 DOMAINE D'APPLICATION .....	339
31.3 PROCÉDURES DE CLASSEMENT DES AÉROSOLS INFLAMMABLES .....	340
31.4 ÉPREUVE D'INFLAMMATION A DISTANCE POUR LES AÉROSOLS VAPORISÉS .....	344
31.5 ÉPREUVE D'INFLAMMATION DANS UN ESPACE CLOS .....	348
31.6 ÉPREUVE D'INFLAMMATION DES MOUSSES AÉROSOLS .....	352
 <b>32. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES EXPLOSIBLES DÉSENSIBILISÉES LIQUIDES ET AUX LIQUIDES INFLAMMABLES DE LA CLASSE 3</b> .....	 355
32.1 OBJET .....	355
32.2 DOMAINE D'APPLICATION .....	355
32.3 PROCÉDURES DE CLASSEMENT .....	355
32.4 MÉTHODES D'ÉPREUVE UTILISÉES POUR DÉTERMINER LE POINT D'ÉCLAIR ET LA VISCOSITÉ .....	358
32.5 MÉTHODES D'ÉPREUVE POUR DÉTERMINER LA SÉPARATION DU SOLVANT ET LA COMBUSTION ENTRETENUE .....	360
32.5.1 Épreuve L.1 : Épreuve de séparation du solvant (ONU) .....	360
32.5.2 Épreuve L.2 : Épreuve de combustion entretenue (ONU) .....	360
32.6 MÉTHODES D'ÉPREUVE UTILISÉES POUR DÉTERMINER LE POINT INITIAL D'ÉBULLITION .....	365

**TABLE DES MATIÈRES DE LA TROISIÈME PARTIE**  
(suite)

<u>Section</u>	<u>Page</u>
<b>33. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS À LA CLASSE 4</b> .....	367
33.1 Introduction.....	367
33.2 <b>DIVISION 4.1</b> .....	367
33.2.1 MATIÈRES SOLIDES INFLAMMABLES.....	367
33.2.1.1 Objet.....	367
33.2.1.2 Domaine d'application.....	367
33.2.1.3 Procédure de classement pour les matières solides facilement inflammables.....	367
33.2.1.4 Épreuve N.1 : Méthode d'épreuve pour les matières solides facilement inflammables (ONU).....	369
33.2.2 (Réservé).....	372
33.2.3 MATIÈRES EXPLOSIBLES DÉSENSIBILISÉES SOLIDES DE LA DIVISION 4.1.....	372
33.3 <b>DIVISION 4.2</b> .....	373
33.3.1 MATIÈRES SPONTANÉMENT INFLAMMABLES.....	373
33.3.1.1 Objet.....	373
33.3.1.2 Domaine d'application.....	373
33.3.1.3 Procédure de classement pour les matières sujettes à l'inflammation spontanée.....	373
33.3.1.4 Épreuve N.2 : Méthode d'épreuve pour les matières solides pyrophoriques (ONU).....	376
33.3.1.5 Épreuve N.3 : Méthode d'épreuve pour les liquides pyrophoriques (ONU).....	377
33.3.1.6 Épreuve N.4 : Méthode d'épreuve pour les matières auto-échauffantes (ONU).....	378
33.4 <b>DIVISION 4.3</b> .....	381
33.4.1 MATIÈRES QUI, AU CONTACT DE L'EAU, DÉGAGENT DES GAZ INFLAMMABLES.....	381
33.4.1.1 Objet.....	381
33.4.1.2 Domaine d'application.....	381
33.4.1.3 Procédure de classement pour les matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables.....	381
33.4.1.4 Épreuve N.5 : Méthode d'épreuve pour les matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables (ONU).....	381
<b>34. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES COMBURANTES DE LA DIVISION 5.1</b> .....	385
34.1 OBJET.....	385
34.2 DOMAINE D'APPLICATION.....	385
34.3 PROCÉDURE DE CLASSEMENT.....	385
34.4 Méthodes d'épreuve pour les matières comburantes.....	386
34.4.1 Épreuve O.1 : Épreuve pour les matières comburantes solides (ONU).....	386
34.4.2 Épreuve O.2 : Épreuve pour les liquides comburants (ONU).....	390

**TABLE DES MATIÈRES DE LA TROISIÈME PARTIE**  
**(suite)**

<u>Section</u>	<u>Page</u>
35. Réservée pour les procédures de classement, les méthodes d'épreuve et les critères relatifs à la classe 6 .....	397
36. Réservée pour les procédures de classement, les méthodes d'épreuve et les critères relatifs à la classe 7 .....	399
<b>37. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES DE LA CLASSE 8</b> .....	<b>401</b>
37.1 OBJET.....	401
37.2 DOMAINE D'APPLICATION .....	401
37.3 PROCÉDURE DE CLASSEMENT .....	401
37.4 MÉTHODE D'ÉPREUVE DE CORROSIVITÉ DES MÉTAUX .....	401
37.4.1 Introduction.....	401
37.4.1.1 Épreuve C.1 : Épreuve de détermination des propriétés corrosives des liquides et des solides qui peuvent se liquéfier au cours du transport en tant que marchandises dangereuses de la classe 8, groupe d'emballage III .....	401
<b>38. PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS À LA CLASSE 9</b> .....	<b>405</b>
38.1 INTRODUCTION .....	405
38.2 ENGRAIS AU NITRATE D'AMMONIUM SUJETS À UNE DÉCOMPOSITION AUTONOME.....	405
38.2.1 Objet.....	405
38.2.2 Domaine d'application .....	405
38.2.3 Procédure de classement .....	405
38.2.4 Épreuve S.1 : Épreuve de décomposition en gouttière visant à déterminer la tendance à la décomposition autonome exothermique d'engrais contenant des nitrates (ONU).....	406
38.3 PILES AU LITHIUM MÉTAL ET PILES AU LITHIUM IONIQUE.....	410
38.3.1 Objet.....	410
38.3.2 Domaine d'application .....	410
38.3.4 Mode opératoire .....	414
38.3.4.1 Épreuve T.1 : Simulation d'altitude .....	414
38.3.4.2 Épreuve T.2 : Épreuve thermique .....	414
38.3.4.3 Épreuve T.3 : Vibrations.....	415
38.3.4.4 Épreuve T.4 : Choc .....	415
38.3.4.5 Épreuve T.5 : Court-circuit externe .....	416
38.3.4.6 Épreuve T.6 : Impact.....	416
38.3.4.7 Épreuve T.7 : Surcharge .....	417
38.3.4.8 Épreuve T.8 : Décharge forcée .....	417





## SECTION 30

### INTRODUCTION À LA TROISIÈME PARTIE

#### 30.1 **Objet**

30.1.1 La troisième partie du Manuel d'épreuves et de critères présente le système ONU de classement des types de matières et d'objets suivants :

- a) aérosols inflammables (voir section 31 du présent Manuel et disposition spéciale 63 du chapitre 3.3 du Règlement type);
- b) liquides inflammables et matières explosibles désensibilisées liquides de la classe 3 (voir la section 32 du présent Manuel et le chapitre 2.3 du Règlement type);
- c) matières solides facilement inflammables et matières explosibles désensibilisées solides de la division 4.1 (voir la sous-section 33.2 du présent Manuel et le chapitre 2.4 du Règlement type);
- d) matières pyrophoriques et matières auto-échauffantes de la division 4.2 (voir la sous-section 33.3 du présent Manuel et le chapitre 2.4 du Règlement type);
- e) matières de la division 4.3 qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables (voir la sous-section 33.4 du présent Manuel et le chapitre 2.4 du Règlement type);
- f) matières comburantes de la division 5.1 (voir la section 34 du présent Manuel et le chapitre 2.5 du Règlement type);
- g) propriétés corrosives des matières de la classe 8 (voir la section 37 du présent Manuel et le chapitre 2.8 du Règlement type);
- h) engrais au nitrate d'ammonium sujets à une décomposition autonome de la classe 9 (voir la sous-section 38.2 du présent Manuel);
- i) piles et batteries au lithium de la classe 9 (voir la sous-section 38.3 du présent Manuel).

30.1.2 La troisième partie contient quelques procédures de classement, méthodes d'épreuve et critères qui figurent également dans le Règlement type. Les sections 35 et 36 sont réservées, en vue d'une expansion future éventuelle concernant les classes 6 et 7 respectivement.

#### 30.2 **Domaine d'application**

La procédure de classement appropriée doit être entreprise avant qu'un nouveau produit soit présenté au transport. Le fabricant ou tout autre demandeur de classement d'un nouveau produit doit fournir ce qui suit :

- a) Des renseignements appropriés concernant les noms et les caractéristiques de la matière ou de l'objet;
- b) Les résultats de toutes les épreuves pertinentes qui ont été effectuées;
- c) Le classement proposé assorti des dispositions éventuelles de risque subsidiaire.



## SECTION 31

### PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX AÉROSOLS INFLAMMABLES DE LA CLASSE 2

#### 31.1 Objet

31.1.1 La présente section présente le système ONU de classement des aérosols inflammables. Le texte doit être utilisé conjointement avec les principes de classement énoncés aux chapitres 2.2 et 3.3 (disposition spéciale 63) du Règlement type, les diagrammes de décision reproduits dans les figures 31.1, 31.2 et 31.3 et les méthodes d'épreuve décrites aux sous-sections 31.4, 31.5 et 31.6 du présent Manuel.

31.1.2 Les procédures d'épreuve décrites dans le présent document permettent d'évaluer de façon satisfaisante le danger relatif que représentent les aérosols inflammables, ce qui permet de procéder à un classement approprié.

31.1.3 Aux fins de la présente section, on entend par:

*Aérosols ou générateurs d'aérosols*, des récipients non rechargeables répondant aux prescriptions de la section 6.2.4 du Règlement type, faits de métal, de verre ou de matière plastique, contenant un gaz comprimé, liquéfié ou dissous sous pression, avec ou non un liquide, une pâte ou une poudre, et munis d'un dispositif de prélèvement permettant d'expulser le contenu en particules solides ou liquides en suspension dans un gaz, ou sous la forme de mousse, de pâte ou de poudre, ou encore à l'état liquide ou gazeux;

*Composants inflammables*, des liquides inflammables, solides inflammables, ou gaz ou mélanges de gaz inflammables. Cette désignation ne comprend pas les matières pyrophoriques, les matières auto-échauffantes et les matières qui réagissent au contact de l'eau.

**NOTA 1:** Par *liquide inflammable*, on entend un liquide ayant un point d'éclair d'au plus 93 °C. Les méthodes d'épreuve pour déterminer le point d'éclair sont énoncées à la sous-section 32.4 du présent Manuel.

**2:** Pour la définition de *solides inflammables* voir le paragraphe 2.4.2.2 du Règlement type. Les procédures de classement, méthodes d'épreuve et critères relatifs aux solides inflammables de la division 4.1 sont énoncés à la sous-section 33.2 du présent Manuel.

**3:** Par *gaz inflammable* on entend un gaz ayant un domaine d'inflammabilité en mélange avec l'air à 20 °C et à la pression normale (101,3 kPa).

#### 31.2 Domaine d'application

31.2.1 Les aérosols présentés au transport doivent être soumis aux épreuves de classement énoncées au chapitre 3.3 (disposition spéciale 63) du Règlement type, et, en ce qui concerne l'inflammabilité, devraient être soumis à la procédure de classement de la présente section. La procédure de classement doit être appliquée avant que le nouveau produit ne soit présenté au transport.

**NOTA :** Les *générateurs d'aérosols* qui ne sont pas soumis aux procédures de classement de la présente sous-section doivent être classés comme *extrêmement inflammables*.

### 31.3 Procédure de classement des aérosols inflammables

31.3.1 Les aérosols doivent être classés comme inflammables ou extrêmement inflammables sur la base de la valeur de la chaleur chimique de combustion et de leur contenu en composants inflammables, comme suit:

- a) Un aérosol est classé comme extrêmement inflammable s'il contient au moins 85 % de composants inflammables et si la chaleur chimique de combustion est égale ou supérieure à 30 kJ/g;
- b) Un aérosol est classé comme ininflammable s'il contient au plus 1 % de composants inflammables et si la chaleur chimique de combustion est inférieure à 20 kJ/g.

31.3.2 Dans le cas des aérosols vaporisés la classification doit être faite sur la base de la valeur de la chaleur chimique de combustion et des résultats de l'épreuve d'inflammation à distance, comme suit:

- a) Si la chaleur chimique de combustion est inférieure à 20 kJ/g:
  - i) L'aérosol est classé comme inflammable si l'inflammation se produit à une distance égale ou supérieure à 15 cm mais inférieure à 75 cm;
  - ii) L'aérosol est classé comme extrêmement inflammable si l'inflammation se produit à une distance égale ou supérieure à 75 cm;
  - iii) Si aucune inflammation ne se produit, il faut recourir à l'épreuve d'inflammation dans un espace clos et dans ce cas, l'aérosol est classé comme inflammable si le temps d'inflammation est inférieur ou égal à 300 s/m<sup>3</sup> ou si la densité de déflagration est inférieure ou égale à 300 g/m<sup>3</sup>; dans le cas contraire, l'aérosol est classé comme ininflammable;
- b) Si la chaleur effective de combustion est égale ou supérieure à 20 kJ/g, l'aérosol est classé comme extrêmement inflammable si l'inflammation se produit à une distance égale ou supérieure à 75 cm; dans le cas contraire, l'aérosol est classé comme inflammable.

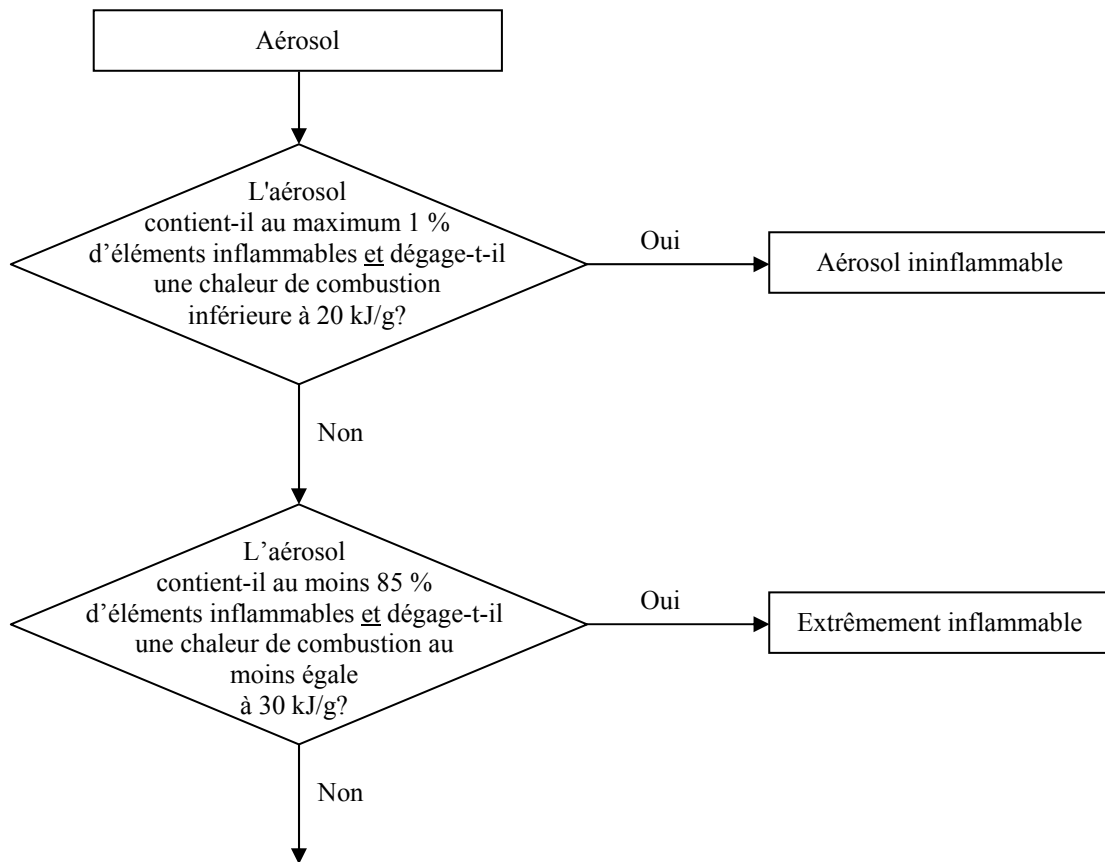
31.3.3 La chaleur chimique de combustion doit être déterminée conformément à une des méthodes décrites dans les normes suivantes: ASTM D 240, ISO/FDIS 13943:1999 (E/F) 86.1 à 86.3 et NFPA 30B.

31.3.4 Dans le cas des mousses d'aérosols, la classification doit être faite sur la base des résultats de l'épreuve d'inflammation des mousses d'aérosol (voir sous-section 31.6 du présent Manuel).

- a) L'aérosol doit être classé comme extrêmement inflammable:
  - i) Si la flamme a une hauteur égale ou supérieure à 20 cm et si sa durée est égale ou supérieure à 2 s; ou
  - ii) Si la flamme a une hauteur égale ou supérieure à 4 cm et si sa durée est égale ou supérieure à 7 s;
- b) Les aérosols qui ne satisfont pas à la condition a) sont classés comme inflammables si la flamme a une hauteur égale ou supérieure à 4 cm et si sa durée est égale ou supérieure à 2 secondes.

31.3.5 Les critères de classement pour les aérosols, les aérosols vaporisés et les mousses d'aérosols sont résumés dans les diagrammes de décision reproduits dans les figures 31.1, 31.2 et 31.3 respectivement.

**Figure 31.1 : PROCÉDURE GÉNÉRALE DE CLASSEMENT  
DES AÉROSOLS INFLAMMABLES**



Pour les aérosols vaporisés, passer à la Figure 31.2.  
Pour les mousses d'aérosols, passer à la Figure 31.3.

Figure 31.2 : PROCÉDURE POUR LE CLASSEMENT DES AÉROSOLS VAPORISÉS

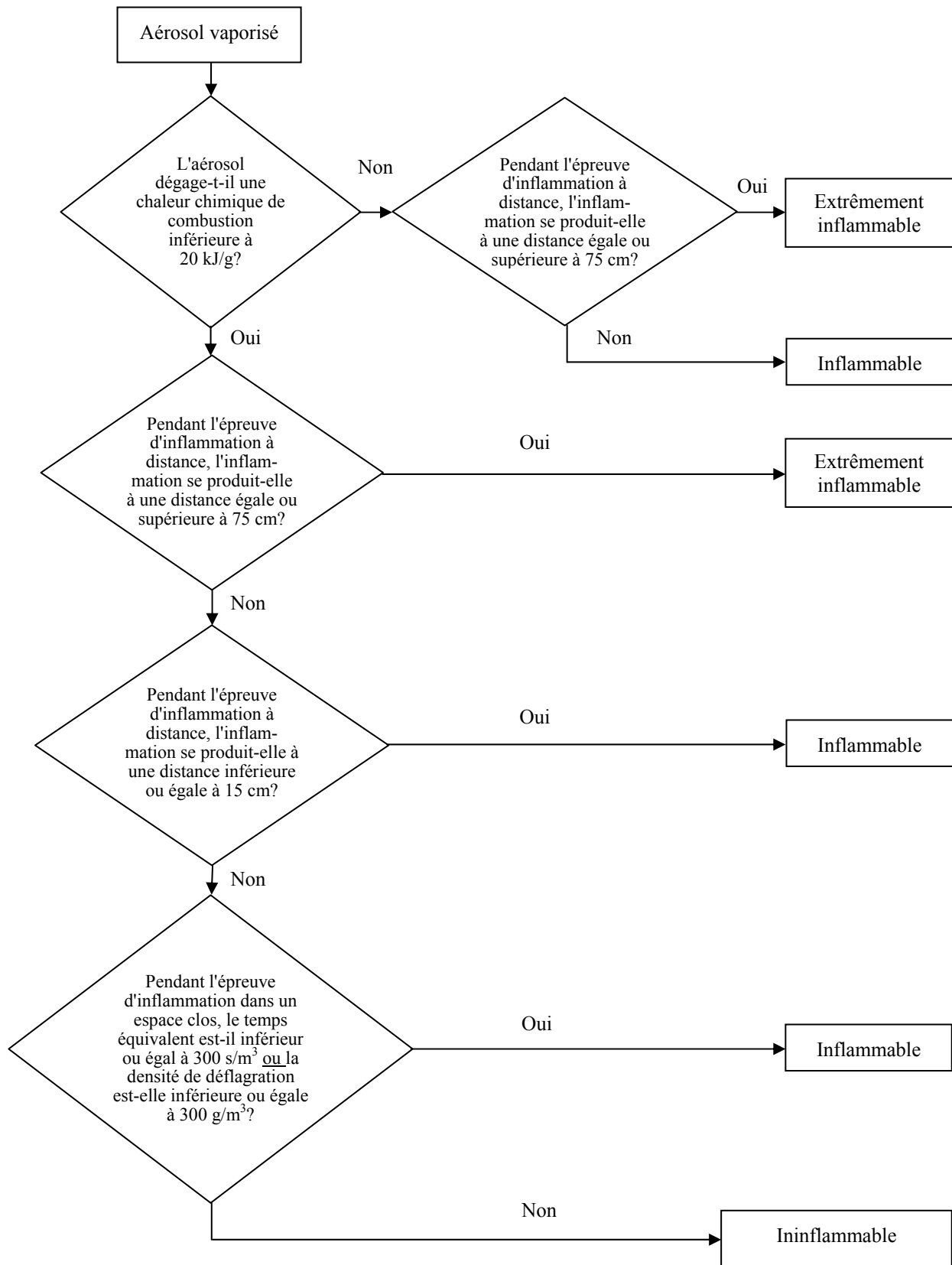
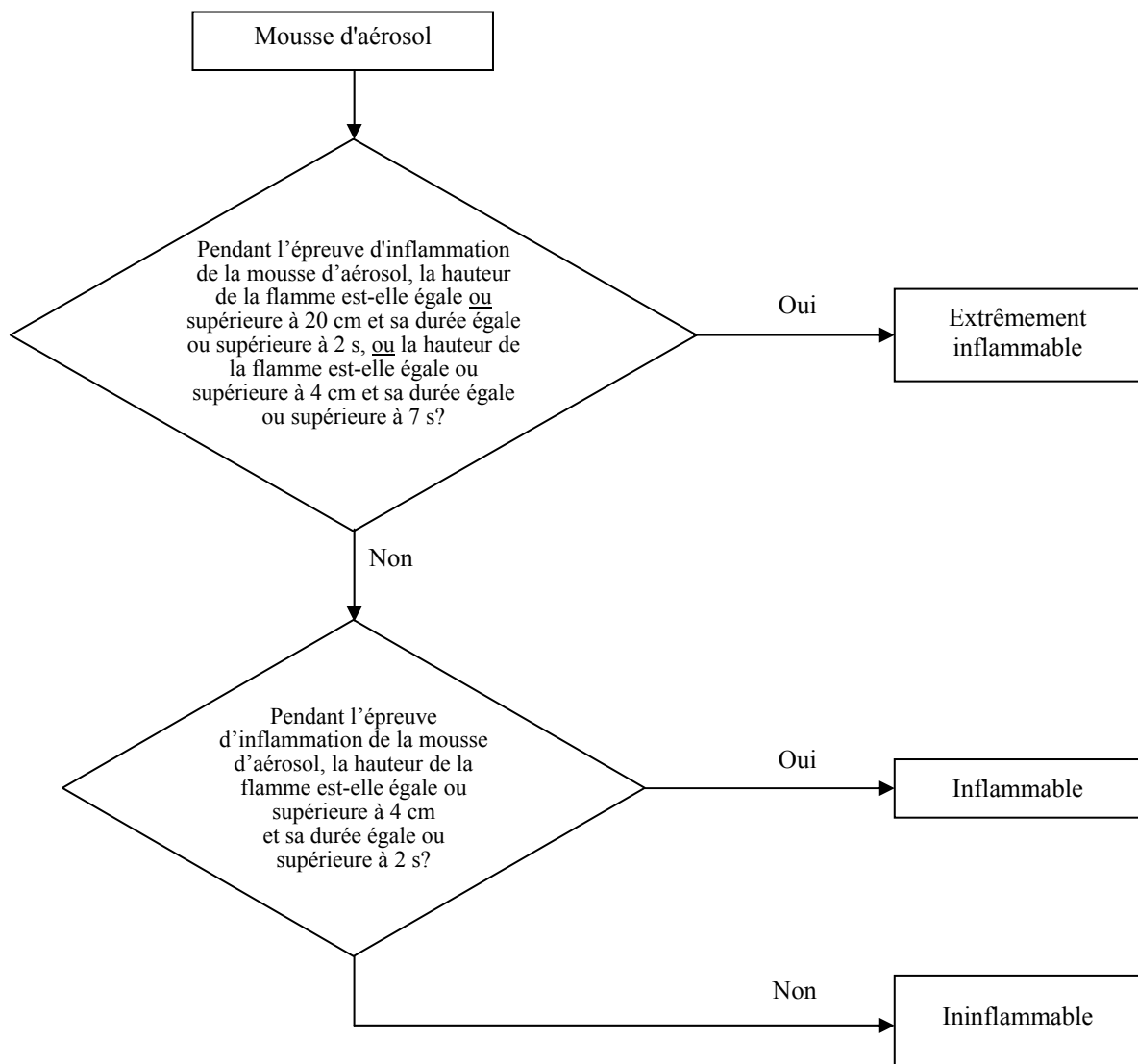


Figure 31.3 : PROCÉDURE POUR LE CLASSEMENT DES MOUSSES D'AÉROSOLS



## **31.4 Épreuve d'inflammation à distance pour les aérosols vaporisés**

### **31.4.1 Introduction**

31.4.1.1 Cette épreuve sert à déterminer la distance d'inflammation d'un aérosol vaporisé afin de définir son inflammabilité. L'aérosol est vaporisé en direction d'une source d'inflammation, de 15 cm en 15 cm, pour voir s'il fait l'objet d'une inflammation et d'une combustion entretenue. Par "inflammation et combustion entretenue", on entend le maintien d'une flamme stable pendant au moins 5 s. Par "source d'inflammation" on entend un bec Bunsen produisant une flamme bleue, non lumineuse, de 4 à 5 cm de haut.

31.4.1.2 La présente épreuve vise les générateurs d'aérosol ayant une portée égale ou supérieure à 15 cm. Les générateurs d'aérosol ayant une portée inférieure à 15 cm, c'est-à-dire ceux contenant une mousse, un gel ou une pâte, ou encore ceux munis d'un doseur ne sont pas visés par la présente épreuve. Les générateurs d'aérosol contenant une mousse, un gel ou une pâte doivent être soumis à l'épreuve d'inflammation des mousses d'aérosol.

### **31.4.2 Appareillage et matériel**

31.4.2.1 L'appareillage suivant est nécessaire:

Bain d'eau maintenu à 20 °C	(précision: ± 1 °C)
Balance de laboratoire étalonnée	(précision: ± 0,1 g)
Chronomètre	(précision: ± 0,2 s)
Échelle graduée, avec support et pince	(graduée en cm)
Bec Bunsen avec support et pince	
Thermomètre	(précision: ± 1 °C)
Hygromètre	(précision: ± 5 %)
Baromètre	(précision: ± 0,1 bar)

### **31.4.3 Procédure**

#### **31.4.3.1 Prescriptions générales**

31.4.3.1.1 Avant l'épreuve, chaque générateur d'aérosol doit être conditionné puis amorcé par pulvérisation pendant environ une seconde afin de chasser toute matière non homogène contenue dans le tube plongeur.

31.4.3.1.2 Les consignes doivent être strictement appliquées y compris quand le générateur d'aérosol est prévu pour être utilisé debout ou la tête en bas. Si le générateur d'aérosol doit être secoué, ceci doit se faire immédiatement avant l'épreuve.

31.4.3.1.3 L'épreuve doit être effectuée dans un local à l'abri des courants d'air mais pouvant être aéré, à une température de  $20 \pm 5$  °C et une humidité relative comprise entre 30 et 80 %.

31.4.3.1.4 Chaque générateur d'aérosol doit subir:

- Lorsqu'il est plein, la totalité des épreuves, le bec Bunsen étant placé à une distance comprise entre 15 et 90 cm de la valve du générateur d'aérosol;
- Lorsqu'il contient 10 à 12 % de sa masse nominale, une seule épreuve, le bec Bunsen étant placé soit à 15 cm de la valve si le générateur d'aérosol plein ne s'était pas enflammé, soit à la distance d'inflammation d'un générateur plein, augmentée de 15 cm.

31.4.3.1.5 Pendant l'épreuve, le générateur d'aérosol doit être placé dans la position indiquée dans les consignes. La source d'inflammation doit être positionnée en conséquence.



31.4.3.1.6 La procédure ci-dessous prévoit la vaporisation, de 15 cm en 15 cm, entre la flamme du bec Bunsen et la valve du générateur d'aérosol, dans une fourchette comprise entre 15 et 90 cm. Il est conseillé de commencer à une distance de 60 cm entre la flamme et la valve du générateur d'aérosol. Cette distance doit ensuite être augmentée de 15 cm en cas d'inflammation à 60 cm. En revanche, elle doit être diminuée de 15 cm en cas de non-inflammation à 60 cm. La procédure vise à déterminer la distance maximale séparant la valve du générateur d'aérosol de la flamme du bec Bunsen, qui entraîne une combustion soutenue de l'aérosol ou à déterminer que l'inflammation ne serait pas possible si la flamme et la valve n'étaient séparées que de 15 cm.

31.4.3.2 *Procédure d'épreuve*

- a) Au moins trois générateurs d'aérosol pleins par produit doivent être conditionnés à une température de  $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ , et plongés à 95 % dans de l'eau, au moins pendant 30 min avant chaque épreuve (en cas d'immersion totale, 30 min suffisent);
- b) Suivre les prescriptions générales. Enregistrer la température et l'humidité relatives de la pièce;
- c) Peser un générateur d'aérosol et noter sa masse;
- d) Calculer la pression interne et le débit initial à une température de  $20^{\circ} \pm 1\text{ °C}$  (afin d'éliminer les générateurs d'aérosol mal ou partiellement remplis);
- e) Placer le bec Bunsen sur une surface horizontale et plane ou le fixer à un support au moyen d'une pince;
- f) Allumer le bec Bunsen de façon à obtenir une flamme non lumineuse d'environ 4 à 5 cm de haut;
- g) Placer l'orifice de la valve du générateur d'aérosol à la distance requise de la flamme. Le générateur d'aérosol doit être placé dans la position dans laquelle il est censé être utilisé, par exemple debout ou la tête en bas;
- h) Mettre au même niveau l'orifice de la valve et la flamme du bec Bunsen, en s'assurant que l'orifice est bien dirigé vers la flamme (voir figure 31.4.1). L'aérosol doit être expulsé dans la moitié supérieure de la flamme;
- i) Respecter les prescriptions générales en ce qui concerne la façon dont le générateur d'aérosol doit être secoué;
- j) Actionner la valve du générateur d'aérosol de façon à obtenir une pulvérisation pendant 5 s, sauf si l'aérosol s'enflamme. Si tel est le cas, continuer à pulvériser l'aérosol et maintenir la flamme pendant 5 s, à compter du moment de l'inflammation;
- k) Noter si l'inflammation s'est produite aux différentes distances entre le bec Bunsen et le générateur d'aérosol dans le tableau prévu à cet effet;
- l) Si aucune inflammation ne se produit pendant l'étape j), l'aérosol doit être essayé dans d'autres positions, par exemple la tête en bas pour des générateurs censés être utilisés debout, pour voir si l'inflammation se produit;
- m) Recommencer les étapes g) à l) deux fois (soit trois fois au total) pour le même générateur d'aérosol, et à la même distance entre le bec Bunsen et la valve du générateur;

- n) Recommencer la procédure d'épreuve pour deux autres générateurs d'aérosol contenant le même produit, à la même distance entre le bec Bunsen et la valve du générateur;
- o) Recommencer les étapes g) à n) de la procédure d'essai à une distance comprise entre 15 et 90 cm entre la valve du générateur d'aérosol et la flamme du bec Bunsen, en fonction du résultat de chaque épreuve (voir aussi 31.4.3.1.4 et 31.4.3.1.5);
- p) Si l'aérosol ne s'enflamme pas à une distance de 15 cm, la procédure est close pour les générateurs initialement pleins. La procédure est aussi close si l'aérosol fait l'objet d'une inflammation et d'une combustion soutenue à une distance de 90 cm. Si l'aérosol ne s'enflamme pas à une distance de 15 cm, il faut indiquer dans le procès-verbal que l'inflammation n'a pas eu lieu. Dans tous les autres cas, c'est la distance maximale entre le bec Bunsen et la valve du générateur d'aérosol, à laquelle l'aérosol a fait l'objet d'une inflammation et d'une combustion soutenue, qui est considérée comme la distance d'inflammation;
- q) Il faut aussi faire subir une épreuve à trois générateurs d'aérosol remplis de 10 à 12 % de leur contenance nominale. La distance entre la valve de ces générateurs et la flamme du bec Bunsen doit être la même que pour les générateurs pleins, augmentée de 15 cm;
- r) Pulvériser le contenu d'un générateur d'aérosol rempli de 10 à 12 % de sa masse nominale par pulvérisations d'une durée de 30 s maximum. Attendre au moins 300 s entre chaque pulvérisation. Pendant ce laps de temps, le générateur doit être remis dans le bain d'eau aux fins de conditionnement;
- s) Recommencer les étapes g) à n) sur des générateurs d'aérosol remplis de 10 à 12 % de leur contenance nominale, en sautant les étapes l) et m). Cette étape doit être réalisée alors que le générateur d'aérosol est placé dans une seule position, par exemple debout ou la tête en bas, qui doit être la même que celle dans laquelle l'inflammation s'est produite, si l'inflammation s'est effectivement produite;
- t) Noter tous les résultats dans le tableau 31.4, comme indiqué ci-dessous.

31.4.3.2.1 Toutes les épreuves doivent être exécutées sous une hotte aspirante, dans un local pouvant être aéré. La hotte et la pièce peuvent être aérées pendant au moins 3 min après chaque épreuve. Prendre toutes les précautions nécessaires pour éviter d'inhaler les produits de combustion.

31.4.3.2.2 Les générateurs d'aérosol remplis de 10 à 12 % de leur contenance nominale ne doivent subir l'épreuve qu'une seule fois. Dans les tableaux, un seul résultat par générateur d'aérosol suffit.

31.4.3.2.3 Dans les cas où les résultats de l'épreuve sont négatifs lorsque le générateur d'aérosol a été essayé dans la position d'utilisation normale, l'épreuve doit être répétée dans la position du générateur d'aérosol dans laquelle les résultats ont le plus de chance d'être positifs.

#### **31.4.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats**

31.4.4.1 Tous les résultats doivent être enregistrés. Le tableau 31.4 ci-dessous est un exemple de "tableau de résultats" pouvant être utilisé.

**Tableau 31.4 : EXEMPLE DE "TABLEAU DE RESULTATS"**

Date		Température									°C
		Humidité relative									%
Nom du produit											
Volume net		Générateur 1			Générateur 2			Générateur 3			
Niveau initial de remplissage		%			%			%			
Distance entre le générateur et la flamme	Épreuve	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
15 cm	Inflammation ? oui/non										
30 cm	Inflammation ? oui/non										
45 cm	Inflammation ? oui/non										
60 cm	Inflammation ? oui/non										
75 cm	Inflammation ? oui/non										
90 cm	Inflammation ? oui/non										
Remarques (notamment la position du générateur)											

31.4.4.2 Les aérosols vaporisés doivent être classés comme inflammables, extrêmement inflammables ou ininflammables conformément aux critères suivants:

- a) Un aérosol avec une chaleur chimique de combustion inférieure à 20 kJ/g est classé comme inflammable si l'inflammation se produit à une distance supérieure ou égale à 15 cm mais inférieure à 75 cm;
- b) Un aérosol avec une chaleur chimique de combustion inférieure à 20 kJ/g est classé comme extrêmement inflammable si l'inflammation se produit à une distance supérieure ou égale à 75 cm;
- c) Si pour un aérosol avec une chaleur chimique de combustion inférieure à 20 kJ/g aucune inflammation ne se produit, il faut recourir à l'épreuve d'inflammation dans un espace clos énoncée à la sous-section 31.5 du présent Manuel;
- d) Un aérosol avec une chaleur chimique de combustion supérieure ou égale à 20 kJ/g, est classé comme extrêmement inflammable si l'inflammation se produit à une distance supérieure ou égale à 75 cm; dans le cas contraire, l'aérosol est classé comme inflammable.

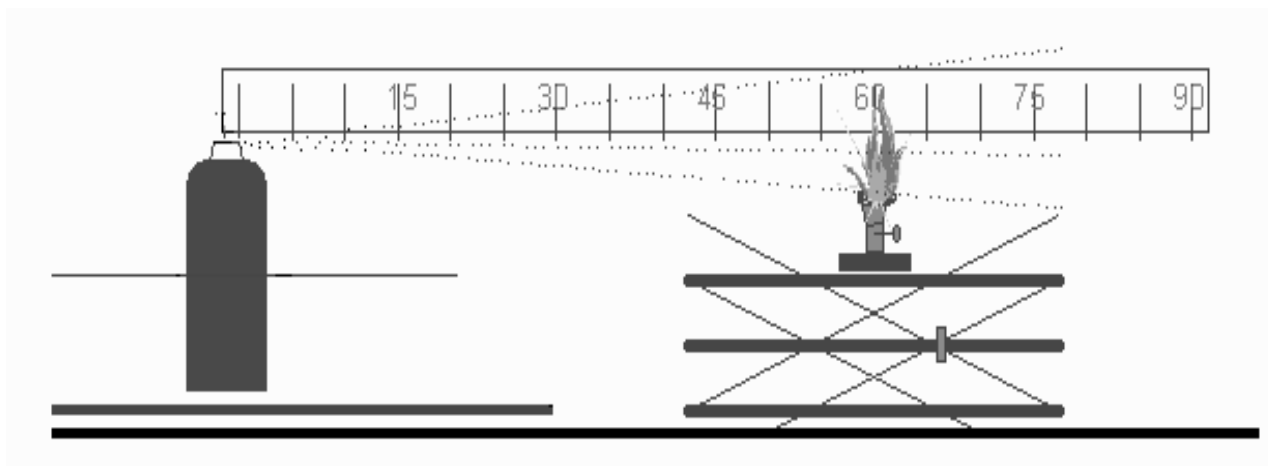


Figure 31.4.1 : INSTALLATION POUR L'ÉPREUVE D'INFLAMMATION À DISTANCE

### 31.5 Épreuve d'inflammation dans un espace clos

#### 31.5.1 Introduction

31.5.1.1 La présente épreuve sert à déterminer l'inflammabilité, dans un espace clos, des produits vaporisés par les générateurs d'aérosol. Le contenu d'un générateur d'aérosol est vaporisé dans un récipient d'essai cylindrique contenant une bougie allumée. S'il se produit une inflammation visible, on note le temps écoulé et la quantité d'aérosol vaporisée.

#### 31.5.2 Appareillage et matériel

31.5.2.1 L'appareillage suivant est nécessaire:

Chronomètre	(précision: $\pm 0,2$ s)
Bain d'eau maintenu à 20 °C	(précision: $\pm 1$ °C)
Balance de laboratoire étalonnée	(précision: $\pm 0,1$ g)
Thermomètre	(précision: $\pm 1$ °C)
Hygromètre	(précision: $\pm 5$ %)
Baromètre	(précision: $\pm 0,1$ bar)
Récipient d'essai cylindrique	(voir ci-dessous).

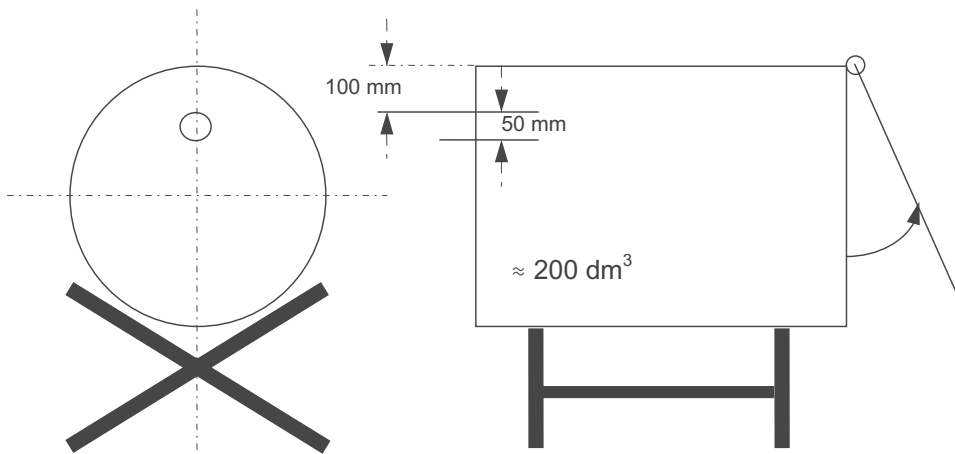
#### 31.5.2.2 Préparation de l'appareillage pour l'épreuve

31.5.2.2.1 Un récipient cylindrique d'une contenance d'environ 200 dm<sup>3</sup> (55 galons) et d'environ 600 mm de diamètre par 720 mm de long, ouvert à une extrémité, doit être modifié comme suit:

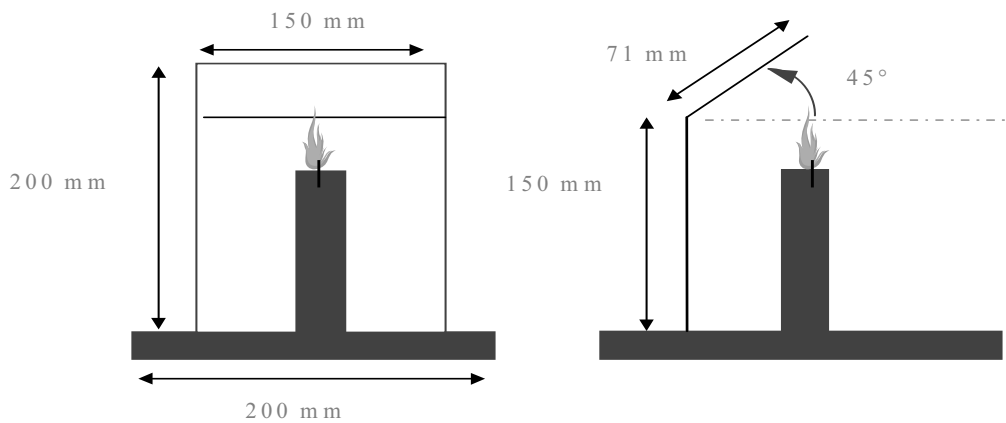
- Un couvercle articulé doit être adapté à l'extrémité ouverte du récipient; ou
- Un film plastique de 0,01 à 0,02 mm d'épaisseur peut aussi être utilisé comme système de fermeture. Si tel est le cas, le film plastique doit être utilisé comme suit:

Étirer le film sur l'extrémité ouverte du fût et le maintenir en place au moyen d'une bande élastique. L'élasticité de la bande doit être telle que lorsqu'elle est placée autour du fût posé sur le côté, elle ne s'étire que de 25 mm sous une masse de 0,45 kg placée en son point le plus bas. Inciser le film sur 25 mm, en commençant à 50 mm du bord du fût. S'assurer que le film est tendu;

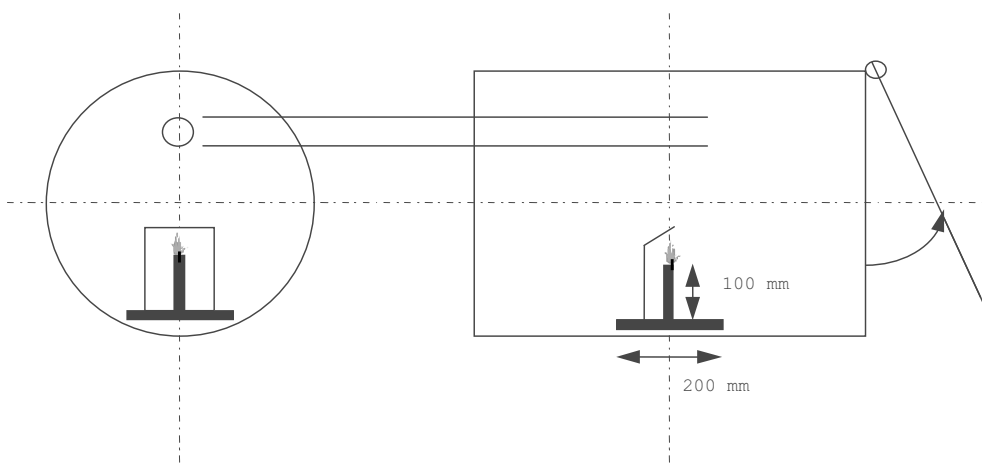
- c) À l'autre extrémité du fût, percer un trou de 50 mm de diamètre, à 100 mm du bord, de telle sorte que cet orifice soit le point le plus haut lorsque le récipient est posé à plat et prêt pour l'épreuve (figure 31.5.1);
- d) Sur un support métallique de 200 mm × 200 mm, placer une bougie à la cire de paraffine mesurant entre 20 et 40 mm de diamètre et 100 mm de haut. Remplacer la bougie quand sa hauteur descend en dessous de 80 mm. La flamme de la bougie est protégée de l'aérosol par un déflecteur de 150 mm de large sur 200 mm de haut, incliné à 45° à partir d'une hauteur de 150 mm au-dessus de l'embase du déflecteur (figure 31.5.2);
- e) La bougie placée sur le support métallique doit être située à mi-distance entre les deux extrémités du fût (Figure 31.5.3);
- f) Le fût est posé à même le sol ou sur un support, dans un endroit où la température est comprise entre 15 °C et 25 °C. L'aérosol soumis à l'épreuve est vaporisé à l'intérieur du fût, d'une contenance approximative de 200 dm<sup>3</sup>, dans lequel sera placée la source d'inflammation.



**Figure 31.5.1 : FÛT POUR L'ÉPREUVE D'INFLAMMATION DANS UN ESPACE CLOS**



**Figure 31.5.2 : BOUGIE POUR L'ÉPREUVE D'INFLAMMATION DANS UN ESPACE CLOS**



**Figure 31.5.3 : BOUGIE SUR SON SUPPORT MÉTALLIQUE**

31.5.2.2.2 Normalement, le produit quitte le générateur d'aérosol selon un angle de 90° par rapport à l'axe vertical du générateur. Les aménagements et la procédure décrits ici valent pour ce modèle. Pour les modèles de générateur d'aérosol inhabituels (par exemple à vaporisation verticale), il faut noter les modifications apportées au matériel et à la procédure conformément aux bonnes pratiques de travail en laboratoire, par exemple celles de la norme ISO/CEI 17025:1999 Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais.

### **31.5.3 Procédure**

#### **31.5.3.1 Prescriptions générales**

31.5.3.1.1 Avant l'épreuve, chaque générateur d'aérosol doit être conditionné puis amorcé par pulvérisation pendant environ une seconde, afin de chasser toute matière non homogène contenue dans le tube plongeur.

31.5.3.1.2 Les consignes doivent être strictement appliquées y compris quand le générateur d'aérosol est prévu pour être utilisé debout ou la tête en bas. Si le générateur d'aérosol doit être secoué, ceci doit se faire immédiatement avant l'épreuve.

31.5.3.1.3 L'épreuve doit être effectuée dans un local à l'abri des courants d'air mais pouvant être aéré, à une température de  $20 \pm 5$  °C et une humidité relative comprise entre 30 et 80 %.

#### **31.5.3.2 Procédure d'épreuve**

- a) Au moins trois générateurs d'aérosol pleins par produit doivent être conditionnés à une température de  $20 \pm 1$  °C dans un bain d'eau, dans lequel ils sont immergés à au moins 95 %, pendant au moins 30 min (en cas d'immersion totale, 30 min suffisent);
- b) Mesurer ou calculer le volume réel du fût, en dm<sup>3</sup>;
- c) Respecter les prescriptions générales. Enregistrer la température et l'humidité relative de la pièce;
- d) Déterminer la pression intérieure et le débit initial à une température de  $20 \pm 1$  °C (afin d'éliminer les générateur d'aérosol mal ou partiellement remplis);
- e) Peser l'un des générateurs d'aérosol et noter sa masse;
- f) Allumer la bougie et mettre en place le système de fermeture (couvercle ou film de plastique);
- g) Placer l'orifice de la valve du générateur d'aérosol à 35 mm – ou plus près encore s'il s'agit d'un générateur d'aérosol à champ de vaporisation large – du centre de l'orifice percé dans le fût. Déclencher le chronomètre et, conformément aux consignes, diriger le jet vers le centre de l'extrémité opposée (couvercle ou film de plastique). Le générateur d'aérosol doit être placé dans la position dans lequel il est censé être utilisé, par exemple debout ou la tête en bas;
- h) Vaporiser jusqu'à inflammation de l'aérosol. Arrêter le chronomètre et noter le temps écoulé. Peser à nouveau le générateur d'aérosol et noter sa masse;
- i) Aérer et nettoyer le fût afin d'en ôter tout résidu susceptible de fausser les résultats des essais suivants. Si nécessaire, laisser refroidir le fût;

- j) Recommencer les étapes d) à i) de la procédure sur deux autres générateurs d'aérosol contenant le même produit (soit trois au total. Note: chaque générateur ne subit l'épreuve qu'une fois).

### **31.5.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats**

31.5.4.1 Un procès-verbal d'épreuve comportant au moins les indications suivantes doit être établi:

- a) Nature du produit soumis à l'épreuve et références de ce produit;
- b) Pression intérieure et débit du générateur d'aérosol;
- c) Température et hygrométrie relative de l'air dans la pièce;
- d) Pour chaque épreuve, temps de vaporisation (en s) nécessaire pour l'inflammation de l'aérosol (si l'aérosol ne s'enflamme pas, le préciser);
- e) Masse du produit vaporisé lors de chaque épreuve (en g);
- f) Volume réel du fût (en dm<sup>3</sup>);

31.5.4.2 Le temps équivalent ( $t_{eq}$ ) nécessaire à l'inflammation d'un mètre cube peut se calculer comme suit:

$$t_{eq} = \frac{1000 \times \text{temps de vaporisation (s)}}{\text{volume réel du fût (dm}^3\text{)}}$$

31.5.4.3 La densité de déflagration ( $D_{def}$ ) nécessaire à l'inflammation pendant l'épreuve peut aussi se calculer comme suit:

$$D_{def} = \frac{1000 \times \text{masse de produit vaporisé (g)}}{\text{volume réel du fût (dm}^3\text{)}}$$

31.5.4.4 Un aérosol avec une chaleur chimique de combustion inférieure à 20 kJ/g pour lequel aucune inflammation ne se produit lors de l'épreuve d'inflammation à distance (voir sous-section 31.4 du présent Manuel) est classé comme inflammable si le temps équivalent est inférieur ou égal à 300 s/m<sup>3</sup> ou si la densité de déflagration est inférieure ou égale à 300 g/m<sup>3</sup>; dans le cas contraire, l'aérosol est classé comme ininflammable.

## **31.6 Épreuve d'inflammation des mousses d'aérosol**

### **31.6.1 Introduction**

31.6.1.1 La présente épreuve sert à déterminer l'inflammabilité d'un aérosol vaporisé sous forme de mousse, de gel ou de pâte. Un aérosol se présentant sous forme de mousse, de gel ou de pâte est pulvérisé (environ 5 g) sur un verre de montre sous lequel est placée une source d'inflammation (bougie, allumette ou briquet, par exemple) pour surveiller l'inflammation et la combustion soutenue éventuelle de la mousse, du gel ou de la pâte. On entend par "inflammation" la présence d'une flamme stable durant au moins 2 s et mesurant au moins 4 cm de hauteur.



### **31.6.2**      *Appareillage et matériel*

31.6.2.1      L'appareillage suivant est nécessaire:

Échelle graduée (support et pince)	(graduations en cm)
Verre de montre résistant au feu, d'environ 150 mm de diamètre	
Chronomètre	(précision: $\pm 0,2$ s)
Bougie, allumette ou briquet, par exemple	
Balance de laboratoire étalonnée	(précision: $\pm 0,1$ g)
Bain d'eau maintenu à 20 °C	(précision: $\pm 1$ °C)
Thermomètre	(précision: $\pm 1$ °C)
Hygromètre	(précision: $\pm 5$ %)
Baromètre	(précision: $\pm 0,1$ bar)

31.6.2.2      Le verre de montre est posé sur un support résistant au feu, dans un local à l'abri des courants d'air mais pouvant être aéré après chaque épreuve. L'échelle graduée est positionnée exactement derrière le verre de montre et maintenue verticale au moyen d'un support et d'une pince.

31.6.2.3      L'échelle graduée est positionnée de telle sorte que son point zéro coïncide avec la base du verre de montre sur un plan horizontal.

### **31.6.3**      *Procédure*

31.6.3.1      *Prescriptions générales*

31.6.3.1.1      Avant l'épreuve, chaque générateur d'aérosol doit être conditionné puis amorcé par pulvérisation pendant environ 1 s afin de chasser toute matière non homogène du tube plongeur.

31.6.3.1.2      Les consignes doivent être strictement appliquées y compris quand le générateur d'aérosol est prévu pour être utilisé debout ou la tête en bas. Si le générateur d'aérosol doit être secoué, ceci doit se faire immédiatement avant l'épreuve.

31.6.3.1.3      Les épreuves doivent être effectuées dans un local à l'abri des courants d'air mais pouvant être aéré, à une température de  $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  et une humidité relative comprise entre 30 et 80 %.

31.6.3.2      *Procédure d'épreuve*

- a) Au moins quatre générateurs d'aérosol pleins par produit sont conditionnés à une température de  $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ , et immergés à au moins 95 % dans l'eau pendant au moins 30 min avant chaque épreuve (en cas d'immersion totale, 30 min suffisent);
- b) Suivre les prescriptions générales. Relever la température et l'humidité relative du local;
- c) Déterminer la pression interne à une température de  $20\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ , afin d'éliminer les générateurs d'aérosol mal ou partiellement remplis;
- d) Déterminer le débit du générateur d'aérosol de façon à mieux évaluer la quantité d'aérosol pulvérisée;
- e) Peser un générateur d'aérosol et noter sa masse;
- f) Compte tenu de la quantité d'aérosol pulvérisée ou du débit, et conformément aux consignes du fabricant, vaporiser environ 5 g d'aérosol au centre d'un verre de montre propre, de façon à constituer un monticule d'une hauteur maximum de 25 mm;

- g) Dans les cinq secondes suivant la fin de la vaporisation, placer la source d'inflammation au bord de l'échantillon et simultanément déclencher le chronomètre. Si nécessaire, éloigner la source d'inflammation du bord de l'échantillon au bout de deux secondes environ pour s'assurer que l'inflammation a bien eu lieu. Si l'échantillon n'est manifestement pas enflammé, remettre la source d'inflammation au bord de l'échantillon;
- h) En cas d'inflammation, noter les renseignements suivants:
  - i) Hauteur maximum de la flamme, en cm, au-dessus de la base du verre de montre;
  - ii) Durée de la flamme en secondes;
  - iii) Sécher et repeser le générateur d'aérosol et calculer la masse d'aérosol vaporisée;
- i) Aérer le local d'épreuve immédiatement après chaque épreuve;
- j) Si l'inflammation ne se produit pas et que l'aérosol vaporisé reste sous forme de mousse ou de pâte pendant toute l'épreuve, recommencer les étapes e) à i) au bout de 30 secondes, d'une minute, de deux minutes ou de quatre minutes, replacer la source d'inflammation à proximité de l'échantillon;
- k) Recommencer les étapes e) à j) deux fois (soit un total de trois) sur le même générateur d'aérosol;
- l) Recommencer les étapes e) à k) sur deux autres générateurs d'aérosol (soit trois générateurs) contenant le même produit.

#### **31.6.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats**

31.6.4.1 Un procès-verbal d'épreuve comportant au moins les indications suivantes doit être établi:

- a) Inflammabilité du produit;
- b) Hauteur maximum de la flamme en cm;
- c) Durée de la flamme en secondes;
- d) Masse du produit soumis à l'épreuve.

31.6.4.2 L'aérosol doit être classé comme extrêmement inflammable si la hauteur de flamme est supérieure ou égale à 20 cm et la durée de flamme est supérieure ou égale à 2 s; ou si la durée de flamme est supérieure ou égale à 7 s et la hauteur de flamme est supérieure ou égale à 4 cm.

## SECTION 32

# PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES EXPLOSIBLES DÉSENSIBILISÉES LIQUIDES ET AUX LIQUIDES INFLAMMABLES DE LA CLASSE 3

### 32.1 **Objet**

Cette section présente le système ONU de classement des matières explosibles désensibilisées liquides et des liquides inflammables de la classe 3 (voir le chapitre 2.3 du Règlement type). Le texte doit être utilisé conjointement avec les principes de classement énoncés au chapitre 2.3 du Règlement type et les méthodes d'épreuve décrites aux sections 32.4 et 32.5 du présent Manuel.

### 32.2 **Domaine d'application**

32.2.1 Les matières explosibles désensibilisées liquides sont des matières explosibles qui sont mises en solution ou en suspension dans l'eau ou dans d'autres liquides de manière à former un mélange liquide homogène n'ayant plus de propriétés explosives (voir 2.3.1.4 du Règlement type).

32.2.2 Ne sont inscrites dans cette classe comme liquides inflammables que les matières dont le point d'éclair ne dépasse pas 60 °C en creuset fermé ou 65,6 °C en creuset ouvert ou encore, dans le cas des matières transportées ou présentées au transport à température élevée, celles d'entre elles qui dégagent des vapeurs inflammables à une température égale ou inférieure à la température maximale de transport. Toutefois, les liquides ayant un point d'éclair supérieur à 35 °C qui n'entretiennent pas la combustion ne sont pas à considérer comme des liquides inflammables aux fins du Règlement type.

32.2.3 Les liquides inflammables inscrits par leur nom (chapitre 3.2 du Règlement type) dans cette classe sont à considérer comme chimiquement purs. Dans la pratique, les marchandises transportées sous l'appellation de telles matières sont souvent des produits commerciaux pouvant contenir des matières ajoutées ou des impuretés. Il est donc possible que des liquides qui ne figurent pas dans la liste parce que leur point d'éclair à l'état pur est de plus de 60 °C en creuset fermé ou plus de 65,6 °C en creuset ouvert soient présentés au transport en tant que produits commerciaux ayant un point d'éclair égal ou inférieur à cette limite. Il peut arriver aussi que des liquides qui, à l'état pur, seraient à classer dans le groupe d'emballage III relèvent en fait du groupe d'emballage II en tant que produits commerciaux, à cause de la présence de matières ajoutées ou d'impuretés.

32.2.4 Pour ces raisons, il faut user de prudence en consultant les listes, qui n'ont qu'une valeur indicative. En cas de doute, il convient de vérifier par des essais le point d'éclair des matières en question.

32.2.5 Les liquides sont tenus pour non combustibles aux fins du Règlement type (c'est-à-dire qu'ils n'entretiennent pas la combustion dans des conditions d'épreuve définies) s'ils ont satisfait à une épreuve de combustibilité appropriée (voir 32.5.2) ou si leur point de feu, selon la norme ISO 2592, est supérieur à 100 °C ou encore s'il s'agit de solutions miscibles contenant plus de 90 % d'eau, en masse.

### 32.3 **Procédures de classement**

#### 32.3.1 *Liquides inflammables*

32.3.1.1 On utilisera le tableau 32.1 pour classer dans un groupe d'emballage, selon le degré de danger, les liquides présentant un risque du fait de leur inflammabilité.

32.3.1.2 Pour les liquides dont le seul risque est l'inflammabilité, le groupe d'emballage est celui qu'indique le tableau 32.1.

32.3.1.3 Pour un liquide présentant un ou plusieurs autres risques, il faudra prendre en considération le groupe indiqué au tableau 32.1 et le groupe lié à la gravité du ou des risques supplémentaires. Pour classer correctement ce liquide, on se reportera au tableau de l'ordre de prépondérance des caractéristiques de danger indiqué à la section 2.0.3 du chapitre 2.0 du Règlement type. C'est le groupe d'emballage correspondant au risque le plus grave qui sera retenu.

**Tableau 32.1 : CLASSEMENT PAR GROUPE EN FONCTION DE L'INFLAMMABILITÉ**

Groupe d'emballage	Point d'éclair (en creuset fermé)	Point initial d'ébullition
I	-	≤ 35 °C
II	< 23 °C	> 35 °C
III	≥ 23 °C, ≤ 60 °C	> 35 °C

32.3.1.4 Les matières classées parmi les liquides inflammables du fait qu'elles sont transportées ou présentées au transport à des températures élevées sont affectées au groupe d'emballage III.

32.3.1.5 Les matières visqueuses dont le point d'éclair est de moins de 23 °C peuvent être classées dans le groupe d'emballage III, conformément aux paragraphes 32.3.1.7 et 32.4.2.

32.3.1.6 Les matières visqueuses :

- a) dont le point d'éclair est égal ou supérieur à 23 °C et égal ou inférieur à 60 °C;
- b) qui ne sont pas toxiques ni corrosives, ni dangereuses pour l'environnement;
- c) qui ne contiennent pas plus de 20 % de nitrocellulose à condition que la nitrocellulose ne contienne pas plus de 12,6 % d'azote (masse sèche); et
- d) qui sont emballées dans des récipients de contenance inférieure ou égale à 450 litres;

ne sont pas soumises au Règlement type si :

- a) Dans l'épreuve de séparation du solvant (voir 32.5.1), la hauteur de la couche séparée de solvant est inférieure à 3 % de la hauteur totale; et
- b) Le temps d'écoulement dans l'épreuve de viscosité (voir 32.4.3) avec un ajustage de 6 mm est égal ou supérieur à :
  - i) 60 secondes; ou
  - ii) 40 secondes si les matières visqueuses contiennent au plus 60 % de matières de la classe 3.

32.3.1.7 Les liquides inflammables visqueux tels que les peintures, émaux, laques, vernis, adhésifs, produits de polissage ayant un point d'éclair de moins de 23 °C sont affectés au groupe d'emballage III, à condition que :

- a) dans l'épreuve de séparation du solvant la couche de solvant soit de moins de 3 %;
- b) le mélange ne contienne aucune matière présentant un risque principal ou un risque subsidiaire de la division 6.1 ou de la classe 8;

c) la viscosité et le point d'éclair soient conformes au tableau suivant :

Temps d'écoulement (secondes)	Diamètre d'ajutage (mm)	Point d'éclair (°C)
20 < t ≤ 60	4	Plus de 17
60 < t ≤ 100	4	Plus de 10
20 < t ≤ 32	6	Plus de 5
32 < t ≤ 44	6	Plus de -1
44 < t ≤ 100	6	Plus de -5
100 < t	6	pas de limite

d) la contenance du récipient utilisé ne dépasse pas 450 litres.

### 32.3.2 *Matières explosibles désensibilisées liquides*

32.3.2.1 Cette sous-section présente le système ONU de classement des matières désensibilisées liquides de la classe 3 (voir le paragraphe 2.3.1.4 du Règlement type). Les matières explosibles désensibilisées sont des matières qui sont mises en solution ou en suspension dans l'eau ou dans d'autres liquides de manière à former un mélange liquide homogène n'ayant plus de propriétés explosives.

32.3.2.2 Les nouveaux produits qui sont thermiquement stables et possèdent, ou sont présumés posséder, des propriétés explosives doivent d'abord être considérés comme susceptibles d'être affectés à la classe 1 et faire l'objet, en cas de besoin, d'une procédure d'affectation à la classe 1.

32.3.2.3 Lorsqu'une matière est affectée à la classe 1 mais subit une dilution pour être exemptée de cette classe par les épreuves de la série 6 (voir la section 16), cette matière diluée, si elle répond aux critères de classement ou à la définition d'une autre classe ou division, doit être classée dans cette classe ou division à la concentration la plus élevée qui l'exempte de la classe 1. Suffisamment diluées, ces matières peuvent être réputées non dangereuses (voir aussi le paragraphe 2.1.3.5.3 du Règlement type).

## **32.4 Méthodes d'épreuve utilisées pour déterminer le point d'éclair et la viscosité**

### **32.4.1 *Liquides inflammables non visqueux***

Les méthodes ci-après peuvent être utilisées pour déterminer le point d'éclair des liquides inflammables :

#### Normes internationales :

ISO 1516  
ISO 1523  
ISO 2719  
ISO 13736  
ISO 3679  
ISO 3680

#### Normes nationales :

*American Society for Testing Materials International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, Pennsylvania, USA 19428-2959 :*

ASTM D3828-07a, Standard Test Methods for Flash Point by Small Scale Closed Cup Tester  
ASTM D56-05, Standard Test Method for Flash Point by Tag Closed Cup Tester  
ASTM D3278-96(2004)e1, Standard Test Methods for Flash Point of Liquids by Small Scale Closed-Cup Apparatus  
ASTM D93-08, Standard Test Methods for Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester

*Association française de normalisation, AFNOR, 11, rue de Pressensé, 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex :*

Norme française NF M07-019  
Norme française NF M07-011 / NF T30-050 / NF T66-009  
Norme française NF M07-036

*Deutsches Institut für Normung, Burggrafenstr. 6, D-10787 Berlin :*

Norme DIN 51755 (points d'éclair inférieurs à 65 °C)

*Comité d'État pour la normalisation, Conseil des ministres, 113813, GSP, Moscou M-49, Leninsky Prospect 9 :*

GOST 12.1.044-84.

### **32.4.2 *Matières visqueuses inflammables ayant un point d'éclair de moins de 23 °C***

32.4.2.1 Le groupe de danger des peintures, émaux, laques, vernis, adhésifs, produits de polissage et autres matières visqueuses inflammables de la classe 3 ayant un point d'éclair de moins de 23 °C est établi compte tenu :

- a) de la viscosité, déterminée pour le temps d'écoulement en secondes (voir 32.4.3);
- b) du point d'éclair en creuset fermé (voir 32.4.2.2);
- c) d'une épreuve de séparation du solvant (voir 32.5.1).

32.4.2.2 Le point d'éclair en creuset fermé est déterminé par la méthode ISO correspondant à la norme ISO 1523:1983 pour les peintures et vernis. Lorsque la température du point d'éclair est trop basse pour que l'on puisse utiliser l'eau dans le récipient du bain liquide, les modifications suivantes sont apportées :

- a) Utiliser de l'éthylène glycol dans le récipient du bain liquide ou prendre un autre récipient approprié;
- b) Au besoin, l'échantillon et l'appareillage peuvent être amenés, dans un réfrigérateur, à une température plus basse que celle que requiert la méthode de détermination du point d'éclair présumé. Pour les températures plus basses, on devra refroidir l'échantillon et l'appareillage à une température appropriée en ajoutant, lentement, à l'éthylène glycol du dioxyde de carbone solide, l'échantillon étant refroidi de la même façon dans un autre récipient contenant de l'éthylène glycol;
- c) Pour obtenir des points d'éclair fiables, il importe de ne pas dépasser la vitesse recommandée d'élévation de température de l'échantillon. Selon le volume du bain liquide et la quantité d'éthylène glycol qu'il contient, il peut devenir nécessaire d'isoler partiellement le bain pour ralentir suffisamment l'élévation de la température.

### **32.4.3** *Épreuve de viscosité*

Le temps d'écoulement en secondes est déterminé à 23 °C en utilisant le creuset normalisé ISO avec un ajutage de 4 mm (ISO 2431:1984). Lorsque le temps d'écoulement dépasse 100 s, on effectue un deuxième essai en utilisant le creuset normalisé ISO avec un ajutage de 6 mm.

## **32.5 Méthodes d'épreuve pour la séparation du solvant et la combustion entretenue**

### **32.5.1 Épreuve L.1 : Épreuve de séparation du solvant**

#### *32.5.1.1 Introduction*

Cette épreuve sert à déterminer le degré de séparation du solvant dans les liquides visqueux tels que les peintures, les émaux, les vernis, les adhésifs et les produits de polissage ayant un point d'éclair inférieur à 23 °C.

#### *32.5.1.2 Appareillage et matériels*

Une éprouvette graduée de 100 ml munie d'un bouchon, d'une hauteur totale d'environ 25 cm et d'un diamètre intérieur uniforme d'environ 3 cm dans la section graduée.

#### *32.5.1.3 Mode opératoire*

Agiter la peinture pour obtenir une consistance uniforme et la verser dans l'éprouvette jusqu'à la marque de 100 ml. Boucher, puis laisser reposer pendant 24 heures. Ensuite, mesurer la hauteur de la couche supérieure séparée.

#### *32.5.1.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

La hauteur de la couche supérieure séparée est exprimée en pourcentage de la hauteur totale de l'échantillon. Si moins de 3 % de solvant limpide se sépare, la matière peut être affectée au groupe d'emballage III (voir 32.3.1.6 et 32.3.1.7).

### **32.5.2 Épreuve L.2 : Épreuve de combustion entretenue**

#### *32.5.2.1 Introduction*

La présente épreuve sert à déterminer si une matière entretient la combustion lorsqu'elle est chauffée dans les conditions définies pour l'épreuve et exposée à une flamme. À cette fin, on utilise un bloc métallique comportant une concavité (cavité à échantillon), chauffé à une température donnée. Un volume connu de matière à éprouver est posé dans la cavité et l'on note son aptitude à entretenir la combustion après application momentanée d'une flamme normalisée dans des conditions bien définies.

#### *32.5.2.2 Appareillage et matériels*

32.5.2.2.1 On utilise un bloc en alliage d'aluminium ou d'autre métal résistant à la corrosion et doué d'une bonne conductivité thermique. Le bloc comporte une cavité à échantillon et un trou pour le logement d'un thermomètre. Un petit bec à gaz monté sur bras articulé est fixé au bloc. Le levier du bras et l'arrivée de gaz sont montés à l'angle qui convient par rapport au bec. La figure 32.5.2.1 montre un appareil correspondant à cette description et les figures 32.5.2.1 et 32.5.2.2 en donnent le schéma succinct. Le matériel suivant est aussi indispensable :

- a) *Jauge*, permettant de vérifier que la hauteur du centre du bec de gaz à la verticale de la cavité à échantillon est de 2,2 mm (figure 32.5.2.1);
- b) *Thermomètre* à mercure, en verre, pouvant fonctionner horizontalement, avec une sensibilité d'au moins 1 mm/°C ou tout autre dispositif de thermométrie de sensibilité équivalente donnant des indications à des intervalles de 0,5 °C. Une fois inséré dans le bloc, le réservoir du thermomètre doit être entouré d'un corps thermoplastique conducteur de la chaleur;



- c) *Plaque chauffante* thermostatée (d'autres dispositifs pourvus d'un réglage approprié de la température peuvent aussi servir à chauffer le bloc métallique);
- d) *Chronomètre* ou autre dispositif approprié de chronométrage;
- e) *Seringue* permettant de mesurer 2 ml avec une précision de  $\pm 0,1$  ml;
- f) *Combustible* : butane.

32.5.2.2.2 L'échantillon, qui sera représentatif de la matière à éprouver, est à fournir et à garder dans un récipient étanche avant l'épreuve. Considérant le risque de perte de constituants volatils, l'échantillon ne doit subir que le traitement minimum nécessaire pour en assurer l'homogénéité. Après prélèvement de chaque portion d'essai, le récipient contenant l'échantillon doit être bien refermé pour éviter la fuite des fractions volatiles éventuelles; si le bouchage est incomplet, il faut prendre un échantillon entièrement neuf.

### 32.5.2.3 *Mode opératoire*

32.5.2.3.1 Il est impératif que l'appareil soit installé dans un endroit complètement à l'abri des courants d'air et pas trop violemment éclairé, afin de faciliter l'observation d'un éclair, d'une flamme, etc.<sup>1</sup>

32.5.2.3.2 Poser le bloc métallique sur la plaque chauffante ou le chauffer par tout autre moyen approprié jusqu'à ce qu'il atteigne la température voulue (indiquée par le thermomètre incorporé) à 1 °C près. La température d'épreuve est 60,5 °C ou 75 °C (voir 32.5.2.3.8). Ajuster cette température en fonction de la différence entre la pression barométrique et la pression atmosphérique normale (101,3 kPa), en la relevant ou en l'abaissant selon que la pression est plus élevée ou moindre, à raison de 1,0 °C par multiple de 4 kPa d'écart. La partie supérieure du bloc métallique doit être bien horizontale. Vérifier avec la jauge que le bec de gaz se trouve à 2,2 mm au-dessus de la cavité à échantillon, en position d'épreuve.

32.5.2.3.3 Allumer le bec écarté de la position d'épreuve (c'est-à-dire dans la position "repos", à distance de la cavité). Régler la flamme de sorte qu'elle mesure 8 à 9 mm de haut et environ 5 mm de large.

32.5.2.3.4 Avec la seringue, prélever dans le récipient contenant l'échantillon au moins 2,0 ml de liquide, injecter rapidement la portion d'essai de 2,0 ml  $\pm 0,1$  ml dans la cavité du bloc et mettre immédiatement en marche le chronomètre.

32.5.2.3.5 Après un intervalle de chauffe de 60 s, suffisant pour que l'échantillon atteigne sa température d'équilibre, on observe si celui-ci n'a pas pris feu; si tel n'est pas le cas, pousser le bec allumé en position d'épreuve au-dessus du bord de la cavité garnie de liquide. Le maintenir dans cette position pendant 15 s puis le repousser dans sa position "repos" tout en observant le comportement de l'échantillon. Le bec doit rester allumé pendant toute la durée de l'épreuve.

32.5.2.3.6 L'épreuve est à exécuter trois fois. Lors de chaque essai, observer et enregistrer :

- a) La présence ou l'absence d'inflammation et de combustion entretenue ou de flamboiement de l'échantillon avant que le bec allumé ne soit placé dans la position d'épreuve;
- b) L'inflammation éventuelle de l'échantillon lorsque le bec allumé est mis en position d'épreuve et, si tel est le cas, pendant combien de temps la combustion est entretenue après que le bec est repoussé dans sa position "repos".

32.5.2.3.7 Si une combustion entretenue, aux termes du paragraphe 32.5.2.4, n'est pas observée, répéter l'opération complète avec de nouvelles portions d'échantillon, mais avec un temps de chauffage de 30 s.

---

<sup>1</sup> *Attention : ne pas exécuter l'épreuve dans une petite enceinte confinée (par exemple, boîte à gants) en raison du risque d'explosion.*

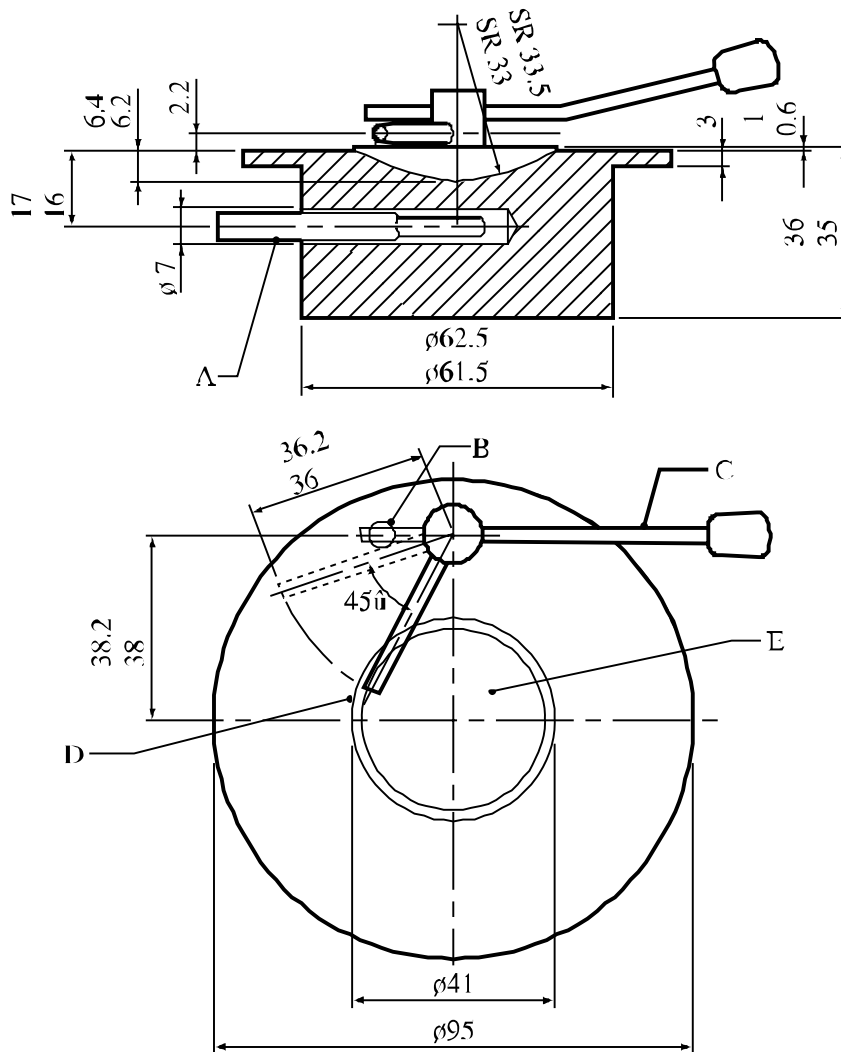
32.5.2.3.8 Si une combustion entretenue, aux termes du paragraphe 32.5.2.4, n'est pas observée à la température d'épreuve de 60,5 °C, répéter l'ensemble des opérations avec de nouvelles portions d'échantillon, mais à une température d'épreuve de 75 °C.

32.5.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

Selon les résultats, la matière sera considérée comme entretenant ou n'entretenant pas la combustion. On considérera qu'il y a combustion entretenue selon la durée de chauffage ou la température d'épreuve si l'on observe ce qui suit pour l'une quelconque des portions d'essai :

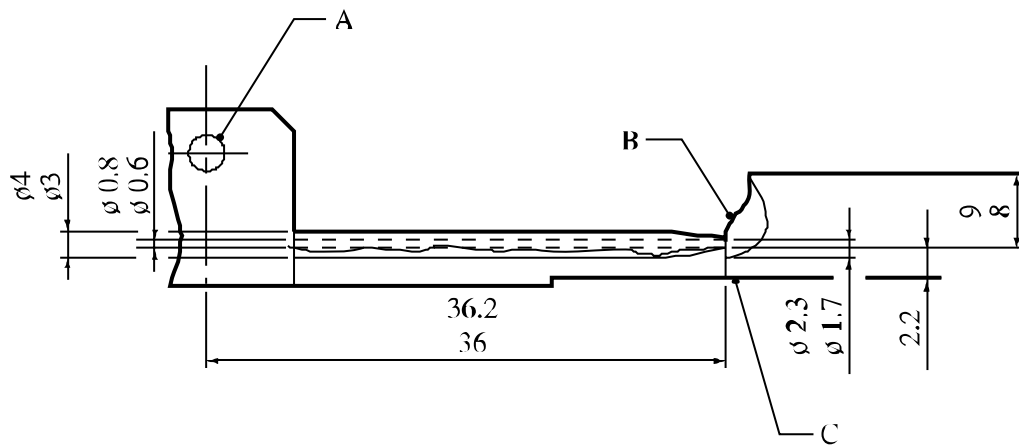
- a) Le bec allumé étant dans la position "repos", l'échantillon s'enflamme et entretient sa combustion;
- b) Le bec allumé étant placé pendant 15 s en position d'épreuve, l'échantillon s'enflamme et sa combustion continue pendant plus de 15 s après retour du bec en position "repos";

Un flamboiement intermittent ne doit pas être interprété comme signe d'une combustion entretenue. Normalement, au bout de la période de 15 s, on peut déterminer avec certitude si la combustion s'est arrêtée ou se poursuit. En cas de doute, la matière doit être réputée entretenir la combustion.



- 
- (A) Thermomètre
  - (B) Taquet
  - (C) Levier
  - (D) Bec à gaz
  - (E) Cavité à échantillon
- 

**Figure 32.5.2.1 : DISPOSITIF POUR L'ÉPREUVE DE COMBUSTION ENTRETENUE**



- 
- (A) Arrivée de gaz (butane)
  - (B) Flamme d'épreuve
  - (C) Cavité à échantillon
- 

**Figure 32.5.2.2 : BEC À GAZ ET FLAMME**

### **32.6 Méthodes d'épreuve utilisées pour déterminer le point initial d'ébullition**

Les méthodes ci-après peuvent être utilisées pour déterminer le point initial d'ébullition des liquides inflammables :

#### Normes internationales :

ISO 3924  
ISO 4626  
ISO 3405

#### Normes nationales :

*American Society for Testing Materials International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, Pennsylvania, USA 19428-2959 :*

ASTM D86-07a, Standard test method for distillation of petroleum products at atmospheric pressure  
ASTM D1078-05, Standard test method for distillation range of volatile organic liquids

#### Autres méthodes acceptables :

Méthode A2, telle que décrite en Partie A de l'Annexe du Règlement (CE) No 440/2008 de la Commission<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Règlement (CE) No 440/2008 de la Commission du 30 mai 2008 établissant des méthodes d'essai conformément au règlement (CE) No 1907/2006 du Parlement européen et du Conseil concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (REACH) (Journal officiel de l'Union européenne, No L 142 du 31.05.2008, p.1-739).



## SECTION 33

### PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS À LA CLASSE 4

#### 33.1 Introduction

La section 33 du Manuel comprend les procédures de classement, les méthodes d'épreuve et les critères pour les matières et objets de la classe 4 (sauf les matières autoréactives de la division 4.1 - voir la deuxième partie du Manuel).

#### 33.2 Division 4.1

##### 33.2.1 *Matières solides inflammables*

##### 33.2.1.1 *Objet*

33.2.1.1.1 La section 33.2.1.3 présente le système ONU de classement des matières solides facilement inflammables de la division 4.1 (voir la sous-section 2.4.2.2 du Règlement type). Le texte doit être utilisé conjointement avec les principes de classement énoncés aux paragraphes 2.4.2.2.2 et 2.4.2.2.3 du Règlement type, le diagramme de décision que reproduit la figure 33.2.1.3 et les méthodes d'épreuve décrites à la section 33.2.1.4 du présent Manuel.

33.2.1.1.2 Pour pouvoir distinguer les matières qui sont simplement inflammables des matières qui brûlent rapidement ou qui ont des caractéristiques de combustion particulièrement dangereuses, seules les matières dont la vitesse de combustion dépasse un certain seuil sont classées dans la division 4.1.

33.2.1.1.3 Les procédures d'épreuve décrites dans le présent document et dans le Règlement type permettent d'évaluer de façon satisfaisante le danger relatif que représentent les matières solides facilement inflammables, ce qui permet de procéder à un classement approprié de ces matières en vue de leur transport.

##### 33.2.1.2 *Domaine d'application*

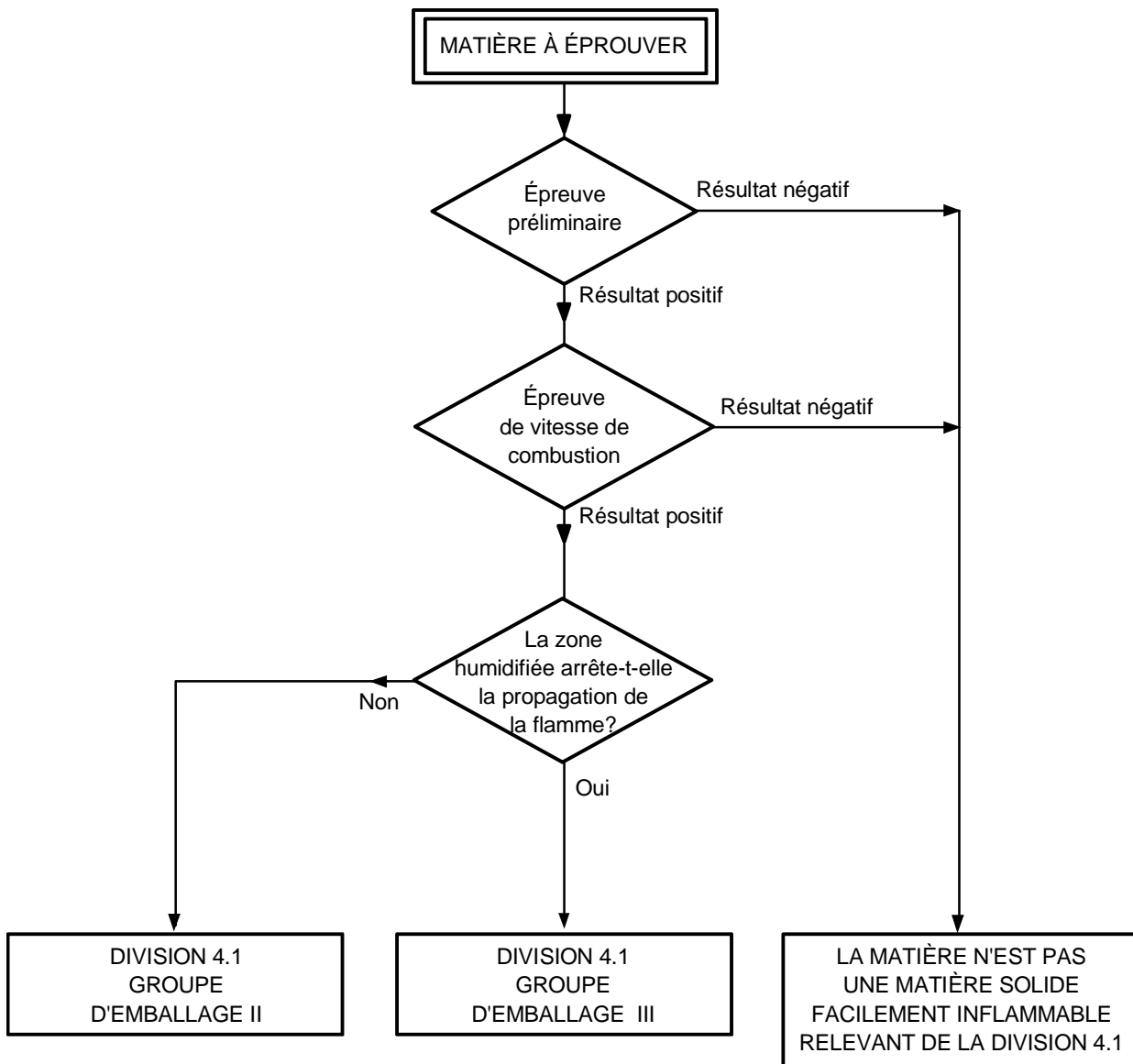
33.2.1.2.1 Les nouveaux produits présentés au transport doivent être soumis aux épreuves de classement énoncées aux paragraphes 2.4.2.2.2 et 2.4.2.2.3 du Règlement type, sauf si cela est impossible (par exemple pour des raisons liées à l'état physique). Les matières ou objets qui ne peuvent pas être éprouvés sont à classer par analogie avec les rubriques existantes (voir le paragraphe 2.4.2.2.2.2 du Règlement type). La procédure de classement doit être appliquée avant que le nouveau produit ne soit présenté au transport.

##### 33.2.1.3 *Procédure de classement pour les matières solides facilement inflammables*

33.2.1.3.1 Une épreuve de présélection est effectuée pour déterminer s'il y a propagation de la combustion avec ou sans flamme en cas d'inflammation par une flamme de gaz. En cas de propagation avant l'écoulement d'un laps de temps donné, il faut procéder à l'ensemble des épreuves pour déterminer la vitesse et l'intensité de la combustion.

33.2.1.3.2 Les épreuves ne sont à effectuer que sur des matières granulées, pulvérulentes ou pâteuses. Si dans l'épreuve de présélection, une matière donnée ne s'enflamme pas et que l'on n'observe aucune propagation de la combustion avec ou sans flamme, il n'est pas nécessaire de mener à terme l'épreuve de vitesse de combustion, la matière en question n'étant pas un solide facilement inflammable appartenant à la division 4.1. S'il y a propagation et si la durée de combustion est inférieure au temps critique, il faut effectuer l'ensemble de l'épreuve de vitesse de combustion. Les résultats de l'épreuve montrent si la matière est un solide facilement inflammable de la division 4.1 et, dans l'affirmative, dictent son affectation au groupe d'emballage II ou III.

**FIGURE 33.2.1.3 : DIAGRAMME DE DÉCISION POUR L'AFFECTATION DES MATIÈRES SOLIDES FACILEMENT INFLAMMABLES (à l'exception des poudres métalliques) À LA DIVISION 4.1**





#### 33.2.1.4 *Épreuve N. 1 : Méthode d'épreuve pour les matières solides facilement inflammables*

##### 33.2.1.4.1 Introduction

L'aptitude d'une matière à propager la combustion est mise à l'épreuve en enflammant la matière et en calculant la durée de combustion.

##### 33.2.1.4.2 Appareillage et matériels

Un moule de section triangulaire ayant 250 mm de longueur, 10 mm de profondeur et 20 mm de largeur sert à étaler l'échantillon pour l'épreuve de vitesse de combustion. Le moule est bordé longitudinalement par deux plaques métalliques latérales qui dépassent de 2 mm le bord supérieur de la section triangulaire (figure 33.2.1.4.1). Une plaque étanche, non combustible et de faible conductivité thermique est utilisée pour soutenir l'échantillon sur toute sa longueur.

##### 33.2.1.4.3 Mode opératoire

###### 33.2.1.4.3.1 Épreuve de présélection

Sur une plaque non imprégnable, de faible conductivité thermique et maintenue à la température ambiante, on dépose un échantillon de la matière sous sa forme commerciale, en un cordon ou une traînée de poudre continue d'environ 250 mm de long sur 20 mm de large et 10 mm de haut. Une flamme chaude (température minimale 1 000 °C) produite par un brûleur à gaz (diamètre minimal 5 mm) est appliquée à une extrémité de l'échantillon jusqu'à ce que la matière s'enflamme, mais pendant une durée maximale de 2 min (ou de 5 min pour les poudres de métaux ou d'alliages de métaux). On note si la combustion s'est propagée sur une longueur de 200 mm pendant la durée d'épreuve de 2 min (ou de 20 min pour les poudres métalliques). S'il n'y a pas d'inflammation de la matière, ni propagation de la combustion avec ou sans flamme sur les 200 mm de mesure pendant la durée d'épreuve de 2 min (ou de 20 min selon le cas), la matière n'est pas à classer dans la catégorie des matières solides inflammables et n'a pas à être soumise à d'autres épreuves. S'il y a propagation de la combustion sur les 200 mm de mesure en moins de 2 min, ou respectivement en moins de 20 min pour les poudres métalliques, la matière doit être soumise au programme d'épreuve complet décrit en 33.2.1.4.3.2.

###### 33.2.1.4.3.2 Épreuve de vitesse de combustion

33.2.1.4.3.2.1 On verse dans le moule la matière en poudre ou en granulés, sous sa forme commerciale, sans la comprimer. On laisse tomber le moule trois fois d'une hauteur de 20 mm sur une surface dure. Les plaques latérales sont ensuite enlevées et la plaque de base d'un matériau non imprégnable, non combustible et de faible conductivité thermique est posée sur le moule; l'ensemble est alors retourné et le moule enlevé. S'il s'agit de matière pâteuse, on dépose sur une surface en matériau non combustible un cordon de 250 mm de long et d'une section de 100 mm<sup>2</sup> environ. Pour les matières sensibles à l'humidité, on doit exécuter l'épreuve dès que la matière est sortie de son emballage. On place l'échantillon dans le courant d'air d'une hotte d'aspiration. La vitesse de l'air dans cette dernière, qui doit être suffisante pour empêcher les fumées de s'en échapper, doit rester constante au cours de l'épreuve. Un paravent peut être installé autour du dispositif.

33.2.1.4.3.2.2 Pour les matières autres que les poudres métalliques, on verse goutte à goutte 1 ml d'une solution humidifiante sur l'échantillon, à 30-40 mm au-delà de la zone de mesure de 100 mm. La solution doit imprégner toute la section de l'échantillon sans couler sur les côtés. On doit s'efforcer de mouiller une longueur la plus courte possible sans déperdition latérale. Pour de nombreuses matières, l'eau pure tend à ruisseler sur les flancs du tas sans pénétrer; il peut alors être nécessaire d'y ajouter des agents mouillants. Ces agents mouillants ne doivent pas contenir de diluants combustibles, et la proportion de matière active totale dans la solution humidifiante ne doit pas dépasser 1 %. Le liquide peut être versé dans un creux de 3 mm de profondeur et de 5 mm de diamètre ménagé au sommet du tas.

33.2.1.4.3.2.3 Par un moyen approprié, tel qu'une flamme de petite dimension ou un fil chauffé à 1 000 °C, on enflamme l'échantillon à une extrémité. Lorsque celui-ci a brûlé sur 80 mm, on mesure la vitesse de combustion sur les 100 mm suivants. Pour les matières autres que les poudres métalliques, on note si la zone humidifiée a arrêté ou non la propagation de la flamme pendant au moins 4 minutes. L'essai est répété six fois, sur une plaque refroidie et nettoyée, à moins qu'un résultat positif ne soit obtenu avant la fin de la série.

#### 33.2.1.4.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

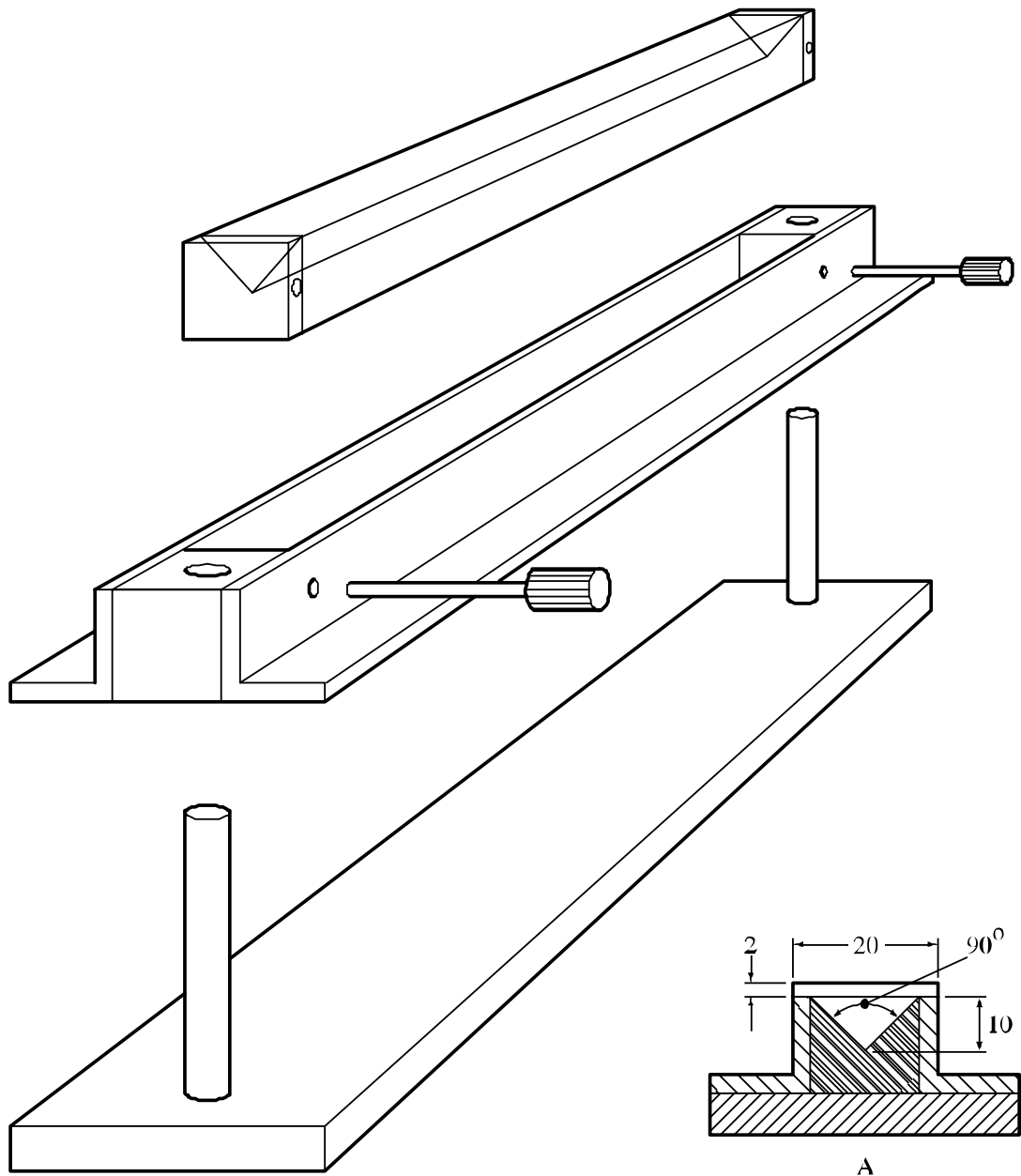
33.2.1.4.4.1 Une matière en poudre, en granulés ou en pâte est classée dans la division 4.1 si la durée de combustion, lors d'un ou plusieurs essais exécutés conformément à la méthode d'épreuve décrite sous 33.2.1.4.3.2, est inférieure à 45 s, ou en d'autres termes si la vitesse de combustion est supérieure à 2,2 mm/s. Les poudres de métaux ou d'alliages métalliques sont classées dans la division 4.1 s'il y a inflammation et si la réaction se propage sur toute la longueur de l'échantillon en 10 min ou moins.

33.2.1.4.4.2 Les matières solides facilement combustibles (autres que les poudres métalliques) doivent être affectées au groupe d'emballage II si la durée de combustion est inférieure à 45 s et si la flamme dépasse la zone humidifiée. Les poudres de métaux ou d'alliages de métaux doivent être affectées au groupe d'emballage II si la zone de réaction se propage sur toute la longueur de l'échantillon en 5 min ou moins.

33.2.1.4.4.3 Les matières solides facilement combustibles (autres que les poudres métalliques) doivent être affectées au groupe d'emballage III si la durée de combustion est inférieure à 45 s et si la zone humidifiée arrête la propagation de la flamme pendant 4 min au moins. Les poudres métalliques doivent être affectées au groupe d'emballage III si la réaction se propage sur toute la longueur de l'échantillon en plus de 5 min mais moins de 10 minutes.

#### 33.2.1.4.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Durée de combustion préliminaire (s)</b>	<b>Durée de combustion (s)</b>	<b>Délai dû à la barrière (zone humidifiée) (s)</b>	<b>Résultat</b>
Éthylènebisdithiocarbamate de manganèse complexe, avec 88 % de sel de zinc (Mancozèbe)	-	102	-	Pas 4.1
Éthylènebisdithiocarbamate de manganèse complexe, avec 80 % de sel de zinc (Mancozèbe)	-	145	-	Pas 4.1
Éthylènebisdithiocarbamate de manganèse complexe, avec 75 % de sel de zinc (Mancozèbe)	Pas d'inflammation	-	-	Pas 4.1



---

(A) Longueur du moule : 250 mm

---

**Figure 33.2.1.4.1 : MOULE ET ACCESSOIRES SERVANT À PRÉPARER LE TAS POUR L'ÉPREUVE DE VITESSE DE COMBUSTION**

**33.2.2**            *(Réservé)*

**33.2.3**            *Matières explosibles désensibilisées solides de la division 4.1*

33.2.3.1            Cette sous-section présente le système ONU de classement des matières explosibles désensibilisées de la division 4.1 (voir la sous-section 2.4.2.4 du Règlement type). Les matières explosibles désensibilisées solides sont des matières qui ont été mouillées avec de l'eau ou des alcools ou encore ont été diluées avec d'autres matières de façon à former un mélange solide homogène n'ayant plus de propriétés explosives.

33.2.3.2            Les nouveaux produits qui sont thermiquement stables et possèdent, ou sont présumés posséder, des propriétés explosives doivent d'abord être considérés comme susceptibles d'être affectés à la classe 1 et faire l'objet, en cas de besoin, d'une procédure d'affectation à la classe 1.

33.2.3.3            Lorsqu'une matière est affectée à la classe 1 mais subit une dilution pour être exemptée de cette classe par les épreuves de la série 6 (voir la section 16), cette matière diluée, si elle répond aux critères de classement ou à la définition d'une autre classe ou division, doit être classée dans cette classe ou division à la concentration la plus élevée qui l'exempte de la classe 1. Suffisamment diluées, ces matières peuvent être réputées non dangereuses (voir aussi le paragraphe 2.1.3.5.3 du Règlement type).

### **33.3 Division 4.2**

#### **33.3.1 *Matières spontanément inflammables***

##### *33.3.1.1 Objet*

33.3.1.1.1 La section 33.3 présente le système ONU de classement des matières spontanément inflammables de la division 4.2 (voir la section 2.4.3 du Règlement type). Le texte doit être utilisé conjointement avec les principes de classement énoncés aux sous-sections 2.4.3.2 et 2.4.3.3 du Règlement type et les méthodes d'épreuve décrites dans les sous-sections 33.3.1.4 à 33.3.1.6 du présent Manuel.

33.3.1.1.2 Les épreuves doivent servir à distinguer deux types de matières ayant des propriétés d'inflammation spontanée :

- a) Les matières, y compris les mélanges et solutions (liquides ou solides), qui, même en petites quantités, s'enflamment en moins de 5 min lorsqu'elles entrent en contact avec l'air. Ces matières, appelées pyrophoriques, sont celles qui présentent le plus fort risque d'inflammation spontanée;
- b) D'autres matières sujettes à l'auto-échauffement au contact de l'air, sans apport d'énergie. Elles peuvent seulement s'enflammer lorsqu'elles sont réunies en grandes quantités (c'est-à-dire plusieurs kilogrammes) et après un certain délai (de plusieurs heures, voire de plusieurs jours) : elles sont appelées matières auto-échauffantes.

33.3.1.1.3 Les méthodes d'épreuve décrites dans le présent document permettent d'évaluer de façon satisfaisante le danger relatif que représentent les matières sujettes à l'inflammation spontanée, ce qui permet de procéder à un classement approprié de ces matières en vue de leur transport.

##### *33.3.1.2 Domaine d'application*

33.3.1.2.1 Les nouveaux produits présentés au transport doivent être soumis aux épreuves de classement énoncées aux sous-sections 2.4.3.2 et 2.4.3.3 du Règlement type, sauf si cela est impossible (par exemple à cause de propriétés physiques). La procédure de classement doit être appliquée avant que le nouveau produit ne soit présenté au transport.

##### *33.3.1.3 Procédure de classement pour les matières sujettes à l'inflammation spontanée*

###### *33.3.1.3.1 Matières solides pyrophoriques*

On effectue une épreuve pour déterminer si la matière solide s'enflamme dans les 5 min qui suivent son entrée en contact avec l'air. La méthode d'épreuve recommandée est décrite à la section 33.3.1.4 du présent Manuel. Les résultats de l'épreuve montrent si une matière est un solide pyrophorique de la division 4.2. Toutes les matières solides pyrophoriques sont affectées au groupe d'emballage I.

###### *33.3.1.3.2 Liquides pyrophoriques*

On effectue une épreuve pour déterminer si le liquide s'enflamme lorsqu'il est mélangé à une charge inerte et exposé à l'air pendant 5 minutes. Si aucune inflammation n'a lieu, la seconde partie de l'épreuve est alors effectuée pour déterminer si le liquide cause la combustion, avec ou sans flamme, d'un morceau de papier-filtre. La méthode d'épreuve recommandée est décrite à la section 33.3.1.5 du présent Manuel. Les résultats de l'épreuve déterminent si la matière est un liquide pyrophorique de la division 4.2. Tous les liquides pyrophoriques sont affectés au groupe d'emballage I.

### 33.3.1.3.3 Matières auto-échauffantes

33.3.1.3.3.1 On procède à des essais pour déterminer si les matières d'un échantillon cubique de 25 mm ou de 100 mm de côté, porté à des températures de 100 °C, 120 °C ou 140 °C, s'enflamment spontanément ou sont sujettes à auto-échauffement dangereux, ce qui est indiqué par une élévation de température de 60 °C au-dessus de la température de la cuve en 24 heures. La figure 33.3.1.3.3.1 illustre ce système de classement. Ce critère est fondé sur la température d'auto-inflammation du charbon de bois, qui est de 50 °C pour un échantillon cubique de 27 m<sup>3</sup>. Les matières ayant une température d'inflammation spontanée supérieure à 50 °C pour un volume de 27 m<sup>3</sup> ne doivent pas être affectées à la division 4.2. Les matières ayant une température d'inflammation spontanée supérieure à 50 °C pour un volume de 450 litres ne doivent pas être affectées à la division 4.2, groupe d'emballage II. La méthode d'épreuve recommandée est décrite à la section 33.3.1.6 du présent Manuel.

33.3.1.3.3.2 Si l'échantillon cubique de 100 mm de côté ne subit pas d'auto-échauffement dangereux à 140 °C, la matière n'est pas une matière auto-échauffante relevant de la division 4.2.

33.3.1.3.3.3 Si l'échantillon cubique de 100 mm de côté subit un auto-échauffement dangereux à 140 °C, une épreuve doit alors être effectuée au moyen d'un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C pour déterminer si la matière doit être affectée au groupe d'emballage II.

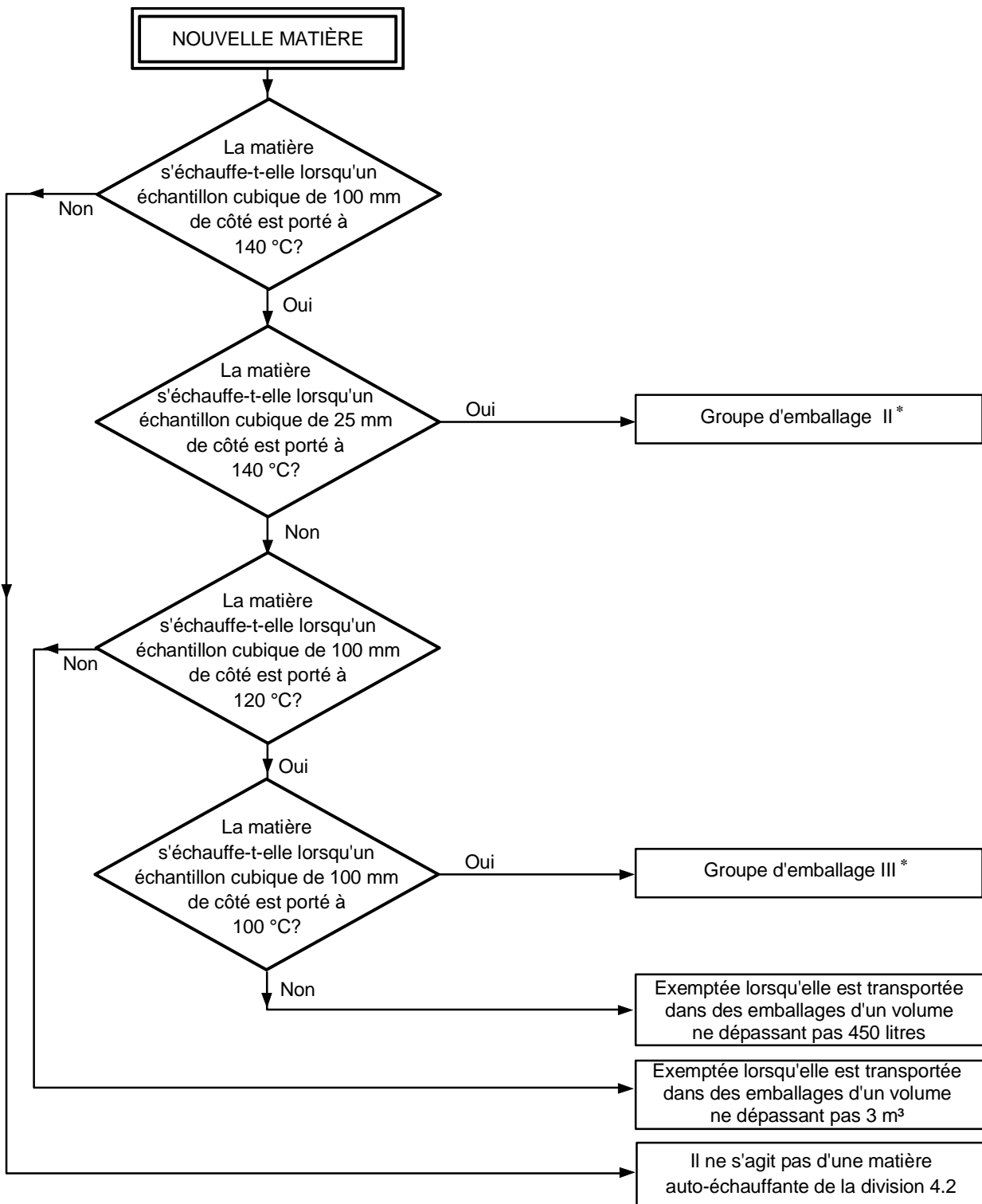
33.3.1.3.3.4 Si l'échantillon cubique de 100 mm de côté subit un auto-échauffement dangereux à 140 °C et que cela ne se produit pas avec l'échantillon cubique de 25 mm de côté, une épreuve doit alors être effectuée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté :

- a) à 120 °C si la matière doit être transportée dans des colis ne dépassant pas 3 m<sup>3</sup>; ou
- b) à 100 °C si la matière doit être transportée dans des colis ne dépassant pas 450 litres.

Les résultats des épreuves montrent si la matière doit être affectée au groupe d'emballage III de la division 4.2 ou si la matière n'est pas une matière auto-échauffante relevant de la division 4.2 dans l'emballage qui doit être utilisé.

33.3.1.3.3.5 Les matières autoréactives du type G qui, soumises à cette épreuve, donnent un résultat positif, peuvent être classées dans la division 4.2 (voir 20.2.6).

Figure 33.3.1.3.3.1 : CLASSEMENT DES MATIÈRES AUTO-ÉCHAUFFANTES



\* Les matières ayant une température d'inflammation spontanée supérieure à 50 °C pour un volume de 27 m<sup>3</sup> ne doivent pas être affectées à la division 4.2.

33.3.1.4 *Épreuve N.2 : Méthode d'épreuve pour les matières solides pyrophoriques*

## 33.3.1.4.1 Introduction

L'aptitude d'une matière solide à s'enflammer au contact de l'air est mise à l'épreuve en exposant la matière à l'air et en déterminant le temps qu'il lui faut pour s'enflammer.

## 33.3.1.4.2 Appareillage et matériels

Aucun matériel spécial de laboratoire n'est nécessaire.

## 33.3.1.4.3 Mode opératoire

L'épreuve consiste à verser depuis 1 m environ de hauteur, sur une surface en matériau non combustible, une quantité de 1 à 2 ml de la matière pulvérulente; on note si la matière s'enflamme au cours de la chute ou dans les 5 min qui suivent. L'essai est répété six fois à moins qu'un résultat positif ne soit obtenu avant la fin de la série.

## 33.3.1.4.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

Si l'échantillon s'enflamme lors de l'un des essais, la matière est considérée comme pyrophorique et elle est classée dans la division 4.2.

## 33.3.1.4.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Temps d'inflammation (s)</b>	<b>Résultat</b>
Éthylènebisdithiocarbamate de manganèse complexe, avec 88 % de sel de zinc (Mancozèbe)	Pas d'inflammation en 5 minutes	Pas dans le groupe d'emballage I de la division 4.2
Éthylènebisdithiocarbamate de manganèse complexe, avec 80 % de sel de zinc (Mancozèbe)	Pas d'inflammation en 5 minutes	Pas dans le groupe d'emballage I de la division 4.2
Éthylènebisdithiocarbamate de manganèse complexe, avec 75 % de sel de zinc (Mancozèbe)	Pas d'inflammation en 5 minutes	Pas dans le groupe d'emballage I de la division 4.2



33.3.1.5 *Épreuve N.3 : Méthode d'épreuve pour les liquides pyrophoriques*

## 33.3.1.5.1 Introduction

On détermine l'aptitude d'un liquide à s'enflammer lorsqu'il est mélangé à une charge inerte et exposé à l'air, ou à causer la combustion, avec ou sans flamme, d'un morceau de papier-filtre au contact de l'air.

## 33.3.1.5.2 Appareillage et matériels

Une capsule en porcelaine d'environ 100 mm de diamètre et une petite quantité de terre d'infusoires ou de gel de silice sont nécessaires pour la première partie de l'épreuve, et du papier-filtre à pore de petite taille pour la seconde partie.

## 33.3.1.5.3 Mode opératoire

33.3.1.5.3.1 Dans une capsule de porcelaine ayant environ 100 mm de diamètre, on verse environ 5 mm de terre d'infusoires ou de gel de silice à la température ambiante. On y verse ensuite 5 ml environ du liquide à éprouver; on note s'il y a inflammation dans les 5 min qui suivent. L'essai est répété six fois, à moins qu'un résultat positif ne soit obtenu avant la fin de la série. En cas de résultat négatif, passer au 33.3.1.5.3.2.

33.3.1.5.3.2 On dépose à l'aide d'une seringue un échantillon de 0,5 ml de matière sur un papier-filtre plissé sec. L'épreuve est exécutée à une température de  $25 \pm 2$  °C et une humidité relative de  $50 \pm 5$  %. On note s'il y a inflammation ou combustion sans flamme du papier-filtre dans les 5 minutes qui suivent. L'essai est répété trois fois avec un nouveau papier-filtre à moins qu'un résultat positif ne soit obtenu avant la fin de la série.

## 33.3.1.5.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

S'il y a inflammation lors de la première partie de l'épreuve, ou s'il y a inflammation ou combustion sans flamme du papier-filtre, la matière est considérée comme pyrophorique et elle est classée dans la division 4.2.

## 33.3.1.5.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Effet de l'exposition à l'air</b>	<b>Effet sur le papier filtre</b>	<b>Résultat</b>
Chlorure de diéthylaluminium/isopentane (10/90)	Pas d'inflammation	Pas de combustion sans flamme	Pas 4.2
Chlorure de diéthylaluminium/isopentane (15/85)	Pas d'inflammation	Combustion sans flamme	4.2
Chlorure de diéthylaluminium/isopentane (95/5)	Pas d'inflammation	Combustion sans flamme	4.2
Triéthylaluminium/heptane (10/90)	Pas d'inflammation	Pas de combustion sans flamme	Pas 4.2
Triéthylaluminium/heptane (15/85)	Pas d'inflammation	Combustion sans flamme	4.2
Triéthylaluminium/heptane (95/5)	Pas d'inflammation	Combustion sans flamme	4.2

33.3.1.6 *Épreuve N.4 : Méthode d'épreuve pour les matières auto-échauffantes*

33.3.1.6.1 Introduction

On détermine l'aptitude d'une matière à s'auto-échauffer par oxydation rapide en l'exposant à l'air à des températures de 100 °C, 120 °C ou 140 °C, dans une cage cubique de toile d'acier de 25 mm ou de 100 mm de côté.

33.3.1.6.2 Appareillage et matériels

L'appareillage décrit ci-après est nécessaire :

- a) Un four à circulation d'air chaud ayant un volume intérieur de plus de 9 l avec régulation de la température intérieure à 100 °C, 120 °C ou 140 °C  $\pm$  2 °C;
- b) Porte-échantillons de forme cubique de 25 mm et 100 mm de côté respectivement, faits de toile d'acier inoxydable à mailles de 0,05 mm, et ouverts à leur face supérieure;
- c) Deux thermocouples en chromel-alumel de 0,3 mm de diamètre; l'un est placé au centre de l'échantillon, l'autre entre le porte-échantillons et la paroi du four.

Chaque porte-échantillons doit être inséré dans un panier cubique fait de toile en acier inoxydable à mailles de 0,60 mm, étroitement ajusté. Pour éviter les effets des courants d'air, on loge l'ensemble dans un second panier en toile d'acier inoxydable à mailles de 0,60 mm, ayant 150 × 150 × 250 mm de côté.

33.3.1.6.3 Mode opératoire

On remplit le porte-échantillons jusqu'au bord de matière en poudre ou granulée sous sa forme commerciale, puis on tasse le contenu par de légers chocs. Selon le cas, on complète le plein ou, au contraire, on arase l'excédent. On place ensuite le porte-échantillons dans son panier et puis on le suspend au centre du four. La température du four est portée à 140 °C, et cette température est maintenue pendant 24 heures. La température de l'échantillon et du four est enregistrée en continu. Le premier essai<sup>1</sup> est exécuté avec un échantillon cubique de 100 mm de côté. Un résultat positif est obtenu s'il y a inflammation spontanée ou si la température de l'échantillon dépasse de 60 °C la température du four. Si les résultats sont négatifs, l'épreuve est terminée. Si un résultat positif est obtenu, on exécute un second essai sur un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C pour déterminer si la matière doit ou non être affectée au groupe d'emballage II. Si un résultat positif est obtenu au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté porté à 140 °C, mais pas lorsqu'il s'agit d'un échantillon cubique de 25 mm de côté, l'épreuve supplémentaire ci-après doit alors être effectuée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté :

- a) à 120 °C si la matière doit être transportée dans des emballages d'un volume supérieur à 450 litres mais ne dépassant pas 3 m<sup>3</sup>; ou
- b) à 100 °C si la matière doit être transportée dans des emballages d'un volume ne dépassant pas 450 litres.

---

<sup>1</sup> Les essais peuvent être exécutés dans un ordre quelconque. Par exemple, si l'on prévoit qu'un échantillon cubique de 25 mm de côté donnera un résultat positif, on peut, dans un souci de sécurité et de protection de l'environnement, exécuter le premier essai sur un échantillon de cette dimension. Si celui-ci donne un résultat positif, l'essai sur un échantillon cubique de 100 mm de côté ne s'impose pas.

33.3.1.6.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

33.3.1.6.4.1 Un résultat positif est obtenu s'il y a inflammation spontanée ou si la température de l'échantillon dépasse de 60 °C la température du four au bout des 24 heures que dure l'épreuve. Si tel n'est pas le cas, le résultat est considéré comme négatif.

33.3.1.6.4.2 Une matière ne doit pas être classée dans la division 4.2 si :

- a) Un résultat négatif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté à 140 °C;
- b) Un résultat positif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté à 140 °C et un résultat négatif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C, un résultat négatif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté à 120 °C, et la matière doit être transportée dans un emballage dont le volume ne dépasse 3 m<sup>3</sup>;
- c) Un résultat positif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté à 140 °C et un résultat négatif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C, un résultat négatif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté à 100 °C, et la matière doit être transportée dans un emballage dont le volume ne dépasse pas 450 litres.

33.3.1.6.4.3 Les matières auto-échauffantes qui donnent un résultat positif lors de l'épreuve sur un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C sont affectées au groupe d'emballage II.

33.3.1.6.4.4 Les matières auto-échauffantes sont affectées au groupe d'emballage III si :

- a) Un résultat positif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté à 140 °C et un résultat négatif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C et la matière doit être transportée dans un emballage dont le volume dépasse 3 m<sup>3</sup>;
- b) Un résultat positif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté à 140 °C et un résultat négatif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 25 mm de côté à 140 °C, un résultat positif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm de côté à 120 °C et la matière doit être transportée dans un emballage dont le volume dépasse 450 litres; ou
- c) Un résultat positif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm à 140 °C et un résultat négatif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 25 mm à 140 °C et un résultat positif est obtenu au cours d'une épreuve exécutée au moyen d'un échantillon cubique de 100 mm à 100 °C.

## 33.3.1.6.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Température de l'échantillon (°C)</b>	<b>Côté du cube (mm)</b>	<b>Température maximale atteinte (°C)</b>	<b>Résultat</b>
Catalyseur ou cobalt/molybdène en granules	140 140	100 25	> 200 181	Groupe d'emballage III de la division 4.2 <sup>a</sup>
Éthylènebisdithiocarbamate de manganèse, à 80 % (Manèbe)	140	25	> 200	Groupe d'emballage II de la division 4.2
Éthylènebisdithiocarbamate de manganèse complexe avec 75 % de sel de zinc (Mancozèbe)	140	25	> 200	Groupe d'emballage II de la division 4.2
Catalyseur au nickel en granules avec 70 % d'hydrocarbure hydrogéné	140	100	140	Pas 4.2
Catalyseur au nickel en granules avec 50 % de paraffine	140 140	100 25	> 200 140	Groupe d'emballage III de la division 4.2 <sup>a</sup>
Catalyseur au cobalt/molybdène en granules (épuisé)	140 140	100 25	> 200 150	Groupe d'emballage III de la division 4.2 <sup>a</sup>
Catalyseur au cobalt/molybdène, en granules (passivé)	140	100	161	Pas 4.2
Catalyseur au nickel/vanadium, en granules	140	25	> 200	Groupe d'emballage II de la division 4.2

<sup>a</sup> *Matières non éprouvées à 100 °C ou 120 °C.*

## **33.4 Division 4.3**

### **33.4.1 *Matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables***

#### *33.4.1.1 Objet*

33.4.1.1.1 La section 33.4 du Manuel présente le système ONU de classement des matières de la division 4.3, qui dégagent des gaz inflammables au contact de l'eau (voir la section 2.4.4 du Règlement type). Le texte doit être utilisé conjointement avec les principes de classement énoncés dans les sous-sections 2.4.4.2 et 2.4.4.3 du Règlement type et les méthodes d'épreuve citées à la section 33.4.1.4 du présent Manuel.

33.4.1.1.2 La procédure d'épreuve a pour objet de déterminer si la réaction de la matière avec l'eau entraîne la formation, en quantités dangereuses, de gaz susceptibles de s'enflammer.

33.4.1.1.3 Les méthodes d'épreuve décrites dans le présent document permettent d'évaluer de façon satisfaisante le danger relatif que représentent les matières susceptibles de dégager des gaz inflammables au contact de l'eau (appelées parfois matières hydrosensibles dans le Règlement type), ce qui permet de procéder à un classement approprié de ces matières en vue de leur transport.

#### *33.4.1.2 Domaine d'application*

33.4.1.2.1 Les nouveaux produits présentés au transport doivent être soumis aux épreuves de classement énoncées dans les sous-sections 2.4.4.2 et 2.4.4.3 du Règlement type. La procédure de classement doit être appliquée avant que le nouveau produit ne soit présenté au transport.

#### *33.4.1.3 Procédure de classement pour les matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables*

33.4.1.3.1 La méthode d'épreuve peut être appliquée aux matières solides et liquides, mais pas aux matières pyrophoriques. Dans le cas d'une matière pyrophorique, l'essai doit être exécuté sous atmosphère d'azote. Si, à un stade quelconque de l'épreuve, il y a inflammation du gaz produit, l'épreuve est considérée comme concluante et la matière doit être affectée à la division 4.3. S'il n'y a pas inflammation spontanée du gaz dégagé, la dernière étape de l'épreuve doit être effectuée pour déterminer le taux d'émission du gaz inflammable. La méthode d'épreuve recommandée est décrite à la section 33.4.1.4, avec des exemples de résultats. Les résultats de l'épreuve montrent s'il s'agit d'une matière hydrosensible de la division 4.3 et, dans l'affirmative, dictent son affectation au groupe d'emballage I, II ou III.

#### *33.4.1.4 Épreuve N.5 : Méthode d'épreuve pour les matières qui, au contact de l'eau, dégagent des gaz inflammables*

##### *33.4.1.4.1 Introduction*

On évalue l'aptitude d'une matière à dégager des gaz inflammables au contact de l'eau en mettant la matière en contact avec l'eau dans diverses conditions.

##### *33.4.1.4.2 Appareillage et matériels*

Aucun matériel spécial de laboratoire n'est nécessaire.

##### *33.4.1.4.3 Mode opératoire*

33.4.1.4.3.1 La matière doit être éprouvée conformément aux méthodes décrites ci-après; si, à un stade quelconque, il y a inflammation spontanée, l'épreuve est concluante. S'il est établi que la matière ne réagit pas violemment à l'eau, il faut passer au 33.4.1.4.3.5.

33.4.1.4.3.2 On place une petite quantité (c'est-à-dire une portion d'environ 2 mm de diamètre) de la matière à essayer dans un bac contenant de l'eau distillée à 20 °C. On note :

- a) s'il y a dégagement de gaz;
- b) s'il y a inflammation spontanée du gaz.

33.4.1.4.3.3 On place une petite quantité de matière (c'est-à-dire une portion d'environ 2 mm de diamètre) au centre d'un papier-filtre flottant à la surface d'un bain d'eau distillée à 20 °C, dans un récipient approprié tel qu'une capsule à évaporation d'un diamètre de 100 mm. Le rôle du papier-filtre est de maintenir la matière en un point fixe, afin d'obtenir la probabilité maximale d'inflammation spontanée du gaz dégagé. On note :

- a) s'il y a dégagement de gaz;
- b) s'il y a inflammation spontanée du gaz.

33.4.1.4.3.4 On dépose la matière à essayer en un tas d'environ 20 mm de haut et 30 mm de diamètre, avec un creux au sommet. On verse dans ce dernier quelques gouttes d'eau. On note :

- a) s'il y a dégagement de gaz;
- b) s'il y a inflammation spontanée du gaz.

33.4.1.4.3.5 S'il s'agit d'une matière solide, on l'inspecte pour déterminer si elle contient une certaine quantité de particules fines (c'est-à-dire de granulométrie inférieure à 500 µm). Si cette quantité représente plus de 1 % (en masse) du total, ou s'il s'agit d'une matière friable, l'échantillon entier doit être broyé en poudre avant l'épreuve pour simuler les effets d'effritement au cours de la manutention et du transport; dans le cas contraire, on utilisera pour l'essai la matière sous sa forme commerciale, comme dans le cas des liquides. L'essai, qui doit se dérouler à la température ambiante (20 °C) et à la pression atmosphérique, est exécuté trois fois. On utilise une ampoule à décanter contenant de l'eau, et une fiole conique dans laquelle on a placé une quantité suffisante de matière (jusqu'à un maximum de 25 g) pour produire de 100 à 250 ml de gaz. On ouvre le robinet de l'ampoule à décanter pour laisser couler l'eau dans la fiole conique; on déclenche un chronomètre. Le volume de gaz produit est mesuré de toute manière appropriée. On note la durée totale du dégagement de gaz; on note également, si possible, la quantité produite à certains intervalles. La production de gaz est calculée sur une durée de 7 heures à intervalles d'une heure. Si le débit de gaz fluctue ou augmente après 7 heures, la durée de mesure doit être prolongée jusqu'à un maximum de cinq jours. On peut cependant arrêter l'épreuve avant si le débit est devenu constant ou diminue régulièrement et que l'on a recueilli suffisamment de données pour pouvoir affecter la matière à un groupe d'emballage ou conclure qu'elle ne relève pas de la division 4.3. Si la nature chimique du gaz dégagé n'est pas connue, il doit être soumis à un essai d'inflammabilité.

33.4.1.4.4 Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

33.4.1.4.4.1 Une matière doit être classée dans la division 4.3 :

- a) s'il y a inflammation spontanée à un stade quelconque de l'épreuve;
- b) s'il y a dégagement de gaz inflammable à un taux supérieur à 1 litre par kilogramme de matière et par heure.

33.4.1.4.4.2 Est affectée au groupe d'emballage I toute matière qui réagit très vivement avec l'eau à la température ambiante en dégageant de manière générale un gaz susceptible de s'enflammer spontanément, ou qui réagit assez vivement avec l'eau à la température ambiante en dégageant un gaz inflammable au taux de 10 litres ou plus par kilogramme de matière et par minute.

33.4.1.4.4.3 Est affectée au groupe d'emballage II toute matière qui réagit assez vivement avec l'eau à la température ambiante en dégageant un gaz inflammable au taux maximal de 20 litres ou plus par kilogramme de matière et par heure, sans toutefois satisfaire aux critères de classement dans le groupe d'emballage I.

33.4.1.4.4.4 Est affectée au groupe d'emballage III toute matière qui réagit lentement avec l'eau à la température ambiante en dégageant un gaz inflammable au taux maximal d'un litre ou plus par kilogramme de matière et par heure, sans toutefois satisfaire aux critères du classement dans les groupes I ou II.

33.4.1.4.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Taux d'émission de gaz (litre/kg.h)</b>	<b>Inflammation spontanée du gaz (oui/non)</b>	<b>Résultat</b>
Éthylènebisdithiocarbamate de manganèse, complexe avec 88 % de sel de zinc (Mancozèbe)	0	Non applicable	Pas 4.3





## SECTION 34

### PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES COMBURANTES DE LA DIVISION 5.1

#### 34.1 **Objet**

34.1.1 Cette section présente le système ONU de classement des matières comburantes de la division 5.1 (voir la section 2.5.2 du Règlement type). Le texte doit être utilisé conjointement avec les principes de classement énoncés aux 2.5.2.2 et 2.5.2.3 du Règlement type et avec les méthodes d'épreuve décrites à la section 34.4 du présent Manuel.

#### 34.2 **Domaine d'application**

34.2.1 Les nouveaux produits présentés au transport doivent être soumis aux épreuves de classement énoncées aux 2.5.2.2.1 et 2.5.2.2.2 ou 2.5.2.3.1 et 2.5.2.3.2 du Règlement type, sauf si cela est impossible (par exemple pour des raisons liées à l'état physique). Les matières qui ne peuvent pas être éprouvées sont à classer par analogie avec les rubriques existantes. La procédure de classement doit être appliquée avant qu'un nouveau produit ne soit présenté au transport.

#### 34.3 **Procédure de classement**

Les procédures d'épreuves décrites dans le présent document permettent d'évaluer de façon satisfaisante le danger que représentent les matières comburantes pour permettre à l'autorité compétente de leur attribuer un classement approprié en vue de leur transport. En cas de divergence entre les résultats d'épreuves et les données d'expérience, c'est le jugement fondé sur ces dernières qui doit avoir la priorité.

##### 34.3.1 *Matières comburantes solides*

Un essai est effectué pour déterminer si une matière solide a le pouvoir d'accroître la vitesse ou l'intensité de combustion d'une matière combustible avec laquelle elle est mélangée de manière homogène. La méthode d'épreuve recommandée est présentée ici ainsi qu'à la sous-section 2.5.2.2 du Règlement type. Les résultats de l'épreuve montrent s'il s'agit d'une matière comburante solide de la division 5.1 et, dans l'affirmative, dictent son affectation au groupe d'emballage I, II ou III (voir aussi l'ordre de prépondérance des caractéristiques de danger à la section 2.0.3 du Règlement type). Étant donné que la taille des particules a un effet sensible sur le résultat, cette taille doit être indiquée dans le rapport pour la matière éprouvée.

##### 34.3.2 *Liquides comburants*

On effectue une épreuve pour déterminer si un liquide a le pouvoir d'accroître la vitesse de combustion ou l'intensité de la combustion d'une matière combustible, ou de causer l'inflammation spontanée d'une matière combustible avec laquelle il est mélangé de manière homogène. La méthode d'épreuve recommandée est fondée sur la mesure du temps de montée en pression pendant la combustion. Les résultats de l'épreuve montrent s'il s'agit d'une matière comburante liquide de la division 5.1 et dans l'affirmative dictent son affectation au groupe d'emballage I, II ou III (voir aussi l'ordre de prépondérance des caractéristiques de danger à la section 2.0.3 du Règlement type).

## 34.4 Méthodes d'épreuve pour les matières comburantes

### 34.4.1 Épreuve O.1 : Épreuve pour les matières comburantes solides

#### 34.4.1.1 Introduction

La présente méthode vise à déterminer l'aptitude d'une matière solide à accroître la vitesse de combustion ou l'intensité de combustion d'une matière combustible avec laquelle elle est intimement mélangée. Des essais sont respectivement exécutés sur un mélange matière/cellulose fibreuse séchée en deux proportions : 1/1 et 4/1 (en masse).

Les caractéristiques de combustion de chaque mélange sont comparées à celles d'un mélange de référence bromate de potassium/cellulose de 3/7(en masse). Si la durée de combustion est égale ou inférieure à celle de ce mélange de référence, les durées de combustion doivent être comparées avec celles des mélanges de référence pour le classement dans les groupes d'emballage I ou II, à savoir bromate de potassium/cellulose de 3/2 et 2/3 (en masse).

#### 34.4.1.2 Appareillage et matériels

34.4.1.2.1 La matière de référence est le bromate de potassium de qualité technique pure. La matière ne doit pas être broyée; elle doit avoir une granulométrie telle qu'elle soit refusée par une maille de 0,15 mm. Elle doit subir un séchage à 65 °C pendant 12 heures au moins, puis être maintenue dans un dessiccateur en présence de dessiccant jusqu'à refroidissement et utilisation.

34.4.1.2.2 Comme matériau combustible, on utilise de la cellulose fibreuse séchée<sup>1</sup>, ayant une longueur de fibre comprise entre 50 et 250 µm pour un diamètre moyen de 25 µm. Elle doit être mise à sécher en couche de moins de 25 mm d'épaisseur à 105 °C pendant au moins 4 heures, puis maintenue dans un dessiccateur en présence de dessiccant jusqu'à refroidissement et utilisation. Sa teneur en eau doit être inférieure à 0,5 % en masse (rapportée au poids sec). Si cela est nécessaire pour satisfaire à cette condition, la durée de séchage doit être prolongée.

34.4.1.2.3 On doit disposer d'une source d'inflammation constituée par une boucle de fil conducteur d'un métal inerte (nickel/chrome, par exemple), raccordée à une source électrique et répondant aux caractéristiques ci-après :

- |  |   |                |
|--|---|----------------|
| a) Longueur                                  | = | 30 ± 1 cm;     |
| b) Diamètre                                  | = | 0,6 ± 0,05 mm; |
| c) Résistance électrique                     | = | 6,0 ± 0,5 Ω/m; |
| d) Puissance électrique dissipée dans le fil | = | 150 ± 7 W.     |

La boucle doit avoir la configuration de la figure 34.4.1.1.

34.4.1.2.4 Un entonnoir en verre à 60°, bouché à son extrémité étroite, ayant un diamètre interne de 70 mm à l'ouverture, doit être utilisé pour former des tas tronconiques de mélange d'essai. Ces tas, ayant 70 mm de diamètre à la base reposent, sur une plaque froide, d'un matériau inerte et mauvais conducteur de la chaleur. On peut utiliser par exemple une plaque de 150 × 150 mm de côté et de 6 mm d'épaisseur et ayant une conductivité thermique (à 0 °C) de 0,23 W.m<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>. D'autres plaques peuvent être utilisées à condition qu'elles aient la même conductivité thermique.

<sup>1</sup> Pour l'obtenir s'adresser au correspondant national en France pour les détails des épreuves (voir l'appendice 4).

34.4.1.2.5 On doit également disposer d'une hotte ventilée ou d'un local d'essai ventilé; la vitesse de l'air, toutefois, ne devrait pas y excéder 0,5 m/s. **Le système d'extraction de la fumée devrait être adapté à l'aspiration de fumées toxiques.**

34.4.1.2.6 On inspecte la matière, telle qu'elle doit être transportée, pour déterminer si elle comprend des particules inférieures à 500 µm de diamètre. Si celles-ci représentent plus de 10 % (en masse) du total, ou si la matière est friable, on doit broyer l'échantillon entier en fine poudre avant les essais afin de tenir compte d'une éventuelle réduction de la granulométrie au cours de la manutention et du transport.

#### 34.4.1.3 *Mode opératoire*

34.4.1.3.1 On prépare des doses de 30,0 g ± 0,1 g de mélange de matières de référence et de cellulose dans les proportions bromate de potassium/cellulose de 3/7, de 2/3 et de 3/2 (en masse). On prépare également des doses de 30,0 g ± 0,1 g de mélange de la matière à éprouver, avec la granulométrie qu'elle aura lors du transport (voir le paragraphe 34.4.1.2.6) et de cellulose, avec des proportions comburant/cellulose de 4/1 et de 1/1 (en masse). Chaque mélange doit être brassé mécaniquement de manière aussi intime que possible, sans malaxage excessif. Chaque mélange à essayer doit être préparé séparément, utilisé le plus tôt possible et ne pas être prélevé dans un lot plus important.

34.4.1.3.2 Avec l'entonnoir, on forme des tas tronconiques de mélange, ayant 70 mm de diamètre à la base, posés sur la boucle d'allumage, reposant elle-même sur la plaque d'essai à faible conductivité thermique. Cette plaque est ensuite placée dans un local ventilé et l'épreuve est exécutée à la pression atmosphérique, à une température ambiante de 20 °C ± 5 °C.

34.4.1.3.3 Le courant électrique est appliqué au fil d'allumage; celui-ci reste sous tension pendant toute la durée de l'épreuve ou pendant 3 min en l'absence d'inflammation et de combustion du mélange. La durée de combustion à enregistrer doit être mesurée entre l'instant où le fil d'allumage est mis sous tension et celui où s'achève la réaction principale (inflammation, incandescence ou combustion rougeoyante). Il ne sera pas tenu compte d'une réaction intermittente telle que projection d'étincelles ou crépitements intervenant après la réaction principale. S'il y a rupture du fil de chauffage au cours de l'essai, ce dernier doit être répété, sauf si manifestement la rupture du fil n'a pas influé sur le résultat. L'épreuve doit être exécutée cinq fois sur chaque matière. Cinq essais doivent aussi être exécutés sur chaque mélange de référence à utiliser pour l'affectation à un groupe d'emballage ou pour la décision de ne pas classer la matière dans la division 5.1.

#### 34.4.1.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

34.4.1.4.1 Pour l'évaluation des résultats, on se fonde sur les critères suivantes :

- a) La comparaison de la durée de combustion moyenne avec celle des mélanges de référence;
- b) Le fait que le mélange matière/cellulose s'enflamme et brûle.

34.4.1.4.2 Les critères de classement, pour ce qui est des propriétés comburantes d'une matière, sont les suivants :

Groupe d'emballage I : Toute matière qui, en mélange de 4/1 ou de 1/1 avec la cellulose (en masse) a une durée de combustion moyenne inférieure à la durée de combustion moyenne d'un mélange bromate de potassium/cellulose de 3/2 (en masse);

Groupe d'emballage II : Toute matière qui, en mélange de 4/1 ou de 1/1 avec la cellulose (en masse) a une durée de combustion moyenne égale ou inférieure à la durée de combustion moyenne d'un mélange bromate de potassium/cellulose de 2/3 (en masse) et qui ne remplit pas les critères de classement dans le groupe d'emballage I;

Groupe d'emballage III : Toute matière qui, en mélange de 4/1 ou de 1/1 avec la cellulose (en masse) a une durée de combustion moyenne égale ou inférieure à la durée de combustion moyenne d'un mélange bromate de potassium/cellulose de 3/7 (en masse) et qui ne remplit pas les critères de classement dans les groupes d'emballage I et II;

Matière exclue de la division 5.1 : Toute matière qui, en mélange de 4/1 et de 1/1 avec la cellulose (en masse) ne s'enflamme ni ne brûle en aucun cas, ou a une durée de combustion moyenne supérieure à celle d'un mélange bromate de potassium/cellulose de 3/7 (en masse).

Dans le cas des matières présentant des risques supplémentaires, par exemple de toxicité ou de corrosivité, il doit être satisfait aux dispositions de la section 2.0.3 du Règlement type.

#### 34.4.1.5 Exemples de résultats

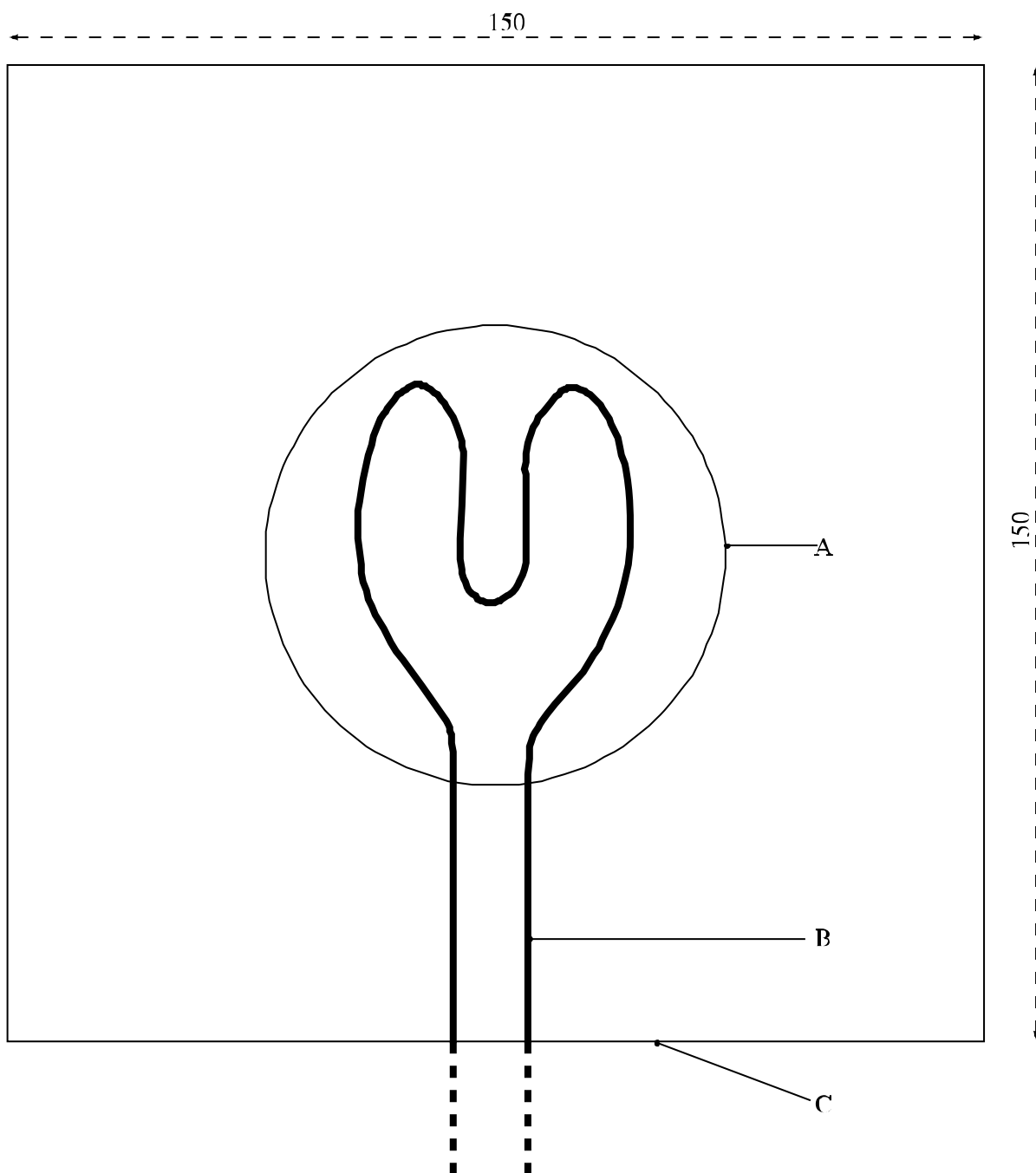
**NOTA :** Les résultats d'épreuve ci-après sont seulement donnés à titre indicatif, car les résultats obtenus avec chaque comburant dépendent de la granulométrie, etc.

Matière	Temps de combustion moyen (s)		Résultat
	4/1	1/1	
Bichromate d'ammonium	55	189	Groupe d'emballage III <sup>a</sup>
Chlorate de sodium	5	13	Groupe d'emballage II
Nitrate ammonio-cérique	10	36	Groupe d'emballage II <sup>b</sup>
Nitrate d'ammonium (cristallisé)	161	74	Groupe d'emballage III
Nitrate de calcium (anhydre)	10	25	Groupe d'emballage II <sup>c</sup>
Nitrate de calcium (tétrahydrate)	268	142	Pas 5.1
Nitrate de cobalt (hexahydrate)	205	390	Pas 5.1
Nitrate de nickel	101	221	Pas 5.1 <sup>c</sup>
Nitrate de sodium	56	39	Groupe d'emballage II <sup>c</sup>
Nitrate de strontium (anhydre)	107	237	Pas 5.1 <sup>c</sup>
Nitrite de potassium	8	15	Groupe d'emballage II
Nitrite de sodium	15	22	Groupe d'emballage II <sup>c</sup>
Perchlorate de potassium	9	33	Groupe d'emballage II
Permanganate de potassium	17	51	Groupe d'emballage II
Trioxyde de chrome	3	33	Groupe d'emballage I <sup>a</sup>
<i>Temps de combustion pour les mélanges de matière de référence avec la cellulose</i>			
3/7 Bromate de potassium/cellulose	100 s		
2/3 Bromate de potassium/cellulose	54 s		
3/2 Bromate de potassium/cellulose	4 s		

<sup>a</sup> Actuellement groupe d'emballage II mais à la limite.

<sup>b</sup> Non classé actuellement.

<sup>c</sup> Actuellement groupe d'emballage III.



- 
- (A) Base du tas conique (diamètre 70 mm)
  - (B) Fil chauffant
  - (C) Plaque à faible conductivité thermique
- 

**Figure 34.4.1.1 : PLAQUE D'ESSAI ET FIL D'ALLUMAGE**

## 34.4.2 *Épreuve O.2 : Épreuve pour les liquides comburants*

### 34.4.2.1 *Introduction*

La présente méthode vise à déterminer l'aptitude d'un liquide à accroître la vitesse de combustion ou l'intensité de la combustion d'une matière combustible, ou de causer l'inflammabilité spontanée d'une matière combustible avec laquelle il est mélangé de manière homogène. Pour l'essai, le liquide est mélangé avec de la cellulose fibreuse, en proportion de 1/1 (en masse). On chauffe ensuite le mélange dans une bombe et on mesure la vitesse de montée en pression<sup>2</sup>.

### 34.4.2.2. *Appareillage et matériels*

34.4.2.2.1 On doit disposer d'une bombe telle que celle utilisée pour l'épreuve pression/temps (voir première partie du présent Manuel, épreuve 1 c) i)). Le dispositif d'essai (voir la figure 34.4.2.1) est constitué par une bombe cylindrique en acier de 89 mm de longueur et de 60 mm de diamètre extérieur. La bombe comporte deux plats usinés en des points diamétralement opposés (réduisant sa largeur à cet endroit à 50 mm), ce qui permet de l'immobiliser pour le serrage du bouchon de mise à feu et du bouchon à évent. Elle est alésée intérieurement à 20 mm et comporte aux deux extrémités un chambrage de 19 mm de profondeur taraudé au pas de 1 en tube normalisé BSP (British Standard Pipe). Une prise de pression est vissée latéralement dans le corps de la bombe à 35 mm d'une extrémité, et à un angle de 90° par rapport aux plats. Elle se visse dans un chambrage de 12 mm de profondeur taraudé au pas de 1/2 en tube normalisé BSP. Si nécessaire, un joint en un matériau inerte est utilisé pour assurer l'étanchéité au gaz. La prise de pression fait saillie latéralement de 55 mm par rapport au corps de la bombe et elle est percée d'un trou axial de 6 mm. Elle comporte à son extrémité extérieure un chambrage taraudé pour recevoir un capteur de pression du type à diaphragme. Tout autre type de dispositif de mesure de la pression peut être utilisé, à condition qu'il résiste aux gaz chauds et produits de décomposition et qu'il puisse réagir à des accroissements de pression de 690 à 2 070 kPa en moins de 5 ms.

34.4.2.2.2 L'extrémité de la bombe la plus éloignée du raccord est fermée par un bouchon fileté qui porte deux électrodes, dont l'une est isolée du corps du bouchon et l'autre mise à la masse. L'autre extrémité est fermée par un disque de rupture en aluminium de 0,2 mm d'épaisseur (taré à une pression de 2 200 kPa (320 psi)), maintenu en place par un bouchon comportant un évent de 20 mm. Si nécessaire, un joint inerte est utilisé pour assurer la bonne étanchéité entre le bouchon et la bombe. Un porte-bombe spécial (figure 34.4.2.2) permet de maintenir la bombe dans la position voulue pendant les essais. Il est constitué par une embase en acier doux de 235 mm × 184 mm × 6 mm, sur laquelle est soudé obliquement un tube de section carrée (de 70 mm × 70 mm × 4 mm) de 185 mm de longueur.

34.4.2.2.3 À une extrémité du tube carré, on a enlevé une certaine longueur de métal sur deux faces opposées, ce qui laisse une longueur de 86 mm de tube carré prolongée par deux côtés plats. Les extrémités de ces plats sont coupées à 60° par rapport à l'axe du tube et soudées à la plaque d'embase. Une encoche de 22 mm de large et de 46 mm de profondeur est découpée sur un côté en haut du tube carré, de telle manière que lorsque la bombe repose sur le support, bouchon de mise à feu vers le bas, le raccord de prise de pression vienne s'y loger. Une entretoise en acier de 30 mm de largeur et 6 mm d'épaisseur est soudée sur la paroi intérieure du tube du côté orienté vers le bas. Deux trous taraudés dans le côté opposé reçoivent des vis à molettes de 7 mm, qui servent à fixer la bombe. Deux rebords en acier de 12 mm de largeur et de 6 mm d'épaisseur, soudés sur les flancs du support à la base de la section carrée soutiennent la bombe par le fond.

34.4.2.2.4 Le dispositif d'inflammation est constitué par un enroulement de fil au Ni/Cr de 25 cm de longueur, de 0,6 mm de diamètre, et d'une résistance électrique de 3,85 Ω/m. Le fil a été enroulé en forme de bobine sur un mandrin de 5 mm de diamètre; ses extrémités sont reliées aux électrodes du bouchon de mise à feu. La distance entre la face supérieure du bouchon et le point le plus bas de l'enroulement de chauffage

<sup>2</sup> Dans certains cas, des matières peuvent engendrer une augmentation de pression (trop élevée ou trop faible) due à des réactions chimiques non caractéristiques des propriétés comburantes de ces matières. Il peut alors se révéler nécessaire de répéter l'épreuve en remplaçant la cellulose par une matière inerte, par exemple la diatomite (kieselguhr), afin de vérifier s'il ne s'agit pas d'un effet non comburant.

doit être de 20 mm. Si les électrodes ne sont pas réglables en longueur, les deux sections de fil chauffant situées entre la bobine et la face supérieure du bouchon doivent être isolées par une gaine de céramique. Le fil doit être alimenté par une source électrique stable pouvant fournir une intensité d'au moins 10 A.

34.4.2.2.5 Comme matériau combustible on utilise de la cellulose fibreuse séchée<sup>3</sup> ayant une longueur de fibre comprise entre 50 et 250 µm pour un diamètre de 25 µm. On la fait sécher en couche de moins de 25 mm d'épaisseur à 105 °C pendant 4 heures, puis on la maintient dans un dessiccateur en présence de dessiccant jusqu'à refroidissement et utilisation. La teneur en eau doit être inférieure à 0,5 % en masse (rapportée au poids sec). Si cela est nécessaire pour satisfaire à cette condition, la durée de séchage doit être prolongée.

34.4.2.2.6 Comme matière de référence, il faut utiliser les produits suivants : acide perchlorique à 50 %, solution aqueuse de chlorate de sodium à 40 %, acide nitrique aqueux à 65 %.

34.4.2.2.7 La concentration de la matière éprouvée doit être précisée dans le rapport. Si des solutions saturées sont éprouvées, elles doivent être préparées à 20 °C.

#### 34.4.2.3 *Mode opératoire*

34.4.2.3.1 La bombe montée, avec son capteur de pression, mais non fermée par son disque de rupture, est posée bouchon d'allumage vers le bas dans son support. On mélange 2,5 g du liquide à éprouver avec 2,5 g de cellulose séchée dans un bécher en verre avec un agitateur en verre. ***Pour des raisons de sécurité, lors de cette opération, le manipulateur devrait s'abriter derrière un écran de protection.*** (Si le mélange s'enflamme spontanément au cours du brassage ou du remplissage, il n'est pas nécessaire de poursuivre l'essai.) On remplit la bombe en plusieurs fois en tassant par petits chocs contre un objet dur; on s'assure qu'il n'y a pas de vide autour de l'enroulement de chauffage et que le mélange est directement en contact avec celui-ci. On doit cependant veiller à ne pas déformer l'enroulement en tassant le mélange. On met en place le disque de rupture et on visse le bouchon à évent en le bloquant. La bombe chargée est alors posée sur le porte-bombe, disque de rupture vers le haut, l'ensemble est placé dans une hotte blindée ou dans une chambre de tir. On raccorde les bornes extérieures du bouchon de mise à feu à une source électrique et on applique au dispositif de chauffage un courant de 10 A. Il ne devrait pas s'écouler plus de 10 min entre le début de la préparation du mélange et le moment de la mise sous tension.

34.4.2.3.2 Le signal émis par le capteur de pression est enregistré sur un système permettant d'effectuer un enregistrement permanent de la courbe pression/temps et une analyse de cette courbe (enregistreur de signaux transitoires couplé à un enregistreur sur bande de papier par exemple). Le chauffage se poursuit jusqu'à rupture du disque ou pendant une durée d'au moins 60 s. ***S'il n'y a pas rupture, on doit attendre que le mélange ait refroidi avant d'ouvrir la bombe, ce que l'on doit faire prudemment en prenant des précautions pour le cas où celle-ci serait encore sous pression.*** Cinq essais sont exécutés avec le mélange et avec chacune des matières de référence. On note le temps nécessaire pour monter de 690 kPa à 2 070 kPa (pression manométrique). On retient pour le classement la moyenne des temps obtenus.

#### 34.4.2.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

34.4.2.4.1 Pour l'évaluation des résultats, on se fonde sur les critères suivants :

- a) Le fait que le mélange matière/cellulose s'enflamme spontanément ou non;
- b) La comparaison du temps moyen de montée de 690 kPa à 2 070 kPa (pression manométrique) avec le temps moyen obtenu pour les matières de référence.

---

<sup>3</sup> Pour l'obtenir s'adresser au correspondant national en Suède pour les détails des épreuves (voir l'appendice 4).

34.4.2.4.2 Les critères de classement d'une matière pour ce qui est des propriétés comburantes, sont les suivants :

- Groupe d'emballage I : Toute matière qui, en mélange de 1/1 (en masse) avec la cellulose :
- s'enflamme spontanément; ou
  - a un temps moyen de montée en pression inférieur ou égal à celui d'un mélange acide perchlorique à 50 %/cellulose de 1/1 (en masse);
- Groupe d'emballage II : Toute matière qui en mélange de 1/1 (en masse) avec la cellulose :
- a un taux moyen de montée en pression inférieur ou égal à celui d'un mélange chlorate de sodium en solution aqueuse à 40 %/cellulose de 1/1 (en masse); et
  - qui ne remplit pas les critères de classement dans le groupe d'emballage I;
- Groupe d'emballage III : Toute matière qui en mélange de 1/1 (en masse) avec la cellulose :
- a un temps moyen de montée en pression inférieur ou égal à celui d'un mélange acide nitrique en solution aqueuse à 65 %/cellulose de 1/1 (en masse); et
  - qui ne remplit pas les critères de classement dans les groupes d'emballage I et II.
- Matière exclue de la division 5.1 : Toute matière qui en mélange de 1/1 (en masse) avec la cellulose :
- produit une pression maximale inférieure à 2 070 kPa (pression manométrique); ou
  - a un temps moyen de montée en pression supérieur à celui d'un mélange acide nitrique en solution aqueuse à 65 %/cellulose de 1/1 (en masse).

Dans le cas des matières présentant des risques supplémentaires, par exemple de toxicité ou de corrosivité, il doit être satisfait aux dispositions de la section 2.0.3 du Règlement type.



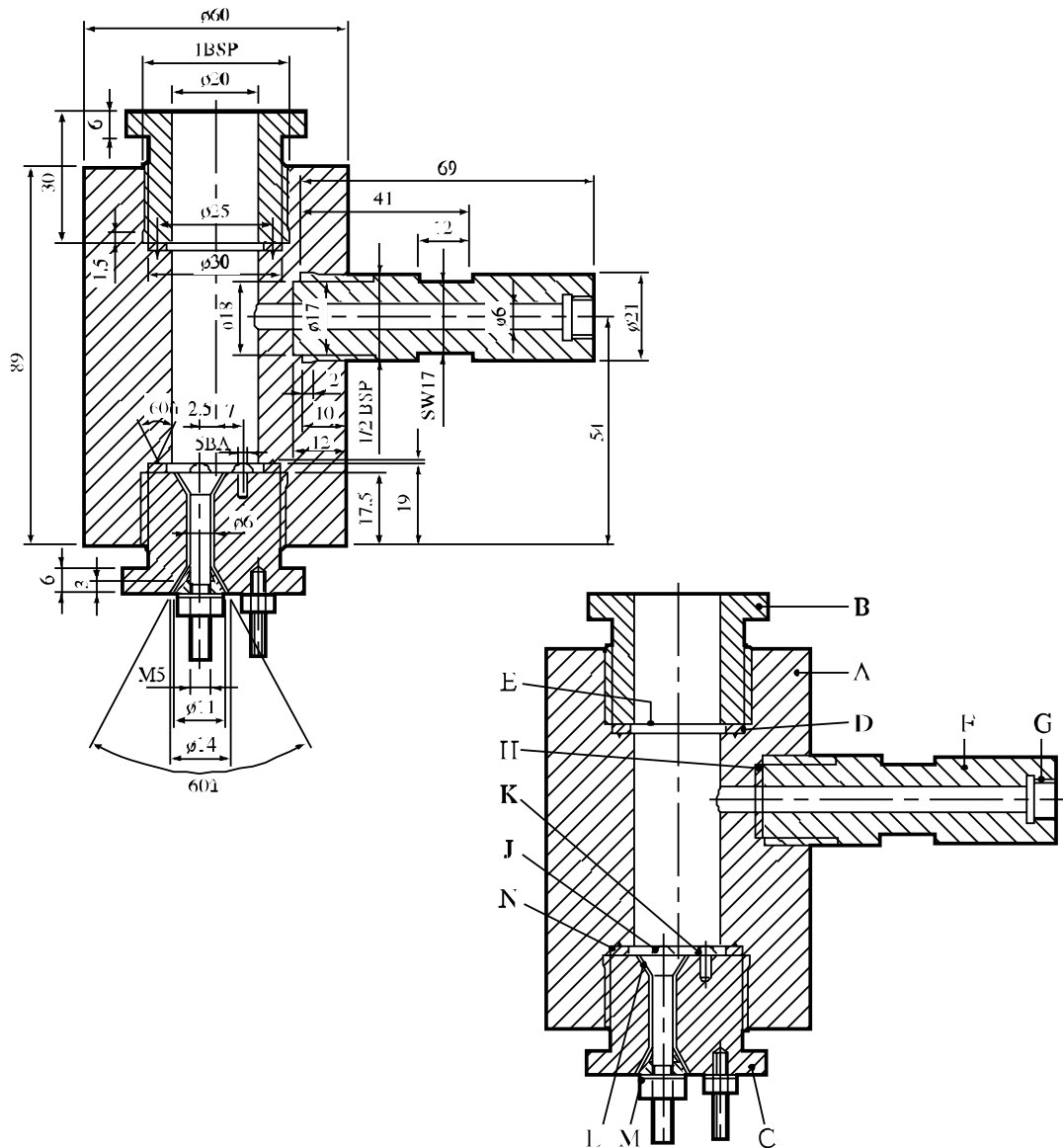
## 34.4.2.5 Exemples de résultats

<b>Matière</b>	<b>Temps moyen de montée en pression pour un mélange de 1/1 avec cellulose (ms)</b>	<b>Résultat</b>
Acide nitrique, 65 %	4 767 <sup>a</sup>	Groupe d'emballage III <sup>b</sup> de la division 5.1
Acide perchlorique, 50 %	121 <sup>a</sup>	Groupe d'emballage II de la division 5.1
Acide perchlorique, 55 %	59	Groupe d'emballage I de la division 5.1
Bichromate d'ammonium, en solution aqueuse saturée	20 800	Pas 5.1
Chlorate de sodium, en solution aqueuse à 40 %	2 555 <sup>a</sup>	Groupe d'emballage II de la division 5.1
Nitrate d'argent, en solution aqueuse saturée	<sup>c</sup>	Pas 5.1
Nitrate de calcium, en solution aqueuse saturée	6 700	Pas 5.1
Nitrate de fer III, en solution aqueuse saturée	4 133	Groupe d'emballage III de la division 5.1
Nitrate de nickel, en solution aqueuse saturée	6 250	Pas 5.1
Nitrate de potassium, en solution aqueuse à 30 %	26 690	Pas 5.1
Nitrate de sodium, en solution aqueuse à 45 %	4 133	Groupe d'emballage III de la division 5.1
Perchlorate de lithium, en solution aqueuse saturée	1 686	Groupe d'emballage II de la division 5.1
Perchlorate de magnésium, en solution aqueuse saturée	777	Groupe d'emballage II de la division 5.1
<i>Matière inerte</i>		
Eau/cellulose	<sup>c</sup>	

<sup>a</sup> Valeur moyenne à partir des essais inter-laboratoires comparés.

<sup>b</sup> Groupe d'emballage III d'après l'épreuve mais Classe 8 selon le tableau de l'ordre de prépondérance des caractéristiques de danger.

<sup>c</sup> Pression maximale de 2 070 kPa non atteinte.



- |     |                                    |     |                                       |
|-----|------------------------------------|-----|---------------------------------------|
| (A) | Corps de la pompe                  | (B) | Bouchon retenant le disque de rupture |
| (C) | Bouchon de mise à feu              | (D) | Joint en plomb mou                    |
| (E) | Disque de rupture                  | (F) | Raccord de prise de pression          |
| (G) | Taroudage pour capteur de pression | (H) | Joint                                 |
| (J) | Électrode isolée                   | (K) | Électrode mise à la masse             |
| (L) | Isolation                          | (M) | Cône en acier                         |
| (N) | Rainure de matage du joint         |     |                                       |

Figure 34.4.2.1 : BOMBE

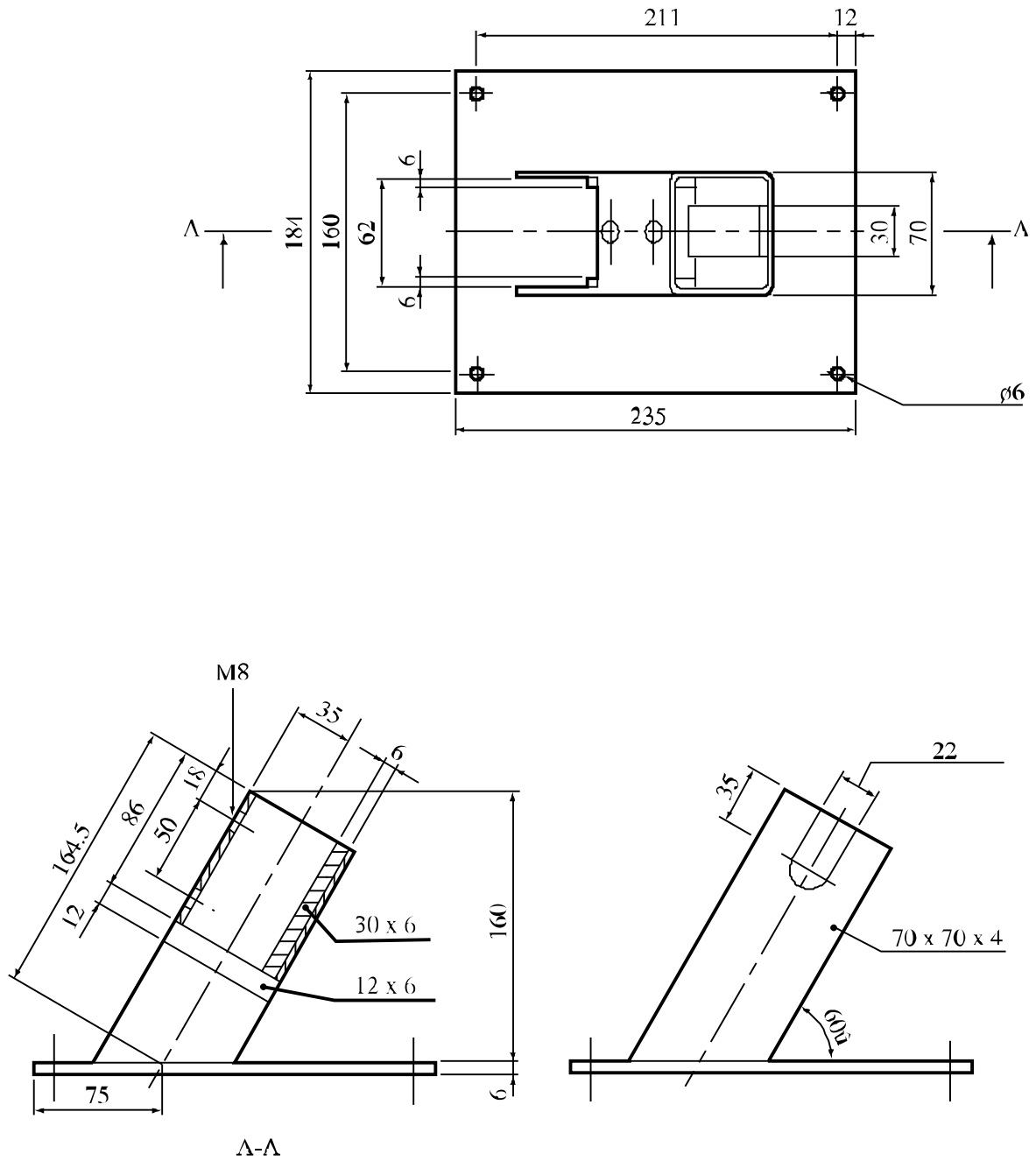
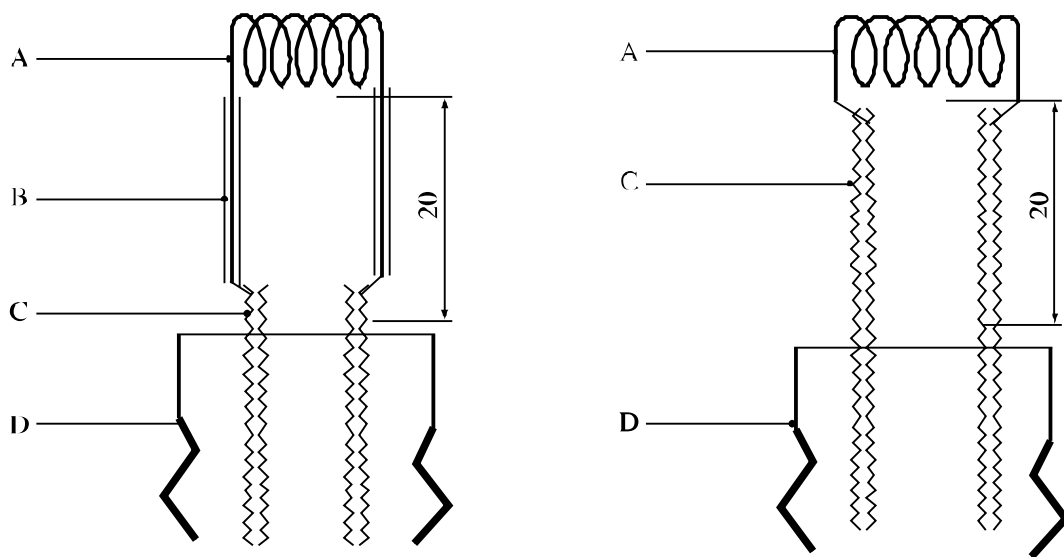


Figure 34.4.2.2 : PORTE-BOMBE



**NOTE :** Ces deux configurations sont admises.

- 
- (A) Enroulement chauffant
  - (B) Gaine
  - (C) Électrode
  - (D) Bouchon
- 

**Figure 34.4.2.3 : SYSTÈME D'INFLAMMATION**

*[35. Réservee pour les procédures de classement, les méthodes d'épreuve et les critères relatifs à la classe 6.]*



*[36. Réservee pour les procédures de classement, les méthodes d'épreuve et les critères relatifs à la classe 7.]*





## SECTION 37

### PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS AUX MATIÈRES DE LA CLASSE 8

#### 37.1 **Objet**

37.1.1 Cette section présente le système ONU de classement des matières corrosives de la classe 8 (voir les sections 2.8.1 et 2.8.2 du Règlement type). La méthode d'épreuve de corrosivité est présentée à la sous-section 37.4 du présent Manuel. La méthode de détermination de la corrosivité pour la peau est décrite dans la Directive 404 de l'OCDE tandis que les critères de corrosivité sont décrits au chapitre 2.8 du Règlement type. S'il est démontré qu'une matière est corrosive pour la peau, il devient inutile d'effectuer les essais de corrosivité pour les métaux aux fins de classification.

#### 37.2 **Domaine d'application**

37.2.1 Les nouveaux produits présentés au transport doivent être soumis aux épreuves de classement mentionnées au paragraphe 2.8.2.5 c) ii) du Règlement type, à moins qu'il ne soit impossible (par exemple à cause des propriétés physiques de la matière) d'exécuter les épreuves. Les matières qui ne peuvent être éprouvées devraient être classées par analogie avec des rubriques existantes. La procédure de classement doit être appliquée avant qu'un produit nouveau ne soit présenté au transport.

#### 37.3 **Procédure de classement**

Les procédures d'épreuve ci-après servent à évaluer le risque de corrosivité en vue d'un classement approprié pour le transport.

#### 37.4 **Méthode d'épreuve de corrosivité pour les métaux**

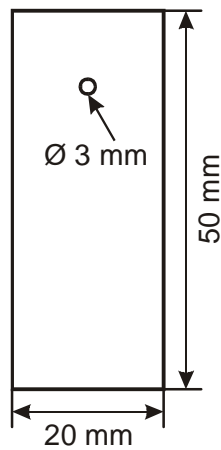
##### 37.4.1 **Introduction**

37.4.1.1 Épreuve C.1: Épreuve de détermination des propriétés corrosives des liquides et des solides qui peuvent se liquéfier au cours du transport en tant que marchandises dangereuses de la classe 8, groupe d'emballage III.

##### 37.4.1.2 *Appareillage et matériel*

Pour l'exposition à la matière corrosive à classer, il doit être produit des éprouvettes constituées de plaquettes de 2 mm d'épaisseur, faites des matériaux suivants:

- Aluminium des types non revêtus 7075-T6 ou AZ5GU-T6;
- Acier des types S235JR+CR (1.0037, respectivement St 37-2), S275J2G3+CR (1.0144, respectivement St 44-3), ISO 3574 ou G10200 du système UNS (Unified Numbering System).



**Figure 37.4.1: ÉPROUVETTE**

Au moins trois jeux d'éprouvettes doivent être utilisés pour chaque matériau (aluminium, acier). On utilise un réacteur cylindrique (en verre ou en PTFE) du modèle représenté à la figure 37.4.2 avec trois cols de dimension appropriée, NS29/32 par exemple, ainsi qu'un col NS14 pour recevoir l'échantillon (voir figure 37.4.1), et un quatrième col de dimension suffisante pour recevoir le réfrigérant à reflux. L'entrée d'air dans le récipient doit être garantie à tout moment. Les échantillons d'aluminium et d'acier doivent être mis à l'épreuve dans des réacteurs différents. Pour éviter la perte de liquide, un réfrigérant à reflux est accordé au réacteur (voir figure 37.4.2).



**Figure 37.4.2: RÉACTEUR AVEC RÉFRIGÉRANT À REFLUX**

Pour l'épreuve de corrosion, on doit disposer d'une quantité minimale de matière à classer de 1,5 l pour que l'agent ne soit pas épuisé avant la fin de la durée d'exposition. Il se peut que l'utilisation de la même solution pendant de très longues périodes fausse les résultats. Afin d'obtenir des résultats justes et d'éviter d'avoir à recommencer l'épreuve, il faudrait tenir compte des éléments suivants :

- a) La solution doit être remplacée plusieurs fois pendant l'épreuve;
- b) Le volume de la solution doit être suffisant pour éviter toute modification appréciable de sa corrosivité pendant l'épreuve;
- c) En cas de doute, la solution doit être analysée en fin d'épreuve pour déterminer un éventuel changement de composition, par exemple, en cas d'évaporation ou de déperdition.

#### 37.4.1.3 *Mode opératoire*

Les échantillons de tôle métallique doivent être polis avec un abrasif de grain 120. Après enlèvement des restes de ponçage à l'alcool dans un bain à ultrasons et dégraissage à l'acétone, les échantillons métalliques doivent être pesés à  $\pm 0,0002$  g près. Il ne doit pas être exécuté de traitement chimique de la surface (décapage, attaque, etc.) pour éliminer les défauts de surface (inhibition, passivation). Les éprouvettes doivent être suspendues à l'intérieur du réacteur avec des fils en PTFE non extrudés. Il ne doit pas être utilisé de fil métallique. Les essais sur les métaux ainsi préparés doivent être entrepris le jour même pour prévenir la réformation de la couche d'oxyde sauf si des mesures appropriées sont prises pour protéger les échantillons en vue des prochaines épreuves. Pour chaque épreuve, une éprouvette de métal doit être immergée dans le liquide, une autre plongée à moitié et une troisième suspendue dans la phase gazeuse. La distance entre le bord supérieur de l'éprouvette immergée et la surface du liquide doit être de 10 mm. Les pertes de liquide doivent être évitées.

La température d'épreuve, à savoir  $55 \text{ °C} \pm 1$ , doit être maintenue tout au long de l'essai y compris dans la phase gazeuse.

Les éprouvettes sont exposées à ces conditions stables pendant une durée minimale d'une semaine (168 h  $\pm$  1 heure). Après l'achèvement de l'essai, les éprouvettes doivent être rincées et nettoyées avec une brosse à poils synthétiques ou naturels (non métalliques). Dans le cas des résidus non enlevables par des moyens mécaniques (produits de corrosion ou dépôts adhérents) des solutions de décapage stabilisées doivent être utilisées. Dans ces cas, un échantillon témoin non exposé devrait être traité de la même manière (en durée, température, concentration et préparation de surface) pour permettre de déterminer la perte de masse causée par le décapage. Cette valeur devrait être déduite avant l'évaluation de l'effet de corrosion. Après nettoyage final à l'alcool et à l'acétone dans un bain à ultrasons suivi d'un séchage, les échantillons métalliques doivent être pesés. La masse alors obtenue permet d'établir, après prise en compte de la masse spécifique du métal, le taux de corrosion.

**37.4.4 Critères d'épreuve et méthodes d'évaluation des résultats**

On distingue deux types d'effets de corrosion.

**37.4.4.1 Évaluation de la corrosion uniforme**

Dans le cas de la corrosion uniforme, on détermine la perte de masse de l'échantillon le plus corrodé. L'épreuve est considérée comme réussie si pour chaque éprouvette la perte de masse enregistrée sur l'éprouvette en métal est supérieure à la valeur indiquée dans le tableau ci-après.

**Tableau 37.4.1.4.1: Perte de masse minimale des échantillons après différentes durées d'exposition**

Durée d'exposition	Perte de masse
7 jours	13,5 %
14 jours	26,5 %
21 jours	39,2 %
28 jours	51,5 %

**NOTA :** Ces valeurs sont calculées sur la base d'un taux de corrosion de 6,25 mm par an.

37.4.4.2 Lorsqu'une corrosion localisée, se produisant en plus ou au lieu d'une corrosion uniforme, attaque la surface, la profondeur du creux le plus profond, respectivement la plus grande diminution d'épaisseur, sera ajoutée ou utilisée seule pour calculer l'intrusion. Si l'intrusion la plus profonde (qui doit être déterminée métallographiquement) dépasse les valeurs indiquées dans le tableau ci-après, l'épreuve est considérée comme réussie.

**Tableau 37.4.1.4.2: Profondeur minimale de l'intrusion après différentes durées d'exposition**

Durée d'exposition	Profondeur minimale de l'intrusion
7 jours	120 µm
14 jours	240 µm
21 jours	360 µm
28 jours	480 µm

## SECTION 38

### PROCÉDURES DE CLASSEMENT, MÉTHODES D'ÉPREUVE ET CRITÈRES RELATIFS À LA CLASSE 9

#### 38.1 Introduction

La présente section comprend les procédures de classement, les méthodes d'épreuve et les critères applicables aux matières et objets de la classe 9.

#### 38.2 Engrais au nitrate d'ammonium sujets à une décomposition autonome

##### 38.2.1 *Objet*

38.2.1.1 La section 38.2 du Manuel présente le système ONU de classement des engrais au nitrate d'ammonium de la classe 9 (voir le numéro ONU 2071 et la disposition spéciale 193 du Règlement type). La méthode d'épreuve a pour objet d'établir si un engrais au nitrate d'ammonium a tendance à une décomposition autonome.

##### 38.2.2 *Domaine d'application*

38.2.2.1 Les nouveaux produits à transporter doivent être soumis à la procédure de classement si leur composition relève de la définition du No ONU 2071. La procédure de classement doit être appliquée avant qu'un nouveau produit ne soit présenté au transport.

##### 38.2.3 *Procédure de classement*

38.2.3.1 La méthode d'épreuve doit être appliquée pour déterminer si une décomposition apparue dans une zone localisée s'étendra à toute la masse. La méthode d'épreuve recommandée, accompagnée des résultats possibles, est décrite à la section 38.2.4. En fonction des résultats de l'épreuve, on décide si la matière est, ou non, un engrais au nitrate d'ammonium de la classe 9.

38.2.3.2 Tous les engrais au nitrate d'ammonium de la classe 9 sont affectés au groupe d'emballage III.

38.2.3.3 Les engrais au nitrate d'ammonium dont la composition est celle qui correspond au No ONU 2071 peuvent être considérés comme des produits qui ne sont pas soumis au Règlement type s'il est établi qu'ils ne sont pas sujets à une décomposition autonome, à condition qu'ils ne contiennent pas un excès de nitrate supérieur à 10 % en masse (calculé en nitrate de potassium).

### **38.2.4      *Épreuve S.1 : Épreuve de décomposition en gouttière visant à déterminer la tendance à la décomposition autonome exothermique d'engrais contenant des nitrates***

#### **38.2.4.1      *Introduction***

On dit qu'un engrais a tendance à une décomposition autonome lorsqu'une décomposition amorcée en un point donné se propage à l'intérieur de la masse. On peut déterminer la tendance d'un engrais, offert au transport, à subir une telle décomposition grâce à l'épreuve de décomposition en gouttière. Celle-ci consiste à amorcer une décomposition en un point donné d'une couche de l'engrais à transporter contenu dans un bac allongé monté horizontalement sur un support et à mesurer la propagation de la décomposition après la suppression de la source de chaleur servant d'amorce.

#### **38.2.4.2      *Appareillage et matériels***

38.2.4.2.1      L'appareillage (figure 38.2.4.1) consiste en une gouttière ouverte sur le dessus dont les dimensions intérieures sont de 150 × 150 × 500 mm. La gouttière est en toile métallique (si possible d'acier inoxydable) à mailles carrées d'environ 1,5 mm de côté et dont le fil a une épaisseur de 1 mm, reposant sur un cadre fait par exemple de barres d'acier de section 15 × 2 mm. A chaque extrémité de la gouttière, la toile métallique peut être remplacée par des plaques d'acier inoxydable d'épaisseur 1,5 mm, mesurant 150 × 150 mm. Le bac doit reposer sur un bon support. Si les dimensions de particule de certains engrais sont telles qu'une quantité notable de matière tombe au travers des mailles de la gouttière, il convient d'utiliser pour l'essai une gouttière de toile métallique à mailles plus serrées ou encore de doubler l'intérieur du bac d'une toile métallique à mailles plus serrées. Pendant l'amorçage, on doit fournir suffisamment de chaleur pour établir un front de décomposition uniforme.

38.2.4.2.2      Pour le chauffage, il est recommandé d'utiliser l'une des deux méthodes suivantes :

*Chauffage électrique.* On place à l'intérieur de la gouttière, à l'une de ses extrémités, un élément de chauffage électrique (puissance : 250 W) enfermé dans une boîte en acier inoxydable (figure 38.2.4.2). La boîte en acier inoxydable a pour dimensions 145 × 145 × 10 mm, avec une épaisseur de paroi d'environ 3 mm. Il convient d'isoler la paroi de la boîte qui n'est pas en contact avec l'engrais à l'aide d'un écran calorifuge (plaque isolante de 5 mm d'épaisseur). On peut protéger la paroi chauffante de la boîte avec une feuille d'aluminium ou une plaque en acier inoxydable.

*Brûleurs à gaz.* On place à l'intérieur de la gouttière, à une extrémité et contre la toile métallique, une plaque en acier, de 1 à 3 mm d'épaisseur (figure 38.2.4.1). Cette plaque est chauffée par deux brûleurs Téclu, qui sont fixés au support du bac et peuvent maintenir la plaque à des températures comprises entre 400 et 600 °C, c'est-à-dire au rouge sombre.

38.2.4.2.3      Pour empêcher l'échauffement par l'extérieur des côtés de la gouttière, il convient d'installer à environ 5 cm de l'extrémité de la gouttière que l'on veut chauffer un écran calorifuge qui consiste en une plaque en acier de 2 mm d'épaisseur.

38.2.4.2.4      L'appareil se conserve plus longtemps s'il est construit entièrement en acier inoxydable. Ceci s'applique tout particulièrement à la toile métallique.

38.2.4.2.5      On peut mesurer la propagation au moyen de thermocouples, en enregistrant l'instant où le front de réaction atteignant le thermocouple, il se produit un brusque accroissement de température.

#### **38.2.4.3      *Mode opératoire***

38.2.4.3.1      Pour évacuer les gaz toxiques dus à la décomposition, on doit placer l'appareil dans une hotte de laboratoire ou dans un espace ouvert, tel que les fumées puissent se disperser facilement. Bien qu'il n'y ait pas de risque d'explosion pendant l'essai, il serait opportun de disposer d'un écran protecteur, par exemple en matière plastique transparente, entre l'appareil et l'observateur.

38.2.4.3.2 On remplit la gouttière d'engrais à l'état dans lequel il doit être transporté et on amorce la décomposition à une extrémité, la source de chaleur étant soit électrique soit à gaz, comme il est expliqué plus haut. On continue de chauffer jusqu'à ce que la décomposition de l'engrais soit bien établie et qu'on ait constaté une propagation du front (sur une distance d'environ 3 à 5 cm). Dans le cas de produits doués d'une grande stabilité thermique, on peut avoir à chauffer pendant une heure. Avec des engrais qui ont tendance à fondre, il convient de régler soigneusement le chauffage en utilisant une petite flamme.

38.2.4.3.3 Vingt minutes environ après avoir cessé de chauffer, on note la position du front de décomposition. Ce front est visible grâce à des différences de couleur, par exemple brun (engrais non décomposé) et blanc (engrais décomposé); il est aussi révélé par la température qu'indiquent les paires adjacentes de thermocouples qui encadrent le front de réaction. On peut établir la vitesse de propagation par le chronométrage du progrès observé ou l'analyse des températures enregistrées par les thermocouples. Il faut noter si la propagation s'arrête dès que le chauffage est interrompu ou si elle se poursuit à travers la matière.

#### 38.2.4.4 *Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats*

38.2.4.4.1 Si la propagation de la décomposition se poursuit à travers la matière, on considère que l'engrais peut subir une décomposition autonome.

38.2.4.4.2 Si la propagation ne gagne pas l'ensemble de la matière, on considère que l'engrais ne risque pas de subir une décomposition autonome.

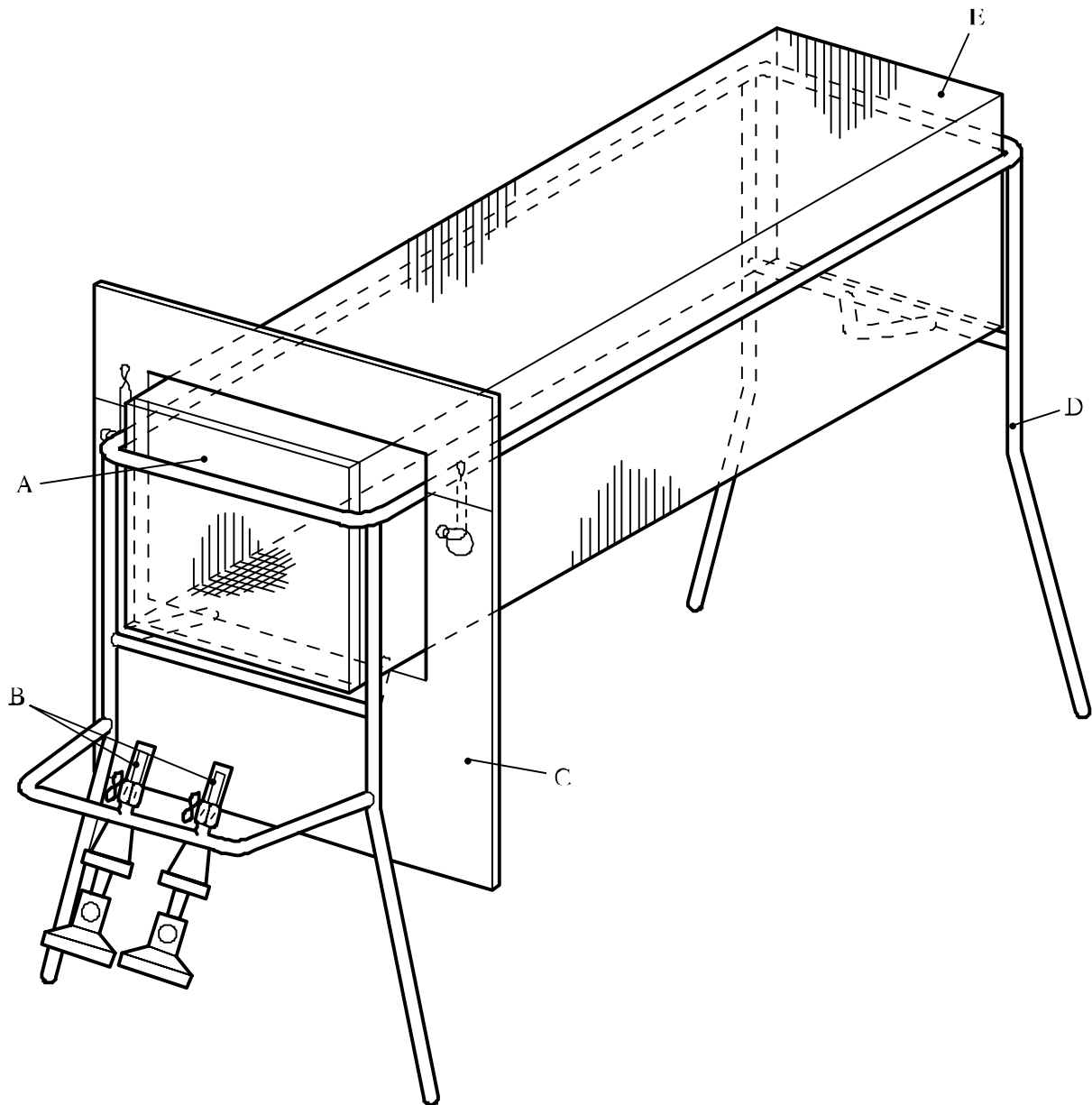
#### 38.2.4.5 *Exemples de résultats*

**NOTA :** La proportion de constituants NPK dans un engrais ne doit pas être utilisée comme critère de l'aptitude de cet engrais à subir une décomposition autonome, car celle-ci dépend des espèces chimiques présentes.

<b>Matière</b>	<b>Distance de propagation (cm)</b>	<b>Résultat</b>
Engrais composé NPK 17-11-22 <sup>a</sup>	50	+
Engrais composé NPK 15-11-8 <sup>a</sup>	10	-
Engrais composé NPK-14-14-14 <sup>a</sup>	10	-
Engrais composé NPK 21-14-14 <sup>a</sup>	10	-
Engrais composé NPK 12-12-18 <sup>b</sup>	50	+

<sup>a</sup> Contient du chlore.

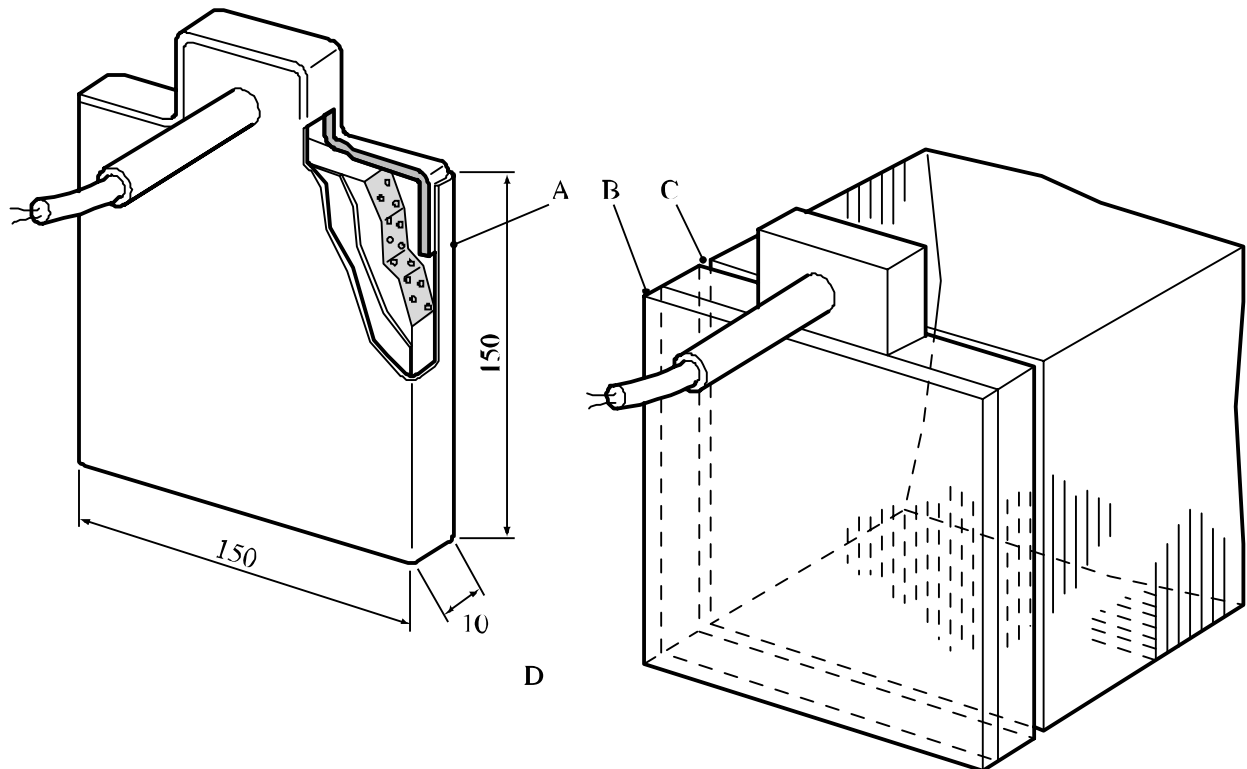
<sup>b</sup> Contient des traces de cobalt et de cuivre mais moins de 1 % de chlore.



- 
- (A) Plaque d'acier ( $150 \times 150$  mm, 1 à 3 mm d'épaisseur)
  - (B) Brûleurs à gaz (par exemple Téclu ou Bunsen)
  - (C) Écran thermique (2 mm d'épaisseur)
  - (D) Cadre (fait par exemple en barre d'acier de section  $15 \times 2$  mm)
  - (E) Gouttière en toile métallique ( $150 \times 150 \times 500$  mm)
- 

**Figure 38.2.4.1 : GOUTTIÈRE EN TOILE MÉTALLIQUE AVEC SUPPORTS ET BRÛLEURS**





- 
- (A) Plaque d'aluminium ou d'acier inoxydable (d'épaisseur 3 mm)
  - (B) Plaque isolante (d'épaisseur 5 mm)
  - (C) Plaque d'aluminium ou d'acier inoxydable (d'épaisseur 3 mm)
  - (D) Position du dispositif de chauffage dans la gouttière
- 

**Figure 38.2.4.2 : DISPOSITIF ÉLECTRIQUE DE CHAUFFAGE (PUISSANCE 250 W)**

### **38.3 Piles au lithium métal et piles au lithium ionique**

#### **38.3.1 *Objet***

La présente section présente la méthode à suivre pour le classement des piles et batteries au lithium métal ou au lithium ionique (voir les Nos ONU 3090, 3091, 3480 et 3481 et les dispositions spéciales applicables du chapitre 3.3 du Règlement type).

#### **38.3.2 *Domaine d'application***

38.3.2.1 Avant la première expédition d'un type particulier de piles ou de batteries au lithium métal ou au lithium ionique, celles-ci doivent être soumises aux épreuves prescrites dans les dispositions spéciales 188 et 230 du chapitre 3.3 du Règlement type. Toute pile ou batterie qui diffère d'un type éprouvé :

- a) Pour les piles et les batteries primaires, par une variation de plus de 0,1 g ou de 20 % de la masse de la cathode, de l'anode ou de l'électrolyte, la valeur la plus élevée étant retenue;
- b) Pour les piles et les batteries rechargeables, par une variation en wattheures de plus de 20 % ou une augmentation de la tension de plus de 20 %; ou
- c) Par une modification susceptible d'influer de manière sensible sur les résultats d'épreuve,

sera considérée comme étant d'un type nouveau et devra subir les épreuves de classement prescrites.

Au cas où un type de pile ou de batterie ne satisferait pas à l'une ou plusieurs des prescriptions d'épreuve, le ou les défauts qui sont à l'origine de l'échec aux épreuves doivent être corrigés avant que ce type de pile ou de batterie ne soit éprouvé une nouvelle fois.

38.3.2.2 Aux fins du classement, on entend par :

*Batterie*, une ou plusieurs piles, dites "piles-éléments", électriquement raccordées de manière permanente, avec l'enveloppe, les bornes et le marquage;

*NOTA*: Les objets habituellement désignés sous le terme de "pack-batterie", "modules" ou "assemblages de batteries" qui ont pour principale fonction de constituer une source de courant pour un autre équipement sont, aux fins du Règlement type et du présent Manuel, soumis aux mêmes prescriptions que les batteries.

*Capacité nominale*, la capacité en ampères-heures d'une pile ou d'une batterie, mesurée dans les conditions de charge, de température et de tension de coupure spécifiées par le fabricant;

*Complètement chargée*, l'état d'une pile ou d'une batterie rechargeable qui a été rechargée électriquement à sa capacité nominale;

*Complètement déchargée*:

l'état d'une pile ou d'une batterie primaire qui a été déchargée électriquement de 100 % de sa capacité nominale; ou

l'état d'une pile ou d'une batterie rechargeable qui a été déchargée électriquement jusqu'à la tension terminale spécifiée par le fabricant;

*Contenu de lithium*, notion s'appliquant aux piles et batteries au lithium métal et alliage de lithium; dans le cas d'une pile au lithium métal ou à l'alliage de lithium, la masse de lithium contenue dans l'anode mesurée à l'état non déchargé s'il s'agit d'une pile primaire et à l'état complètement chargé s'il s'agit d'une pile rechargeable. Le contenu de lithium d'une batterie est égal à la somme en grammes de la quantité de lithium dans les piles constituant la batterie;

*Contenu total de lithium*, la somme en grammes des contenus de lithium des piles constituant une batterie;

*Court-circuit*, le raccordement direct entre les bornes positive et négative d'une pile ou d'une batterie avec une résistance de charge pratiquement nulle;

*Cycle*, une séquence de charge et de décharge complètes d'une pile ou d'une batterie rechargeable;

*Dispositifs de protection*, des dispositifs tels que fusibles, diodes et limiteurs de courant qui coupent le courant, l'arrêtent dans un sens ou le limitent dans un circuit électrique;

*Éclatement*, une ouverture ou une rupture de l'enveloppe telle qu'un matériau solide d'une partie quelconque d'un élément ou d'une batterie transperce un écran de grillage métallique (en fil d'aluminium recuit de 0,25 mm de diamètre, ayant un maillage de 6 à 7 fils par cm) situé à 25 cm de distance de la pile ou de la batterie;

*Effluent*, le liquide ou le gaz s'échappant en cas de fuite d'une pile ou d'une batterie;

*Évacuation de gaz*, le dégagement de la pression interne excessive d'une pile ou batterie d'une façon prévue dans la conception pour éviter la rupture ou l'éclatement;

*Fuite*, échappement de matière à partir d'une pile ou d'une batterie;

*Grande batterie*, une batterie au lithium métal ou au lithium ionique avec une masse brute supérieure à 12 kg;

*Grande pile*, une pile au lithium métal dans laquelle le contenu de lithium de l'anode, à l'état complètement chargé, est supérieur à 12 g, ou, dans le cas d'une pile au lithium ionique, une pile ayant une énergie nominale en wattheures supérieure à 150 Wh;

*Non déchargée*, l'état d'une pile ou d'une batterie primaire n'ayant pas été complètement ou partiellement déchargée;

*Perte de masse*, une perte de masse qui dépasse les valeurs du tableau 38.3.2.2 ci-dessous. Pour quantifier la perte de masse, on procède comme indiqué :

$$\text{Perte de masse (\%)} = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100$$

où  $M_1$  est la masse avant l'épreuve et  $M_2$  est la masse après l'épreuve. Lorsque la perte de masse n'est pas supérieure aux valeurs du tableau 38.3.2.2, on considère qu'il n'y a pas de "perte de masse";

**Tableau 38.3.2.2 - Limites de perte de masse**

Masse $M$ de la pile ou de la batterie	Limites de perte de masse
$M < 1$ g	0,5 %
$1$ g $< M < 5$ g	0,2 %
$M \geq 5$ g	0,1 %

*Petite batterie*, une batterie au lithium métal ou au lithium ionique avec une masse brute inférieure ou égale à 12 kg;

*Petite pile*, une pile au lithium métal dans laquelle le contenu total de lithium de l'anode, à l'état complètement chargé, n'est pas supérieur à 12 g, ou, dans le cas d'une pile au lithium ionique, une pile ayant une énergie nominale en wattheures ne dépassant pas 150 Wh;

*Pile*, un élément électrochimique contenu dans une enveloppe individuelle (une électrode positive et une électrode négative), aux bornes de laquelle il existe une différence de potentiel. Conformément au Règlement type et au présent Manuel, dans la mesure où l'élément électrochimique contenu dans une enveloppe satisfait à la définition de "pile" donnée ici, il s'agit d'une "pile", et non d'une "batterie", indépendamment du fait que l'élément soit désigné en tant que "batterie" ou "batterie à une seule pile" ailleurs que dans le Règlement type ou dans le présent Manuel;

*Pile-élément*, une pile faisant partie d'une batterie;

*Pile ou batterie prismatique*, une pile ou batterie, dont les extrémités sont des surfaces identiques, parallèles et planes, et dont les côtés sont des parallélogrammes;

*Pile ou batterie au lithium ionique*, une pile ou batterie électrochimique rechargeable dans laquelle les électrodes positive et négative sont des produits d'intercalation (le lithium intercalé est présent sous forme ionique ou quasi atomique à l'intérieur du réseau de la matière de l'électrode) sans lithium métallique dans aucune des électrodes. Une pile ou batterie au lithium-polymère qui utilise les propriétés chimiques des ions lithium, selon la description donnée ici, est réglementée comme les piles ou batteries au lithium ionique;

*Pile ou batterie de type bouton*, une petite pile ou batterie ronde dont la hauteur totale est inférieure au diamètre;

*Premier cycle*, le cycle initial de charge-décharge exécuté après achèvement de toutes les opérations de fabrication;

*Primaire*, une pile ou une batterie qui n'est pas conçue pour être chargée ou rechargée électriquement;

*Rechargeable*, une pile ou une batterie qui est conçue pour être rechargée électriquement;

*Rupture*, la défaillance mécanique de l'enveloppe d'une pile ou du boîtier d'une batterie due à une cause interne ou externe, entraînant une mise à nu ou un déversement mais sans éjection de matières solides;

*Type*, un modèle particulier de pile ou de batterie du point de vue du principe électrochimique et de la conception physique;

*Énergie nominale*, exprimée en wattheures, et calculée par multiplication de la capacité nominale d'une pile ou d'une batterie, en ampères-heures, par sa tension nominale;

38.3.3 Lorsqu'un type de pile ou de batterie est soumis à des épreuves conformément à la présente sous-section, le nombre et l'état des piles et des batteries de chaque type sont :

- a) Échantillons de piles et de batteries primaires pour les épreuves 1 à 5 dans la quantité indiquée:
  - i) Dix piles à l'état non déchargé;
  - ii) Dix piles à l'état complètement déchargé;
  - iii) Quatre petites batteries à l'état non déchargé;
  - iv) Quatre petites batteries à l'état complètement déchargé;
  - v) Quatre grandes batteries à l'état non déchargé; et

- b) Échantillons de piles et batteries rechargeables pour les épreuves 1 à 5 dans la quantité indiquée:
- i) Dix piles, à leur premier cycle, à l'état complètement chargé;
  - ii) Quatre petites batteries, à leur premier cycle, à l'état complètement chargé;
  - iii) Quatre petites batteries ayant subi 50 cycles de charge et de décharge aboutissant à l'état complètement chargé;
  - iv) Deux grandes batteries, à leur premier cycle, à l'état complètement chargé; et
  - v) Deux grandes batteries ayant subi 25 cycles de charge et de décharge aboutissant à l'état complètement chargé.
- c) Échantillons de piles primaires et de piles rechargeables soumises à l'épreuve 6 dans la quantité indiquée:
- i) Pour les piles primaires, cinq piles à l'état non déchargé et cinq piles à l'état complètement déchargé;
  - ii) Pour les piles-éléments de batteries primaires, cinq piles-éléments à l'état non déchargé et cinq piles-éléments à l'état complètement déchargé;
  - iii) Pour les piles rechargeables, cinq piles à leur premier cycle, à 50 % de leur capacité nominale; et
  - iv) Pour les piles-éléments de batteries rechargeables, cinq piles-éléments à leur premier cycle, à 50 % de leur capacité nominale.

Dans le cas des piles prismatiques, dix échantillons sont exigés au lieu des cinq indiqués plus haut, afin que l'opération puisse être effectuée sur cinq piles le long des axes longitudinaux et, séparément, sur cinq piles le long des autres axes. Dans tous les cas, chaque échantillon de pile n'est soumis qu'à un seul impact;

- d) Échantillons de batteries rechargeables pour l'épreuve 7 dans la quantité indiquée:
- i) Quatre petites batteries, à leur premier cycle, à l'état complètement chargé;
  - ii) Quatre petites batteries ayant subi 50 cycles de charge et de décharge aboutissant à l'état complètement chargé;
  - iii) Deux grandes batteries, à leur premier cycle, à l'état complètement chargé; et
  - iv) Deux grandes batteries ayant subi 25 cycles de charge et de décharge aboutissant à l'état complètement chargé.

Les batteries ne comportant pas de dispositif de protection contre les surcharges qui sont conçues pour être utilisées seulement dans un assemblage de batteries, lequel confère une telle protection, ne sont pas soumises à cette épreuve.

- e) Échantillons de piles primaires et rechargeables pour l'épreuve 8 dans la quantité indiquée:
- i) Dix piles primaires à l'état complètement déchargé;
  - ii) Dix piles rechargeables, à leur premier cycle, à l'état complètement déchargé; et
  - iii) Dix piles rechargeables ayant subi 50 cycles de charge et de décharge aboutissant à l'état complètement déchargé.

- f) S'il s'agit d'assemblages de batteries dans lesquels le contenu total de lithium de l'ensemble des anodes à l'état complètement chargé n'est pas supérieur à 500 g, ou, dans le cas de batteries au lithium ionique, ayant une énergie nominale en wattheures ne dépassant pas 6 200 Wh, qui sont composés de piles ou de batteries qui ont passé toutes les épreuves applicables, un seul assemblage de batteries à l'état complètement chargé subira les épreuves 3, 4 et 5, ainsi que l'épreuve 7 dans le cas d'un assemblage de batteries rechargeables. Quant aux assemblages de batteries rechargeables, ils doivent avoir subi au moins 25 cycles de charge et de décharge.

Lorsque des batteries qui ont passé toutes les épreuves applicables sont électriquement reliées pour former un assemblage de batteries dans lequel le contenu total de lithium de l'ensemble des anodes à l'état complètement chargé est supérieur à 500 g, ou, dans le cas de batteries au lithium ionique, ayant une énergie nominale en wattheures dépassant 6 200 Wh, l'assemblage de batteries n'a pas besoin d'être éprouvé s'il est muni d'un système capable d'en assurer le contrôle et de prévenir les courts-circuits, ou la décharge excessive des batteries qu'il comporte et toute surcharge ou surchauffe de l'ensemble de l'assemblage.

### **38.3.4** *Mode opératoire*

Chaque type de pile et de batterie doit être soumis aux épreuves 1 à 8. Les épreuves 1 à 5 doivent être exécutées dans l'ordre sur la même pile ou batterie. Les épreuves 6 et 8 doivent être faites sur des piles ou des batteries qui n'ont pas été testées par ailleurs. L'épreuve 7 peut être faite sur des batteries non endommagées qui ont été utilisées auparavant dans les épreuves 1 à 5 pour les essais effectués sur des batteries ayant subi des cycles.

#### 38.3.4.1 *Épreuve T.1 : Simulation d'altitude*

##### 38.3.4.1.1 *Objet*

Cette épreuve simule les conditions rencontrées lors du transport aérien sans pressurisation.

##### 38.3.4.1.2 *Mode opératoire*

Les piles et batteries à éprouver sont stockées pendant au moins six heures à une pression de 11,6 kPa ou moins, à la température ambiante ( $20 \pm 5$  °C).

##### 38.3.4.1.3 *Critère d'épreuve*

Les piles et batteries satisfont à cette épreuve si elles ne présentent pas de perte de masse, de fuite, d'évacuation de gaz, d'éclatement, de rupture ou d'inflammation et si la tension à vide de chaque pile ou batterie après l'épreuve n'est pas inférieure à 90 % de sa tension mesurée immédiatement avant l'épreuve. Le critère concernant la tension ne s'applique pas aux piles et batteries éprouvées à l'état complètement déchargé.

#### 38.3.4.2 *Épreuve T.2 : Épreuve thermique*

##### 38.3.4.2.1 *Objet*

Cette épreuve détermine l'intégrité des joints des piles et des batteries et celle des raccordements électriques internes. Elle est menée avec des variations rapides et extrêmes de la température.

##### 38.3.4.2.2 *Mode opératoire*

Les piles et batteries à éprouver doivent être stockées au moins six heures à la température de  $75 \pm 2$  °C, puis au moins six heures à la température de  $-40 \pm 2$  °C. Il ne doit pas s'écouler plus de 30 minutes entre le stockage à chaque température extrême. La procédure est répétée 10 fois puis toutes les piles et batteries éprouvées sont stockées pendant 24 heures à température ambiante ( $20 \pm 5$  °C). Pour les grandes piles et batteries, la durée de l'exposition aux températures extrêmes doit être d'au moins 12 heures.

#### 38.3.4.2.3 Critère d'épreuve

Les piles et batteries satisfont à l'épreuve si elles ne présentent pas de perte de masse, de fuite, d'évacuation de gaz, d'éclatement, de rupture ou d'inflammation et si la tension à vide de chaque pile ou batterie après l'épreuve n'est pas inférieure à 90 % de sa tension mesurée immédiatement avant l'épreuve. Le critère concernant la tension ne s'applique pas aux piles et batteries éprouvées à l'état complètement déchargé.

#### 38.3.4.3 *Épreuve T.3 : Vibrations*

##### 38.3.4.3.1 Objet

Cette épreuve simule les vibrations en cours de transport.

##### 38.3.4.3.2 Mode opératoire

Les piles et les batteries sont solidement assujetties sur le plateau du vibreur sans qu'elles subissent de déformation et de telle manière que les vibrations se transmettent fidèlement. On leur applique une onde sinusoïdale avec un balayage logarithmique des fréquences de 7 Hz à 200 Hz puis retour à 7 Hz en 15 minutes. Ce cycle est répété 12 fois pendant trois heures au total pour chacune des trois positions de montage perpendiculaires entre elles de la pile. L'un des axes de vibration doit être perpendiculaire à la face qui porte les bornes.

Le balayage de fréquence logarithmique est effectué comme suit: à partir de 7 Hz une accélération maximale de 1  $g_n$  est maintenue jusqu'à ce que la fréquence de 18 Hz soit atteinte. L'amplitude est ensuite maintenue à 0,8 mm (course totale: 1,6 mm) et la fréquence est augmentée jusqu'à atteindre une accélération maximale de 8  $g_n$  (aux alentours de 50 Hz). L'accélération maximale de 8  $g_n$  est ensuite maintenue jusqu'à ce que la fréquence atteigne 200 Hz.

##### 38.3.4.3.3 Critère d'épreuve

Les piles et les batteries satisfont à l'épreuve si elles ne présentent ni perte de masse, fuite, évacuation de gaz, éclatement, rupture ou inflammation et si la tension à vide de chaque pile ou batterie après l'épreuve n'est pas inférieure à 90 % de sa tension mesurée immédiatement avant l'épreuve. Le critère relatif à la tension ne s'applique pas aux piles et aux batteries éprouvées à l'état complètement déchargé.

#### 38.3.4.4 *Épreuve T.4 : Choc*

##### 38.3.4.4.1 Objet

Cette épreuve simule les chocs qui pourraient se produire au cours du transport.

##### 38.3.4.4.2 Mode opératoire

Les piles et les batteries sont fixées sur l'appareil d'essai de choc au moyen d'un support rigide qui maintient toutes les surfaces de fixation de chaque batterie. Chaque pile ou batterie est soumise à une impulsion semi-sinusoïdale avec une accélération de pointe de 150  $g_n$  pendant 6 ms. Chaque pile ou batterie est soumise à trois impulsions dans le sens positif suivie de trois impulsions dans le sens négatif des trois positions de montage perpendiculaires entre elles de la pile ou de la batterie, soit au total 18 chocs.

Toutefois, les grandes piles et les grandes batteries sont soumises à une impulsion semi-sinusoïdale avec une accélération de pointe de 50  $g_n$  pendant une durée de 11 ms. Chaque pile ou batterie est soumise à trois impulsions dans le sens positif suivies de trois impulsions dans le sens négatif de chacune des trois positions de montage perpendiculaires entre elles de la pile, soit au total 18 chocs.

#### 38.3.4.4.3 Critère d'épreuve

Les piles et batteries satisfont à l'épreuve si elles ne présentent ni perte de masse, fuite, évacuation de gaz, éclatement, rupture ou inflammation et si la tension à vide de chaque pile ou batterie après l'épreuve n'est pas inférieure à 90 % de sa tension mesurée immédiatement avant l'épreuve. Le critère relatif à la tension ne s'applique pas aux piles et batteries éprouvées à l'état complètement déchargé.

#### 38.3.4.5 *Épreuve T.5 : Court-circuit externe*

##### 38.3.4.5.1 Objet

Cette épreuve simule un court-circuit externe.

##### 38.3.4.5.2 Mode opératoire

La pile ou batterie à éprouver est stabilisée de manière que la température de son enveloppe externe atteigne  $55 \pm 2$  °C puis elle est soumise à des conditions de court-circuit avec une résistance externe totale inférieure à 0,1 ohm à la température de  $55 \pm 2$  °C. Ce court-circuit est maintenu pendant au moins une heure après que la température de l'enveloppe extérieure de la pile ou de la batterie est retombée à  $55 \pm 2$  °C. L'observation doit se prolonger ensuite pendant six heures pour que l'épreuve soit terminée.

##### 38.3.4.5.3 Critère d'épreuve

Les piles et batteries satisfont à cette épreuve si leur température externe ne dépasse pas 170 °C et si elles ne présentent ni éclatement, rupture ou inflammation dans les six heures qui suivent l'épreuve.

#### 38.3.4.6 *Épreuve T.6 : Impact*

##### 38.3.4.6.1 Objet

Cette épreuve simule un impact.

##### 38.3.4.6.2 Mode opératoire

La pile ou la pile-élément à éprouver doit être placée sur une surface plane. Une barre de 15,8 mm de diamètre doit être placée au centre de l'échantillon. Une masse de 9,1 kg doit être lâchée à une distance de  $61 \pm 2,5$  cm de hauteur de l'échantillon.

Une pile cylindrique ou prismatique doit subir l'impact en position telle que son axe longitudinal soit parallèle à la surface et perpendiculaire à l'axe longitudinal de la surface incurvée de 15,8 mm de diamètre se trouvant au centre de l'échantillon. Une pile prismatique doit également être tournée de 90° autour de son axe longitudinal de sorte que les côtés larges et étroits soient soumis à l'impact. Chaque échantillon n'est soumis qu'à un seul impact. Des échantillons différents doivent être employés pour chaque impact.

Une pile de type bouton doit subir l'impact en position telle que la surface plane de l'échantillon soit parallèle à la surface plane et avec la surface incurvée de 15,8 mm de diamètre se trouvant au centre de l'échantillon.

##### 38.3.4.6.3 Critère d'épreuve

Les piles et les piles-éléments satisfont à cette épreuve si leur température externe ne dépasse pas 170 °C et s'ils ne présentent ni éclatement ni inflammation dans les six heures qui suivent l'épreuve.



38.3.4.7 *Épreuve T.7 : Surcharge*

38.3.4.7.1 Objet

Cette épreuve détermine si une batterie rechargeable peut supporter un état de surcharge.

38.3.4.7.2 Mode opératoire

L'intensité de charge sera égale au double de l'intensité de charge maximale continue recommandée par le fabricant. La tension minimale d'épreuve est déterminée comme suit :

- a) Si la tension de charge recommandée par le fabricant n'est pas supérieure à 18V, la tension minimale d'épreuve sera égale à deux fois la tension de charge maximale de la batterie ou 22V, la valeur la plus faible étant retenue;
- b) Si la tension de charge recommandée par le fabricant est supérieure à 18V, la tension minimale d'épreuve sera égale à 1,2 fois la tension de charge maximale.

Les épreuves sont faites à la température ambiante pendant 24 heures.

38.3.4.7.3 Critère d'épreuve

Les batteries rechargeables satisfont à l'épreuve si elles ne présentent ni éclatement ni inflammation dans les sept jours qui suivent l'épreuve.

38.3.4.8 *Épreuve T.8 : Décharge forcée*

38.3.4.8.1 Objet

Cette épreuve détermine l'aptitude d'une pile primaire ou rechargeable à résister à une décharge forcée.

38.3.4.8.2 Mode opératoire

Chaque pile est soumise à une décharge forcée à la température ambiante par raccordement à une série alimentée en 12V en continu avec une intensité initiale égale à l'intensité maximale de décharge spécifiée par le fabricant.

L'intensité de décharge spécifiée doit être obtenue par raccordement d'une charge résistive de dimension appropriée avec la pile éprouvée. Chaque pile doit être soumise à une décharge forcée pendant une durée (en heures) égale à sa capacité nominale divisée par l'intensité d'épreuve initiale (en ampères).

38.3.4.8.3 Critère d'épreuve

Les piles primaires ou rechargeables satisfont à cette épreuve si elles ne présentent ni éclatement ni inflammation dans les sept jours qui suivent l'épreuve.



**QUATRIÈME PARTIE**

**MÉTHODES D'ÉPREUVES APPLICABLES  
AU MATÉRIEL DE TRANSPORT**



## TABLE DES MATIÈRES DE LA QUATRIÈME PARTIE

<u>Section</u>		<u>Page</u>
<b>40.</b>	<b>INTRODUCTION À LA QUATRIÈME PARTIE .....</b>	<b>423</b>
40.1	OBJET .....	423
40.2	DOMAINE D'APPLICATION .....	423
<b>41.</b>	<b>ESSAI DYNAMIQUE DE RÉSISTANCE AUX IMPACTS LONGITUDINAUX DES CITERNES MOBILES ET DES CONTENEURS À GAZ À ÉLÉMENTS MULTIPLES (CGEM) .....</b>	<b>425</b>
41.1	GÉNÉRALITÉS .....	425
41.2	VARIATIONS AUTORISÉES AUX CONCEPTIONS EXISTANTES.....	425
41.3	APPAREILLAGE D'ESSAI .....	426



## **SECTION 40**

### **INTRODUCTION À LA QUATRIÈME PARTIE**

#### **40.1           Objet**

40.1.1           La quatrième partie du Manuel présente le système ONU pour l'essai dynamique de résistance aux impacts longitudinaux des citernes mobiles et CGEM (voir section 41 du présent Manuel et paragraphes 6.7.2.19.1, 6.7.3.15.1, 6.7.4.14.1 et 6.7.5.12.1 du Règlement type).

#### **40.2           Domaine d'application**

40.2.1           Les méthodes d'épreuves de la présente partie doivent être appliquées lorsque cela est requis par le Règlement type.





## SECTION 41

### ESSAI DYNAMIQUE DE RÉSISTANCE AUX IMPACTS LONGITUDINAUX DES CITERNES MOBILES ET DES CONTENEURS À GAZ À ÉLÉMENTS MULTIPLES (CGEM)

#### 41.1 Généralités

41.1.1 Cette méthode d'épreuve vise à prouver l'aptitude des citernes mobiles et CGEM à supporter les effets d'un impact longitudinal, comme prescrit par les paragraphes 6.7.2.19.1, 6.7.3.15.1, 6.7.4.14.1 et 6.7.5.12.1 du Règlement type.

41.1.2 Un prototype représentant chaque modèle de citerne mobile et de CGEM répondant à la définition de "conteneur" dans la Convention internationale sur la sécurité des conteneurs (CSC) de 1972, telle que modifiée, doit être soumis à l'essai dynamique de résistance aux impacts longitudinaux et satisfaire aux exigences de cet essai. Les essais doivent être exécutés par des organismes agréés à cette fin par l'autorité compétente.

#### 41.2 Variations autorisées aux conceptions existantes

Les variations suivantes apportées au type de conteneur par rapport au prototype déjà éprouvé et approuvé sont autorisées sans épreuve supplémentaire:

##### 41.2.1 *Citernes mobiles*

- a) Une réduction de la capacité ne dépassant pas 10 % ou une augmentation de la capacité ne dépassant pas 20 %, découlant de changements de diamètre et de longueur;
- b) Une diminution de la masse brute maximale admissible;
- c) Une augmentation de l'épaisseur des parois, sans variation de la pression et de la température de calcul;
- d) Un changement de la qualité des matériaux de construction, à condition que la limite d'élasticité autorisée soit égale ou supérieure à celle de la citerne mobile éprouvée;
- e) Un changement d'emplacement ou une modification des ajutages et des trous d'homme.

##### 41.2.2 *CGEM*

- a) Une diminution de la température de calcul initiale maximale, sans variation de l'épaisseur;
- b) Une augmentation de la température de calcul initiale minimale, sans variation de l'épaisseur;
- c) Une diminution de la masse brute maximale;
- d) Une réduction de la capacité, ne dépassant pas 10 %, découlant seulement de changements de diamètre ou de longueur;

- e) Un changement d'emplacement ou une modification des ajutages et des trous d'homme à condition:
  - i) qu'un niveau de protection équivalent soit maintenu; et
  - ii) que la configuration la plus défavorable soit utilisée aux fins des calculs de résistance des citernes;
- f) Une augmentation du nombre de chicanes et de brise-flots;
- g) Une augmentation de l'épaisseur de paroi, à condition que l'épaisseur demeure à l'intérieur de la fourchette permise par les spécifications des procédures de soudage;
- h) Une diminution de la pression de service maximale autorisée, ou de la pression de service maximale sans variation de l'épaisseur;
- i) Une augmentation de l'efficacité du système d'isolation par l'utilisation:
  - i) soit d'une épaisseur supérieure du même matériau isolant;
  - ii) soit de la même épaisseur d'un matériau isolant différent offrant de meilleures propriétés isolantes;
- j) Un changement de l'équipement de service à condition que l'équipement de service non éprouvé:
  - i) soit situé au même endroit et atteigne ou dépasse le niveau de performance offert par l'équipement du prototype éprouvé; et
  - ii) soit approximativement de mêmes dimensions et de même masse que l'équipement du prototype éprouvé;
- k) L'utilisation d'un matériau d'un même type mais de qualité différente pour la construction du réservoir ou du bâti, à condition que, à la fois:
  - i) Les résultats des calculs de conception pour ce matériau de qualité différente, basés sur les valeurs de résistance mécanique les plus défavorables pour ce matériau, sont équivalents ou supérieurs aux résultats des calculs de conception pour le matériau du prototype;
  - ii) Les spécifications des procédures de soudage permettant l'utilisation de ce matériau de qualité différente.

### **41.3 Appareillage d'essai**

#### **41.3.1 Plate-forme d'essai**

La plate-forme d'essai peut être toute structure appropriée capable de résister, sans dommage important, à un choc de l'intensité prescrite, le conteneur à l'essai étant fixé solidement en place. La plate-forme d'essai doit être:

- a) configurée de manière que le conteneur à l'essai puisse être installé le plus près possible de l'extrémité soumise à l'impact;
- b) équipée de quatre dispositifs de fixation en bonne condition, permettant de fixer le conteneur à l'essai conformément à la norme ISO 1161:1984 (Conteneurs de la série 1 – Pièces de coin – Spécifications);
- c) équipée d'un dispositif d'amortissement destiné à permettre une durée d'impact convenable.

### **41.3.2**      *Production de l'impact*

41.3.2.1      L'impact doit être produit:

- a)      soit par la plate-forme d'essai qui heurte une masse stationnaire;
- b)      soit par une masse en mouvement qui heurte la plate-forme d'essai.

41.3.2.2      Lorsque la masse stationnaire est constituée de deux véhicules ferroviaires ou plus accouplés, chaque véhicule doit être pourvu de dispositifs amortisseurs. Tout le jeu entre les véhicules doit être éliminé et les freins de chacun doivent être serrés.

### **41.3.3**      *Système de mesure et d'enregistrement*

41.3.3.1      À moins d'indication contraire, le système de mesure et d'enregistrement doit être conforme à la norme ISO 6487:2002 (Véhicules routiers – Techniques de mesurage lors des essais de chocs – Instrumentation).

41.3.3.2      Le matériel suivant doit être disponible pendant l'essai:

- a)      Deux accéléromètres à plage d'amplitude minimale de 200 g, ayant une limite de fréquence inférieure maximale de 1 Hz et une limite de fréquence supérieure minimale de 3 000 Hz. Chaque accéléromètre doit être solidement fixé sur le conteneur à l'essai, soit sur l'extrémité extérieure ou sur la surface latérale des deux pièces de coin adjacentes du bas se trouvant le plus près de la source des chocs. Les accéléromètres doivent être alignés de manière à mesurer l'accélération dans l'axe longitudinal du conteneur. La méthode privilégiée consiste à boulonner chaque accéléromètre à une plaque de montage plane et à coller les plaques de montage aux pièces de coin;
- b)      Un moyen permettant de mesurer la vitesse de la plate-forme d'essai ou de la masse mobile au moment de l'impact;
- c)      Un système d'acquisition des données analogique-numérique capable d'enregistrer les perturbations causées par le choc sous forme d'un historique de l'accélération en fonction du temps (historique accélération-temps) pour une fréquence d'échantillonnage minimale de 1 000 Hz. Le système d'acquisition des données doit comprendre un filtre passe-bas antirepliement à fréquence de coupe réglée au minimum de 200 Hz et au maximum à 20 % du taux d'échantillonnage et ayant une perte de décroissance de 40 dB/octave;
- d)      Une méthode de stockage permanent en format électronique de l'historique accélération-temps de manière que cet historique puisse être récupéré et analysé ultérieurement.

### **41.3.4**      *Mode opératoire*

41.3.4.1      Le remplissage du conteneur à l'essai peut se faire avant ou après son installation sur la plate-forme d'essai:

- a)      Citernes mobiles: Remplir la citerne d'une quantité d'eau, ou d'un autre produit qui ne soit pas sous pression, jusqu'à environ 97 % de sa capacité volumique. La citerne ne doit pas être sous pression pendant l'essai. Si toutefois, en cas de surcharge potentielle, il n'est pas désirable de remplir la citerne à 97 % de sa capacité, la citerne doit être remplie de façon que la masse du conteneur à l'essai (tare plus produit) approche le plus possible de la masse maximale nominale (R);

- b) CGEM: Remplir chaque élément d'une quantité égale d'eau ou d'un autre produit qui n'est pas sous pression. Le CGEM doit être rempli de façon que sa masse approche le plus possible de sa masse maximale nominale (R) mais au plus 97 % de sa capacité volumique. Le CGEM ne doit pas être sous pression pendant l'essai. Il n'est pas obligatoire de remplir un CGEM d'eau lorsque sa tare est égale ou supérieure à 90 % de R.

41.3.4.2 Mesurer et enregistrer la masse du conteneur prêt pour l'essai.

41.3.4.3 Orienter le conteneur à l'essai de manière qu'il soit soumis aux conditions d'essai les plus difficiles. Installer le conteneur sur la plate-forme d'essai, le plus près possible de l'extrémité soumise aux impacts et le maintenir en place à l'aide des quatre pièces de coin pour empêcher tout mouvement dans toutes les directions. Réduire au minimum tout espace entre les pièces de coin du conteneur à l'essai et les dispositifs de fixation à l'extrémité soumise aux chocs de la plate-forme d'essai. En particulier, s'assurer que les masses d'essai d'impact puissent rebondir après l'impact.

41.3.4.4 Produire un impact (voir 41.3.2) de manière que, pour un impact unique, la courbe du spectre de réponse aux chocs (SRC, voir 41.3.5.1) d'essai aux deux pièces de coin soit égale ou supérieure au SRC minimal indiqué à la figure 1 pour toutes les fréquences se trouvant entre 3 et 100 Hz. Des impacts répétés peuvent être nécessaires pour atteindre ce résultat, mais les résultats de chaque impact doivent être évalués individuellement.

41.3.4.5 À la suite d'un impact décrit au 41.3.4.4, examiner le conteneur à l'essai et enregistrer les résultats. Pour réussir l'essai le conteneur ne doit montrer ni fuite ni déformation ou dommage permanent qui le rendrait impropre à l'usage et doit répondre aux exigences visant la manutention, l'arrimage et le transbordement entre moyens de transport.

### **41.3.5** *Traitement et analyse des données*

#### 41.3.5.1 *Système de réduction des données*

- a) Réduire les données de chaque canal sur l'historique accélération-temps au spectre de réponse aux chocs, en veillant à ce que les spectres soient présentés sous forme d'une accélération statique équivalente en fonction de la fréquence. La valeur absolue maximale de crête d'accélération sera enregistrée pour chacun des points de coupure spécifiés. La réduction des données doit se faire selon les critères suivants:
  - i) Si nécessaire, des données corrigées sur l'historique accélération-temps seront produites à l'aide de la procédure indiquée au 41.3.5.2;
  - ii) Les données sur l'historique accélération-temps comprennent la période qui commence 0,05 seconde avant le début de l'impact et qui se termine 2,0 secondes après la fin de l'impact;
  - iii) L'analyse doit porter sur la plage de fréquences de 2 à 100 Hz et les points de la courbe de réponse aux chocs doivent être calculés à des points de coupure au minimum de 1/30 d'octave. Chaque point ou intervalle de coupure dans la plage constitue une fréquence naturelle;
  - iv) Un rapport d'amortissement de 5 % doit être utilisé dans l'analyse.
- b) Faire un calcul des points de la courbe de réponse aux chocs de la manière indiquée ci-après. Pour chaque intervalle de coupure:
  - i) Calculer une matrice des valeurs de déplacement relatives en utilisant tous les points de données tirés de l'historique accélération-temps d'entrée à l'aide de l'équation suivante:

$$\xi_i = -\frac{\Delta t}{\omega_d} \sum_{k=0}^i \ddot{X}_k e^{-\zeta \omega_n \Delta t(i-k)} \sin[\omega_d \Delta t(i-k)]$$

où:

$\Delta t$  = intervalle de temps entre les valeurs d'accélération

$\omega_n$  = fréquence naturelle non amortie (en radians)

$\omega_d$  = fréquence naturelle amortie =  $\omega_n \sqrt{1 - \zeta^2}$

$\ddot{X}_k$  = k<sup>e</sup> valeur des données d'entrée d'accélération

$\zeta$  = rapport d'amortissement

$i$  = nombre entier, qui varie entre 1 et le nombre de points de données d'accélération d'entrée

$k$  = paramètre employé en sommation qui varie entre 0 et la valeur actuelle de  $i$

- ii) Calculer une matrice d'accélération relatives en utilisant les valeurs de déplacement obtenues à l'étape i dans l'équation suivante:

$$\vec{\xi}_i = 2\zeta \omega_n \Delta t \sum_{k=0}^i \ddot{X}_k e^{-\zeta \omega_n \Delta t(i-k)} \cos[\omega_d \Delta t(i-k)] + \omega_n^2 (2\zeta^2 - 1) \xi_i$$

- iii) Conserver la valeur de l'accélération absolue maximale de la matrice générée à l'étape ii pour l'intervalle de fréquences à l'étude. Cette valeur devient le point de la courbe du SRC pour cet intervalle de fréquences particulier. Répéter l'étape i) pour chacune des fréquences naturelles jusqu'à ce que tous les intervalles de fréquences naturelles aient été évalués;

- iv) Produire la courbe du spectre de réponses de l'essai de résistance aux chocs.

#### 41.3.5.2 Méthode de mise à l'échelle des valeurs mesurées de l'historique accélération-temps en vue de compenser l'insuffisance ou le surplus de masse de certains conteneurs

Lorsque la somme de la masse de la charge limite mise à l'essai, plus la masse à vide (tare) du conteneur à l'essai, est inférieure à la masse nominale maximale du conteneur à l'essai, appliquer un facteur d'échelle aux historiques accélération-temps mesurés pour le conteneur à l'essai comme suit:

Calculer les valeurs accélération-temps corrigées,  $Acc(t)_{(corrigée)}$ , d'après les valeurs accélération-temps mesurées en utilisant la formule suivante:

$$Acc(t)_{(corrigée)} = Acc(t)_{(mesurée)} \times \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\Delta M}{M_1 + M_2}}}$$

où:

$Acc(t)_{(mesurée)}$  = valeur accélération-temps mesurée réelle

$M_1$  = masse de la plate-forme d'essai, sans le conteneur à l'essai

$M_2$  = masse d'essai réelle (incluant la tare) du conteneur à l'essai

$R$  = masse nominale maximale (incluant la tare) du conteneur à l'essai

$\Delta M$  =  $R - M_2$

Les valeurs d'essai du SRC doivent être générées à partir des valeurs de l' $Acc(t)_{(corrigée)}$ .

#### **41.3.6            *Instruments défectueux***

Si le signal reçu d'un accéléromètre n'est pas fiable, l'épreuve peut être confirmée en utilisant le SRC d'un accéléromètre fiable à la suite de trois impacts consécutifs, à condition que le SRC de chacun des trois impacts soit égal ou supérieur à la courbe SRC minimale.

#### **41.3.7            *Méthode alternative de confirmation de la sévérité de l'épreuve pour les citernes mobiles avec une ossature de 20 pieds de longueur***

41.3.7.1            Si la conception d'un conteneur à l'essai est notablement différente de celle d'autres conteneurs ayant réussi cet essai et que les courbes SRC obtenues présentent les caractéristiques voulues mais demeurent en dessous de la courbe SRC minimale, la sévérité de l'essai peut être jugée acceptable après trois chocs successifs exécutés comme suit:

- a)    Premier impact à une vitesse supérieure à 90 % de la vitesse critique mentionnée au 41.3.7.2;
- b)    Second et troisième impacts à une vitesse supérieure à 95 % de la vitesse critique mentionnée au 41.3.7.2.

41.3.7.2            La méthode alternative de confirmation énoncée au 41.3.7.1 n'est utilisée que si la "vitesse critique" de la plate-forme a été déterminée auparavant. La vitesse critique est la vitesse à laquelle les systèmes amortisseurs de la plate-forme atteignent leur course et leur capacité d'absorption d'énergie maximum au-delà de laquelle la courbe minimale du SRC est normalement atteinte ou dépassée. La vitesse critique aura été déterminée à la suite de pas moins de cinq épreuves bien documentées exécutées sur cinq conteneurs différents. Chacun de ces essais aura été exécuté en utilisant le même équipement, le même système de mesure et le même mode opératoire.

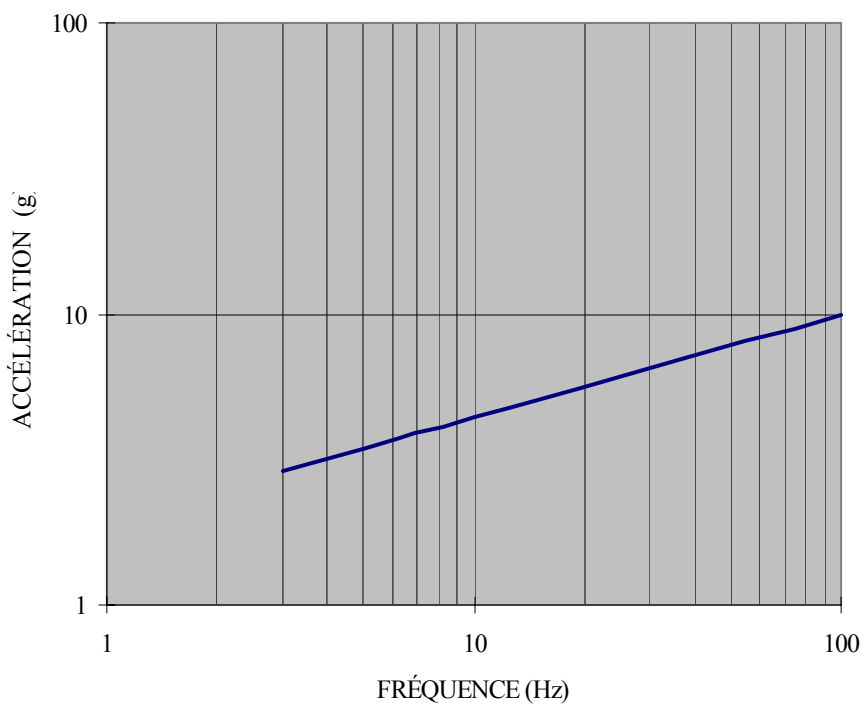
#### **41.3.8            *Enregistrement des données***

41.3.8.1            À tout le moins, enregistrer les données suivantes dans l'application de ce mode opératoire:

- a)    Date, heure, température ambiante et emplacement de l'essai;
- b)    Masse à vide (tare) du conteneur, masse nominale maximale et masse de la charge utile mise à l'essai;
- c)    Nom du fabricant du conteneur, type de conteneur, numéro d'enregistrement s'il y a lieu, codes de conception homologués et approbations s'il y a lieu;
- d)    Masse de la plate-forme d'essai;
- e)    Vitesse (vélocité) de l'impact;
- f)    Orientation de l'impact par rapport au conteneur;
- g)    Pour chacun des impacts, on doit enregistrer un historique accélération-temps pour chaque pièce de coin instrumentée:

**Figure 41.3.5.1: Courbe du SRC minimal**

SRC MINIMAL (RAPPORT D'AMORTISSEMENT 5 %)



Équation pour générer la courbe du SRC minimal ci-dessus:  $ACCÉL = 1,95 FRÉQ^{0,355}$

**Tableau 41.3.5.1 Représentation tabulaire de certains points de données pour la courbe du SRC minimal ci-dessus**

Fréquence (Hz)	Accélération (G)
3	2,88
10	4,42
100	10,0





# **APPENDICES**



## SOMMAIRE DES APPENDICES

<b><u>Appendices</u></b>	<b><u>Page</u></b>
<b>1</b> CARACTÉRISTIQUES DES DÉTONATEURS NORMALISÉS .....	437
<b>2</b> MÉTHODE BRUCETON ET ESSAI DE COMPARAISON DES ÉCHANTILLONS .....	441
<b>3</b> CAVITATION DES ÉCHANTILLONS .....	445
<b>4</b> CORRESPONDANTS NATIONAUX POUVANT FOURNIR DES PRÉCISIONS SUR LES ÉPREUVES .....	449
<b>5</b> EXEMPLE DE MÉTHODE D'ESSAI POUR LE DIMENSIONNEMENT DES DISPOSITIFS DE DÉCOMPRESSION .....	451
<b>6</b> PROCÉDURES DE PRÉSÉLECTION .....	457
<b>7</b> ÉPREUVE HSL DES COMPOSITIONS ÉCLAIR .....	463

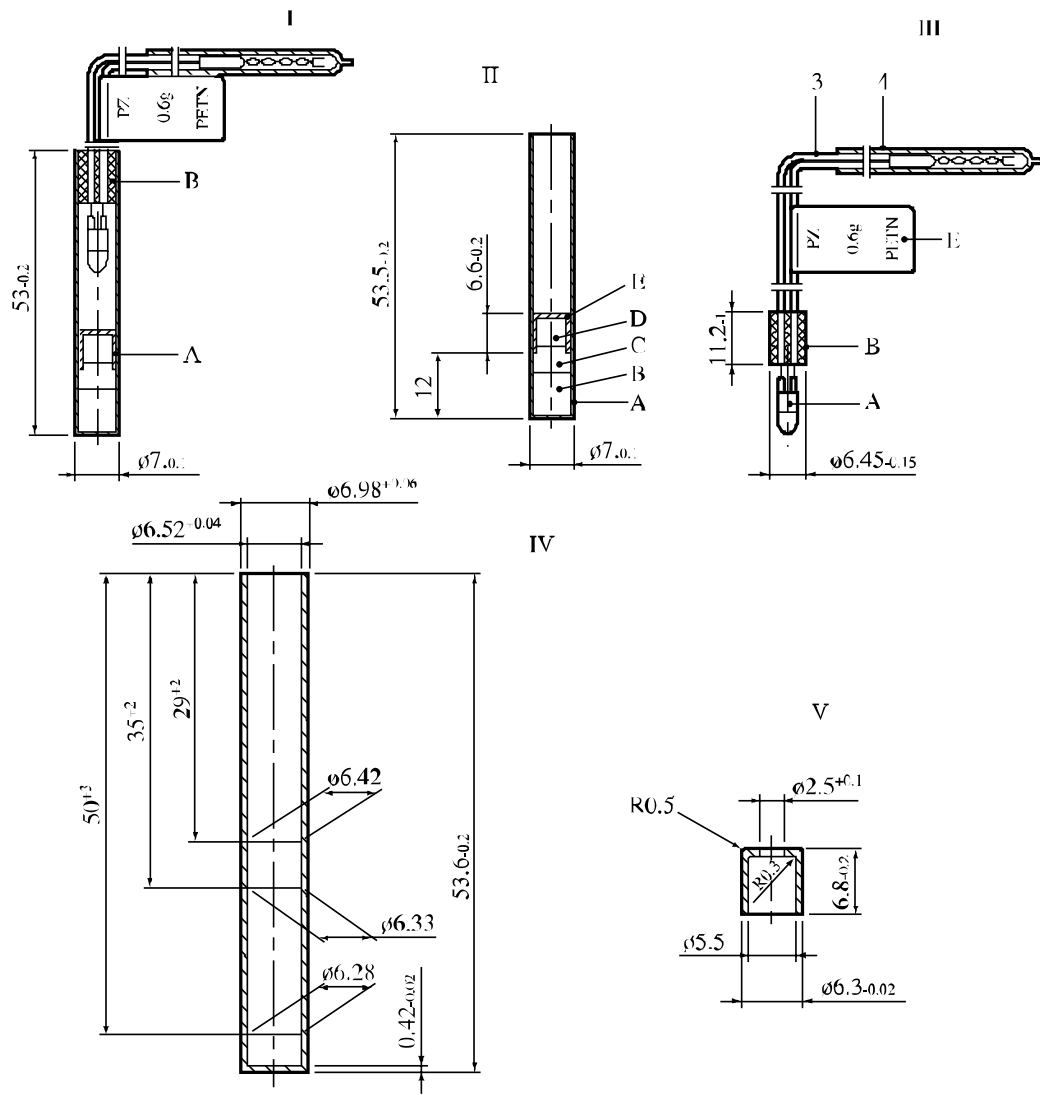


## APPENDICE 1

## CARACTÉRISTIQUES DES DÉTONATEURS NORMALISÉS

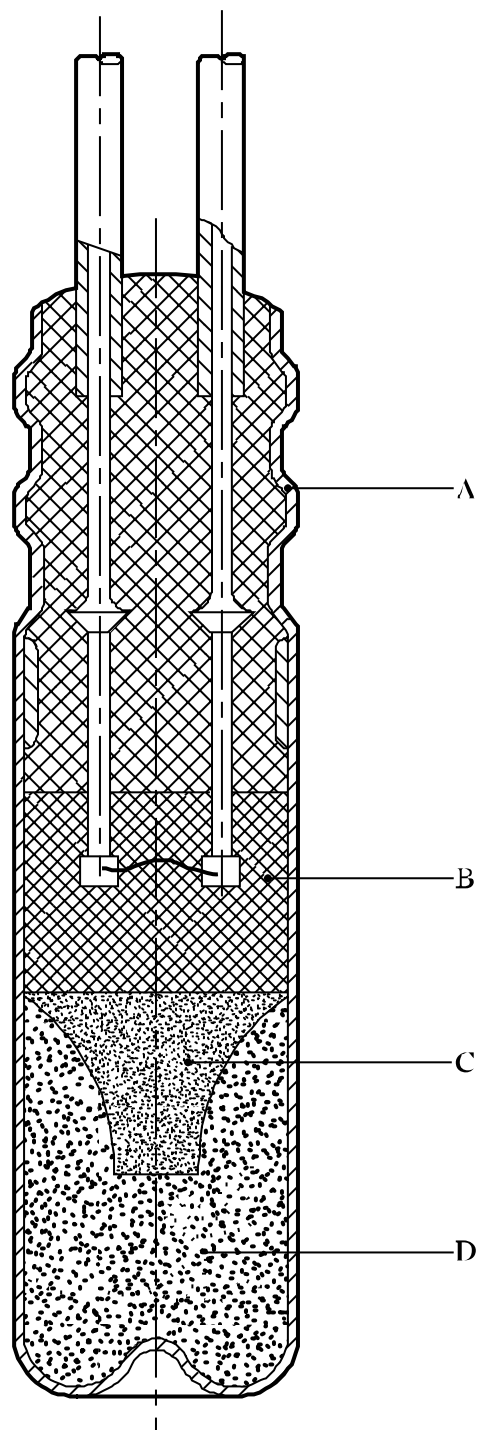
## 1. DESCRIPTION DU DÉTONATEUR ÉLECTRIQUE NORMALISÉ À 0,6 g DE PENTHRITE

Schéma No	Elément	Pièce	Description	Remarques
I	A	Détonateur		
	B	Tête d'amorce	À protéger des compressions. Quantité recommandée de matières pyrotechniques formant la perle inflammable : 20 à 50 mg.	Exemple : Tête d'amorce électrique Fa. DNAG, Allemagne, T 10 - U - avec revêtement d'aluminium
II	A	Étui	Étui tubulaire étiré en cuivre pur (5 % de zinc) ou autre alliage dont la composition soit comprise entre celle de l'alliage ci-dessus et le cuivre pur. La figure montre les dimensions de l'étui. En cas de besoin, les étuis utilisés pour les détonateurs normalisés seront choisis par contrôle des dimensions exactes de chaque étui.	
	B	a) Charge secondaire	Charge de base 0,40 g ( $\pm 0,01$ g) de penthrite; comprimée sous 440 bar.	La penthrite peut contenir jusqu'à 0,5 % de matière carbonée pour éviter la formation de charges électrostatiques lors de la manipulation et améliorer les caractéristiques d'écoulement.
	C		Charge intermédiaire 0,20 g ( $\pm 0,01$ g) de penthrite; comprimée sous 20 bar.	Hauteur totale de la charge secondaire : 12,3 mm ( $\pm 0,6$ mm)
	D	Charge primaire (d'amorçage)	La matière et sa quantité peuvent être choisis librement. Toutefois il faut utiliser au moins le double de la quantité minimale nécessaire pour l'amorçage. Le bilan total en oxygène de la charge primaire plus charge secondaire ne doit pas être plus négatif que - 9,5 % de O <sub>2</sub> .	Exemple : 0,30 $\pm$ 0,01 g d'azoture de plomb dextriné pur à 88 %, comprimé sous 440 bar.
	E	Opercule (percé)	-	Un opercule percé n'est pas exigé. Il n'est pas admis de presser la charge primaire sur une partie fortement comprimée de la charge secondaire.
III	A	Tête d'amorce	-	Exemple : Tête d'amorce électrique Fa. DNAG, Allemagne T 10 - U - avec revêtement d'aluminium
	B	Bouchon	-	Pas de dispositions particulières. Il doit cependant offrir un joint absolument étanche (pour éviter la formation d'azoture cuivreux et assurer la puissance d'amorçage voulue). Le modèle courant du commerce donne satisfaction.
	C	Fil	-	Au choix, à condition de tenir compte des risques électriques (électricité statique, courants vagabonds). Toutefois, l'emploi d'une gaine isolante en plastique, à l'intérieur du tube du détonateur, n'est pas admis.
	D	Tube de court-circuit	Tube en plastique	
	E	Étiquette		



I	Détonateur électrique (détonateur normalisé)	II	Détonateur (détonateur normalisé)
III	Tête d'amorce	IV	Étui
V	Coupelle		
(A)	Détonateur	(B)	Tête d'amorce
(C)	Charge intermédiaire	(D)	Charge primaire d'amorçage
(E)	Coupelle		

Figure A1.1 : DÉTONATEUR NORMALISÉ (EUROPÉEN)



- 
- (A) Étui en aluminium (objet - alliage d'aluminium 5052; longueur : 31,8 mm; diamètre extérieur : 7,06 mm; épaisseur : 0,19 mm)
- (B) Filament et charge d'allumage
- (C) Charge d'amorçage, 0,195 g d'azoture de plomb dextriné
- (D) Charge de base :  $0,447 \pm 0,019$  g de penthrite comprimée sous 28 MPa
- 

**Figure A1.2 : DÉTONATEUR No 8 (ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE)**





## APPENDICE 2

### MÉTHODE BRUCETON ET ESSAI DE COMPARAISON DES ÉCHANTILLONS

#### 1. Méthode Bruceton

**Introduction** : La méthode Bruceton sert à déterminer le niveau d'action auquel la possibilité d'obtenir un résultat positif est de 50 %.

**Mode opératoire** : La méthode consiste à appliquer différents niveaux d'action et à déterminer la présence ou l'absence d'une réaction positive. Dans l'exécution des essais on se concentre autour de la région critique en diminuant l'action d'un niveau lors de l'essai suivant en cas de résultat positif en accroissant celle-ci d'un niveau en cas de résultat négatif. On exécute généralement environ 5 essais préliminaires pour déterminer le niveau de départ dans la région droite approximativement, et ensuite au moins 25 essais pour fournir les données nécessaires aux calculs.

**Calcul des résultats** : Pour déterminer le niveau où la probabilité d'obtenir un résultat positif est de 50 % ( $H_{50}$ ), ne sont pris en compte que les résultats positifs (+) ou que les résultats négatifs (-), en retenant ceux qui cumulent le total le moins élevé. Si les totaux sont égaux, on choisit indifféremment les uns ou les autres. Les résultats sont reportés dans un premier tableau (comme dans le tableau A2.1 par exemple) et ensuite groupés dans un deuxième tableau, comme le montre le tableau A2.2. La première colonne du tableau A2.2 indique les hauteurs de chute, en ordre croissant, en commençant par le niveau le plus bas pour lequel un résultat d'épreuves est relevé. Dans la deuxième colonne, "i" correspond au nombre d'intervalles égaux cumulés depuis la base ou le niveau zéro. La troisième colonne indique le nombre de résultats positifs ( $n(+)$ ) ou négatifs ( $n(-)$ ) pour chaque hauteur de chute. La quatrième colonne donne le produit de "i" par "n" et la cinquième colonne le produit du carré de "i" par "n". La relation suivante donne la moyenne :

$$H_{50} = c + d \times \left( \frac{A}{N_s} \pm 0,5 \right)$$

où  $N_s = \sum n_i$ ,  $A = \sum (i \times n_i)$ ,  $c$  = hauteur de chute la plus basse,  $d$  = intervalle entre les chutes.

Si l'on utilise les résultats négatifs, le signe entre crochets est positif; il est négatif si l'on utilise les résultats positifs.

L'écart type,  $s$ , est tiré de la formule suivante :

$$s = 1,62 \times d \times \left( \frac{N_s \times B - A^2}{N_s^2} + 0,029 \right)$$

où  $B = \sum (i^2 \times n_i)$ .

**Exemple de résultats** : Si l'on utilise les données du tableau A2.2, hauteur de chute la plus basse, 10 cm, intervalle entre les chutes, 5 cm, somme de  $i \cdot n$  (-) 16, somme de  $i^2 \cdot n$  (-) 30 et somme de  $n$  (-) 12; la hauteur moyenne est la suivante :

$$H_{50} = 10 + 5 \times \left( \frac{16}{12} + 0,5 \right) = 19,2 \text{ cm}$$

L'écart type étant :

$$s = 1,62 \times 5 \times \left( \frac{12 \times 30 - 16^2}{12^2} + 0,029 \right) = 6,1$$

**Source** : W.J. Dixon et F.V. Massey, Jr., "Introduction to Statistical Analysis, McGraw-Hill Book Co., Toronto, 1969.

**Tableau A2.1 : DONNÉES ENREGISTRÉES**

Hauteur de largage (cm)	RÉSULTATS CONSIGNÉS																									FRÉQUENCE		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	+	-	
30								+																			1	
25							-		+			+					+		+								4	1
20				+		-				+		-		+		-		-		+		+					5	4
15	+		-		-						-				-						-		+			+	3	5
10		-																							-			2
																										13	12	

**Tableau A2.2 : RÉSUMÉ DES DONNÉES**

Hauteur (cm)	CALCULS AU MOYEN DES RÉSULTATS NÉGATIFS			
	i(-)	n(-)	i(-).n(-)	i <sup>2</sup> (-).n(-)
25	3	1	3	9
20	2	4	8	16
15	1	5	5	5
10	0	2	0	0
TOTAUX		N <sub>s</sub> = 12	A = 16	B = 30

## 2. Essai de comparaison des échantillons

**Introduction** : Cette technique peut s'appliquer à toute épreuve faisant appel à la méthode Bruceton. L'essai de comparaison des échantillons est une opération non-paramétrique visant à donner un degré de confiance plus élevé pour différence de sensibilité quand les valeurs moyennes fournies par la méthode Bruceton sont proches les unes des autres.

**Mode opératoire** : Des échantillons d'une matière explosive A sont éprouvés en suivant une méthode Bruceton normale, mais ensuite ils sont mis à l'essai en alternance avec des échantillons de l'explosif B. Toutefois, au lieu de suivre le programme ascendant et descendant, chaque échantillon de l'explosif B est soumis au même niveau d'action que dans l'essai immédiatement précédent effectué sur l'échantillon A. Ainsi, au fur et à mesure que l'épreuve progresse, à chaque niveau d'action on exécute un essai avec l'échantillon A et un autre avec l'échantillon B. Si l'un et l'autre réagissent ou, au contraire, ne réagissent pas, on ne tient pas compte du résultat pour l'évaluation. On ne retient que les paires de résultats qui ont fourni des réponses différentes.

**Calcul des résultats** : Si l'on a **n** paires de résultats ayant fourni différentes réponses et si **x** est le nombre de réactions positives de l'échantillon le moins sensible de ces paires, c'est-à-dire si  $x < (n - x)$ , le degré de confiance, **K**%, indiquant que cet échantillon est réellement moins sensible, est calculé en utilisant la statistique bernoullienne. **K** peut être estimé par la relation :

$$K = 100 \times \left( 1 - 2^{-n} \times \left( \sum_{i=0}^x \frac{n!}{i! \times (n-i)!} \right) \right)$$

Le tableau ci-dessous donne différentes valeurs caractéristiques de **K** pour une série de valeurs de **x** et **n**.

<b>x \ n</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
2	99			
3	98	99		
4	94	99		
5	85	98	99	
6	70	94	99	
7		87	98	99
8		75	95	99
9		59	89	98
10			79	95

En l'absence de différences effectives entre deux échantillons, la proportion de cas où les paires de résultats sont les mêmes augmente alors que  $(n - 2x)$  ne présente pas une tendance générale à s'accroître à mesure que l'épreuve progresse.

**Exemples de résultats** : L'octogène mélangé avec 0,01 % de poussière atmosphérique ayant une granulométrie de 45-63 µm, comparé avec l'octogène sans poussière, a donné une valeur de  $x = 3$  pour  $n = 13$ , indiquant pour le premier une sensibilité supérieure au niveau de confiance de :

$$K = 100 \times \left( 1 - 2^{-13} \times \left( \sum_{i=0}^3 \frac{13!}{i! \times (13-i)!} \right) \right)$$

$$= 100 \times \left( 1 - \frac{1+13+78+286}{8192} \right) = 95,4\%$$

La comparaison d'un échantillon suspect d'octogène broyé avec un échantillon normal a donné  $x = 6$ , pour  $n = 11$ , indiquant une sensibilité plus élevée du premier, au niveau de confiance :

$$K = 100 \times \left( 1 - 2^{-11} \times \left( \sum_{i=0}^6 \frac{11!}{i! \times (11-i)!} \right) \right)$$

$$= 100 \times \left( 1 - \frac{1+11+55+165+330+462+462}{2048} \right) = 27,4\%$$

ne présentant pas d'indice d'anormalité pour l'échantillon suspect.

**NOTA** : Le moyen le plus simple d'estimer  $K$  est l'équation  $K = 100 \times \{0,5 + G(z)\}$ , où  $G(z)$  est la surface gaussienne entre l'ordonnée centrale et l'ordonnée à l'abscisse  $z$ , où  $z = n^{0,5} - (2x + 1)n^{0,5}$ . Pour  $n = 13$  et  $x = 3$ ,  $z = 1,6641$ ,  $G(z) = 0,452$  et  $K = 95,2$  %.

**Source** : J.J. Scullion, Journal of Applied Chemistry and Biotechnology, 1975, 25, p. 503 à 508.

## APPENDICE 3

### CAVITATION DES ÉCHANTILLONS

#### 1. Méthode allemande

Lorsqu'un liquide doit être éprouvé à l'état cavité, la cavitation peut être obtenue en faisant traverser cette matière par un courant constant de bulles de gaz. La méthode est modifiée (voir figure A3.1) comme suit :

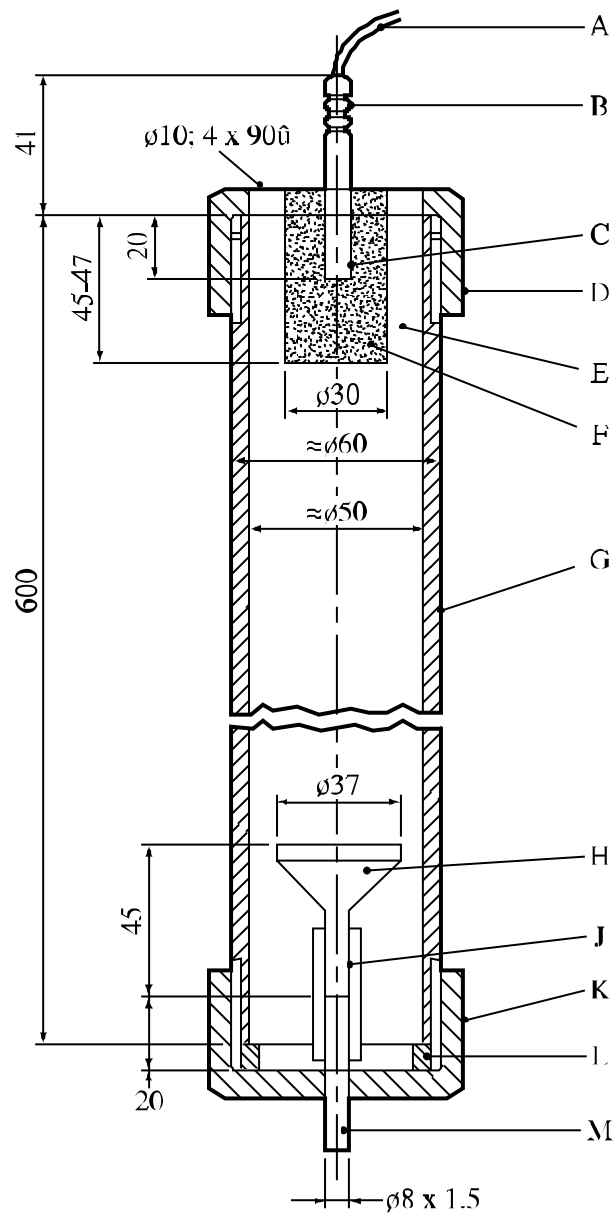
Le fond du tube (allongé de 100 mm) est fermé par un bouchon fileté et une garniture de PTFE, au lieu de la plaque soudée habituelle. Un court tube d'acier d'environ 5 mm de diamètre intérieur est soudé dans un orifice central pratiqué dans ce bouchon. Un filtre de verre poreux est attaché à l'extrémité intérieure du tube grâce à un tuyau de plastique souple, de façon à le centrer et le positionner aussi près que possible du fond du bouchon. Le disque poreux doit avoir un diamètre d'au moins 35 mm et une dimension de pore entre 10 et 16  $\mu\text{m}$  (porosité 4). Le débit d'air, d'oxygène ou d'azote doit être de  $28 \pm 5$  litres par heure. Pour éviter les accumulations de pression, quatre orifices supplémentaires de diamètre 10 mm doivent être percés dans le bouchon supérieur.

#### 2. Méthode des États-Unis

L'appareillage pour l'épreuve de détonation de liquides avec cavitation est la même que pour les solides et les liquides non cavités, si ce n'est qu'il comprend un dispositif permettant d'injecter des bulles dans le liquide. Un exemple de montage expérimental est indiqué à la figure A3.2. Les bulles sont injectées au moyen d'une boucle de 23,5 mm de diamètre, placée au fond de l'échantillon, en tuyau plastique de vinyle du type utilisé pour les cathéters médicaux, d'un diamètre extérieur de 1,8 mm et d'une épaisseur de paroi de 0,4 mm. Cette boucle est perforée de deux rangées de trous diamétralement opposés, les trous de chaque rangée étant espacés de 3,2 mm. Pour obtenir ces trous, on perce la paroi du tuyau avec une aiguille de 1,3 mm. Du fait de l'élasticité de la paroi, les trous se referment presque complètement lorsque l'aiguille est retirée, si bien que leur diamètre réel est très inférieur à 1 mm. Ce tube est fermé à une extrémité de la boucle avec de la colle époxyde, à l'autre extrémité de la boucle, il se prolonge vers l'extérieur, jusqu'à la source d'air, en passant par un trou dans la paroi du tube en acier, rendu étanche avec de la colle époxyde. L'air arrive sous une pression de 30 à 100 kPa, ce qui donne un débit de 1,2 litre/min.

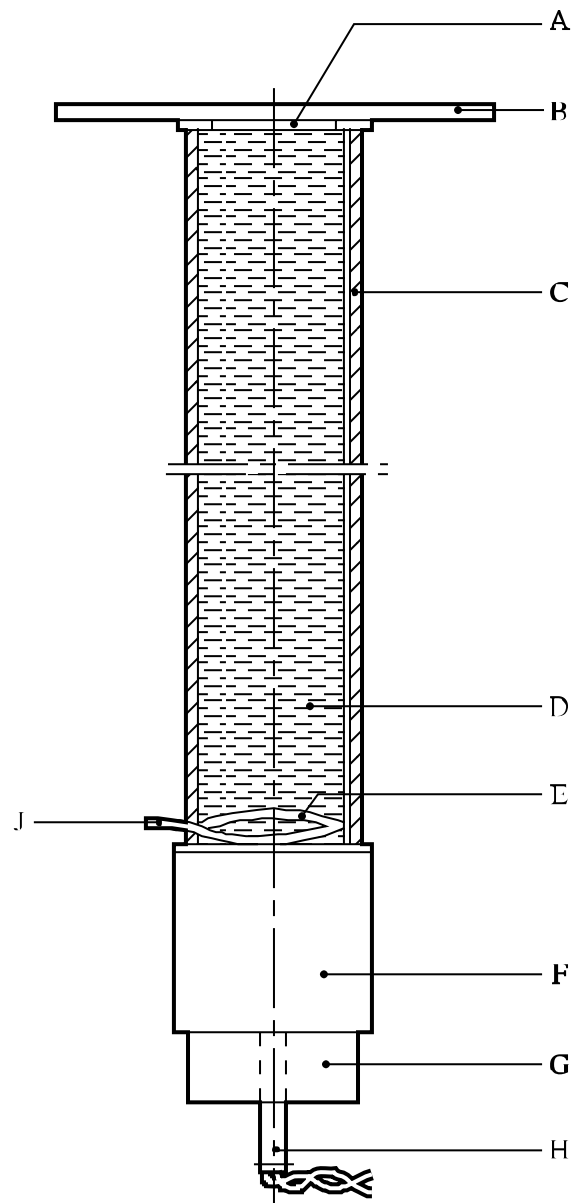
#### 3. Méthode française

Cette méthode utilise des microsphères creuses, utilisées ordinairement pour sensibiliser les explosifs en émulsion; elles peuvent être par exemple en verre borosilicaté à la chaux soudée, aux caractéristiques suivantes : masse volumique apparente 0,15, diamètre moyen 50  $\mu\text{m}$ , diamètre maximal 200  $\mu\text{m}$ , avec 25 % d'entre elles d'un diamètre inférieur à 30  $\mu\text{m}$ . Méthode applicable aux liquides et aux matières pâteuses. Les microsphères creuses sont utilisées, additionnées en cas de besoin d'une petite quantité de dispersant compatible avec la matière à éprouver, à raison de 500 mg par litre d'échantillon. Avant d'être introduit dans le tube de mise à feu, le mélange est agité jusqu'à ce qu'il forme une dispersion stable et homogène.



(A)	Fils de plomb	(B)	Exploseur électrique
(C)	Détonateur	(D)	Bouchon fileté en fonte malléable
(E)	Matière à éprouver	(F)	Relais d'hexocire (95/5)
(G)	Tube d'acier à la norme DIN 2441, matériau St 37 à la norme DIN 1629	(H)	Filtre de verre poreux
(J)	Tube souple en plastique	(K)	Bouchon fileté en acier St 35
(L)	Joint en PTFE	(M)	Petit tube en acier

**Figure A3.1 : MÉTHODE ALLEMANDE DE CAVITATION**



---

(A)	Entretoises	(B)	Plaque témoin
(C)	Tube en acier	(D)	Matière éprouvée
(E)	Barboteur	(F)	Pastille de pentolite
(G)	Porte-détonateur	(H)	Détonateur
(J)	Air		

---

**Figure A3.2 : MÉTHODE DE CAVITATION, ÉTATS-UNIS**





**APPENDICE 4****CORRESPONDANTS NATIONAUX POUVANT FOURNIR  
DES PRÉCISIONS SUR LES ÉPREUVES**

Pays	Code	Adresse
ALLEMAGNE	D	Abteilung II Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung Unter den Eichen 87 D - Berlin 12205 Allemagne
CANADA	C	Laboratoire canadien de recherche sur les explosifs Département de l'énergie, des mines et des ressources Complexe CANMET, Bells Corners Ontario, Canada K1A 0G1
ESPAGNE	E	Laboratorio Oficial Madariaga (LOM) Alenza, 1 Madrid 28002 Espagne
ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE	USA	Associate Director for Hazardous Materials Safety RSPA/DOT Washington D.C. États-Unis 20590
FÉDÉRATION DE RUSSIE	RUS	The State Committee of the Russian Federation on Defensive Branches of Industry Central Scientific and Design Bureau 20 Goncharnaya Street Moscow, 109240 Fédération de Russie
FRANCE	F	INERIS/LSE Parc technologique ALATA B.P.2 60550 Verneuil-en-Halatte France
JAPON	J	Technology and Safety Division Transport Policy Bureau Ministry of Transport 2-1-3 Kasumigaseki Chiyoda-ku Tokyo 100, Japon
PAYS-BAS	NL	TNO, Prins Maurits Laboratory P.O. Box 45 2280 AA Rijswijk Pays-Bas
POLOGNE	PL	Institute of Industrial Organic Chemistry Laboratory of Dangerous Properties of Materials 6, Annopol Street 03 - 236 Warsaw Pologne

**CORRESPONDANTS NATIONAUX POUVANT FOURNIR  
DES PRÉCISIONS SUR LES ÉPREUVES (suite)**

Pays	Code	Adresse
ROYAUME-UNI	GB	HSE, Health and Safety Laboratory Harpur Hill, Buxton Derbyshire SK17 9JN Royaume-Uni
SUÈDE	S	Saab Bofors Dynamics AB Research and Development Explosives S-691 80 Karlskoga Suède
SUISSE	CH	Inspection fédérale des marchandises dangereuses Richtistrasse 15 CH-8304 Wallisellen Suisse

## APPENDICE 5

### EXEMPLE DE MÉTHODE D'ESSAI POUR LE DIMENSIONNEMENT DES DISPOSITIFS DE DÉCOMPRESSION

#### 1. Introduction

L'objet de cette méthode d'essai pour le dimensionnement des dispositifs de décompression, présentée à titre d'exemple, est de déterminer la capacité que doivent avoir les dispositifs de décompression d'urgence dont doit être équipé un GRV ou une citerne affecté au transport d'un peroxyde organique du type F ou d'une matière autoréactive du type F donné(e) ou de préparations à base de ceux-ci. La méthode est fondée sur des données expérimentales qui indiquent que, pour les préparations de peroxydes organiques ou de matières autoréactives, le rapport de la section minimale des dispositifs de décompression d'urgence à la capacité du GRV ou de la citerne est constant et peut être déterminé en utilisant une citerne à échelle réduite de 10 litres de capacité. Lors des essais, la citerne à échelle réduite est chauffée à une température représentative d'une immersion totale d'une citerne dans les flammes ou, dans le cas des GRV ou des citernes à isolation thermique, du transfert thermique à travers l'isolation qui en résulterait avec l'hypothèse d'une perte d'isolation sur 1 % de la surface (voir 4.2.1.13.8 et 4.2.1.13.9 du Règlement type). D'autres méthodes peuvent être utilisées à condition qu'elles reposent sur le principe d'un dimensionnement approprié des dispositifs de décompression d'urgence d'un GRV ou d'une citerne permettant le dégagement de tous les produits résultant d'une décomposition auto-accélérée ou d'une immersion totale de la citerne dans les flammes pour une durée d'au moins une heure.

**Attention:** *La présente méthode ne tient pas compte de la possibilité d'amorçage d'une déflagration. Si cette possibilité existe, en particulier si l'amorçage dans la phase vapeur peut se propager à la phase liquide, l'on doit exécuter des essais qui tiennent compte de cette éventualité.*

#### 2. Appareillage et matériels

La citerne à échelle réduite est constituée par un réservoir type en acier inoxydable d'un volume brut de 10 l. La partie supérieure de la citerne comporte soit un orifice d'1 mm de diamètre simulant la soupape de décompression du GRV ou de la citerne, soit une soupape de décompression réelle dont le diamètre est déterminé par réduction proportionnelle sur la base du rapport de la section de l'évent au volume de la citerne. Un second orifice représente l'orifice de dégagement d'urgence; il est fermé par un disque de rupture. On peut donner à cet orifice un diamètre variable en utilisant des disques à lumière de différents diamètres. La pression d'éclatement des disques à installer sur le réservoir de 10 l doit être égale à la pression maximale d'éclatement des disques de rupture devant être installés sur le GRV ou la citerne. Cette pression doit être inférieure à la pression d'épreuve de la citerne en question. Normalement, la pression d'éclatement est fixée à une valeur telle que le disque puisse supporter les pressions rencontrées dans les conditions normales de transport: pression hydrostatique du liquide en cas de retournement de la citerne, débordement du contenu, etc. Le réservoir de 10 l doit être muni d'un disque de rupture ayant une pression de tarage de l'ordre de celle du ou des disques équipant la citerne ou le GRV, tels qu'ils sont employés au cours du transport. Pour des raisons de sécurité, il est recommandé de munir le réservoir d'essai d'un disque de rupture supplémentaire (pression d'éclatement d'environ 80 % de la pression de calcul d'un réservoir d'essai de 10 l) avec une grande ouverture permettant un dégagement d'urgence supplémentaire pour le réservoir d'essai au cas où le diamètre de l'orifice choisi serait trop petit.

La surface extérieure du réservoir d'essai est munie, au-dessous du niveau du liquide, d'un enroulement chauffant électrique ou de cartouches chauffantes reliés à une alimentation. Les contenus des réservoirs doivent être chauffés, l'intensité du chauffage étant constante et indépendante de la chaleur produite par le peroxyde organique ou par la matière autoréactive. La résistance de l'enroulement chauffant doit être choisie en fonction de la puissance de l'alimentation disponible de manière à assurer que la vitesse d'échauffement déterminée par le calcul (voir section 3) puisse être atteinte. Tout le réservoir est calorifugé avec de la laine de roche, du verre cellulaire ou des fibres céramiques.

La température à l'intérieur de la citerne est mesurée au moyen de trois thermocouples dont deux situés dans la phase liquide (en haut et en bas de la phase liquide) et un dans la phase gazeuse. Les deux thermocouples dans la phase liquide servent à vérifier l'homogénéité de l'échauffement. La pression est enregistrée au moyen d'un ou de plusieurs capteurs de pression permettant d'enregistrer aussi bien les variations lentes que les variations rapides (au moins 1 000 points/s) de la pression. Des exemples de réservoir type sont donnés schématiquement à la figure A5.1. Des informations supplémentaires peuvent être obtenues si la citerne est montée sur un plateau conçu pour recueillir toute matière liquide ou solide éjectée.

Les essais doivent être exécutés sur un site d'essai avec une zone de sécurité appropriée. Ils peuvent aussi être exécutés dans un abri bétonné qui doit être muni d'ouvertures permettant l'aération et le dégagement des gaz afin d'éviter une montée en pression à l'intérieur de l'abri. L'équipement électrique dans cet abri doit être antidéflagrant afin de minimiser tout risque d'inflammation. ***Cependant, les essais doivent être effectués en partant de l'hypothèse que les produits de la décomposition s'enflammeront.***

### 3. Calcul de la vitesse d'échauffement à utiliser pour l'essai

Si le GRV ou la citerne n'est pas thermiquement isolée, la densité de flux thermique du réservoir doit être celle définie au paragraphe 4.2.1.13.8 du Règlement type. Si le GRV ou la citerne est thermiquement isolée, le Règlement type stipule que la densité de flux thermique du réservoir doit être équivalente au transfert de flux thermique à travers l'isolant plus la densité du flux thermique du réservoir en tenant compte d'une perte complète de l'isolation sur 1 % de la surface du réservoir.

Les renseignements ci-dessous concernant le GRV ou la citerne et le peroxyde organique ou la matière autoréactive sont nécessaires au calcul de la vitesse d'échauffement:

$F_r$	= Partie de la citerne directement chauffée (1 si elle n'est pas isolée et 0,01 si elle est isolée)	[-]
$M_t$	= Masse totale de peroxyde organique ou de matière autoréactive et de diluant	[kg]
$K$	= Conductivité thermique de la couche d'isolant	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$L$	= Épaisseur de la couche d'isolant	[m]
$U$	= $K/L$ = Coefficient de transfert thermique	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$A$	= Surface mouillée du GRV ou de la citerne	[m <sup>2</sup> ]
$C_p$	= Chaleur spécifique de la préparation de peroxyde organique ou de matière autoréactive	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]
$T_{po}$	= Température de la préparation de peroxyde ou de matière autoréactive au moment de la décompression	[K]
$q_i$	= Apport indirect de chaleur	[W]
$q_d$	= Apport direct de chaleur	[W]
$F$	= Facteur d'isolation	[-]

L'apport de chaleur  $q_i$ , (W), par l'intermédiaire de la surface indirectement exposée (partie isolée), est obtenu au moyen des équations (1) et (2) :

$$q_i = 70961 \times F \times [(1 - F_r) \times A]^{0.82} \quad (1)$$

où:  $F$  = Facteur d'isolation;

$F = 1$  Pour les réservoirs non isolés; ou

$$F = 2 \times \frac{U(923 - T_{po})}{47032} \quad \text{pour les réservoirs isolés} \quad (2)$$

Dans le calcul de  $F$ , on introduit un coefficient multiplicateur de 2 pour tenir compte d'une perte d'efficacité de l'isolation de 50 % en cas d'accident.

L'apport de chaleur  $q_d$  (W), par l'intermédiaire de la surface exposée directement (partie non isolée), se calcule au moyen de l'équation (3):

$$q_d = 70961 \times F \times [F_r \times A]^{0.82} \quad (3)$$

où:  $F$  = Facteur d'isolation = 1 (récipient non isolé)

La vitesse d'échauffement globale  $dT/dt$  (en K/min) résultant de l'immersion de la citerne dans les flammes s'obtient au moyen de l'équation (4):

$$dT/dt = \frac{(q_i + q_d)}{M_t C_p} 60 \quad (4)$$

### Exemple 1: citerne isolée

Pour une citerne isolée de 20 m<sup>3</sup>:

$F_r$	=	Partie de la citerne directement chauffée	=	0,01
$M_t$	=	Masse totale de peroxyde organique et de diluant	=	16 268 kg
$K$	=	Conductivité thermique de la couche d'isolant	=	0,031 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
$L$	=	Épaisseur de la couche d'isolant	=	0,075 m
$U$	=	$K/L$ = coefficient de transfert thermique	=	0,4 W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>
$A$	=	Surface mouillée de la citerne	=	40 m <sup>2</sup>
$C_p$	=	Chaleur spécifique de la préparation de peroxyde organique	=	2 000 J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
$T_{po}$	=	Température du peroxyde au moment de la décompression	=	100 °C

et

$$q_i = 70961 \times 2 \times \frac{0,4 \times (923 - 373)}{47032} \times [(1 - 0,01) \times 40]^{0.82} = 13558 \text{ W}$$

$$q_d = 70961 \times 1 \times [0,01 \times 40]^{0.82} = 33474 \text{ W}$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(13558 + 33474)}{16268 \times 2000} \times 60 = 0,086 \text{ K} \cdot \text{min}^{-1}$$

### Exemple 2: GRV non isolé

Pour un GRV non isolé en acier de 1,2 m<sup>3</sup> (apport direct de chaleur  $q_d$ , seulement):

$F_r$	=	Partie de la citerne directement chauffée	=	1
$M_t$	=	Masse totale de peroxyde organique et de diluant	=	1 012 kg
$A$	=	Surface mouillée du GRV	=	5,04 m <sup>2</sup>
$C_p$	=	Chaleur spécifique de la préparation de peroxyde organique	=	2 190 J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>

et

$$q_d = 70961 \times 1 \times [1 \times 5,04]^{0.82} = 267308 \text{ W}$$

$$q_i = 0$$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{(0 + 267308)}{1012 \times 2190} \times 60 = 7,2 \text{ K} \cdot \text{min}^{-1}$$

#### 4. Mode opératoire

On remplit le réservoir d'essai de la quantité de peroxyde organique ou de matière autoréactive nécessaire pour obtenir le même degré de remplissage (en pourcentage du volume du réservoir) que celui prévu pour la citerne (taux de remplissage maximal: 90 % en volume). Puis, on met en place le disque à lumière<sup>1</sup> et le disque de rupture requis. Il, par exemple, est d'usage d'installer quatre disques de rupture de 250 mm de diamètre sur une citerne de 20 tonnes, ce qui se traduit, pour le réservoir d'essai, par un orifice d'un diamètre de 11 mm.

Le réservoir est chauffé à la vitesse voulue au moyen de l'enroulement chauffant. On peut d'abord utiliser une vitesse d'échauffement supérieure à celle déterminée par calcul, jusqu'à ce que l'on atteigne une température de 5 °C supérieure à la température de décomposition auto-accélérée (pour un colis de 50 kg) du peroxyde organique ou de la matière autoréactive. Une fois cette température atteinte, on doit utiliser la vitesse d'échauffement déterminée par calcul. La température et la pression dans le réservoir sont enregistrées pendant tout l'essai. Après éclatement du disque de rupture, on doit poursuivre le chauffage pendant environ 30 minutes supplémentaires afin d'être sûr que tous les effets dangereux ont été mesurés. ***On doit rester à distance du réservoir pendant et après l'exécution de l'essai et ne pas s'en approcher avant refroidissement du contenu.***

On fait varier le diamètre d'orifice (si nécessaire) jusqu'à ce que l'on ait déterminé une ouverture convenable pour laquelle la pression maximale enregistrée ne dépasse pas la pression mentionnée à la section 5 intitulée "Critères d'essai et méthodes d'évaluation des résultats". La dimension retenue doit être en rapport avec les options disponibles en pratique sur la citerne, c'est-à-dire des dimensions d'évent plus grandes ou davantage d'évents. Si nécessaire, la concentration du peroxyde organique ou des matières autoréactives peut être diminuée. L'essai doit être exécuté deux fois au niveau pour lequel la surface totale d'évent a une capacité suffisante.

#### 5. Critères d'essai et méthode d'évaluation des résultats

La surface minimale ou appropriée (s'il est acceptable d'utiliser une dimension des orifices de dégagement supérieure à la dimension minimale) des orifices de dégagement d'un GRV ( $A_{GRV}$ ) ou d'une citerne ( $A_{citerne}$ ) peut être calculée à partir de la surface minimale ou appropriée de l'orifice de dégagement qui a été éprouvée au cours de l'essai du réservoir de 10 litres, pour lequel la pression maximale pendant la décompression est:

- Pour les citernes, inférieure ou égale à la pression d'épreuve de la citerne (conformément au 4.2.1.13.4 du Règlement type, la citerne sera conçue pour une pression d'épreuve d'au moins 0,4 MPa),
- Pour les GRV, inférieure ou égale à la pression manométrique de 200 kPa, lorsqu'elle est mesurée conformément au 6.5.6.8.4 du Règlement type, ou supérieure à cette pression, sous réserve d'agrément par l'autorité compétente,

et les volumes ceux du réservoir type et du GRV ou de la citerne.

La surface totale minimale des orifices de dégagement d'un GRV ou d'une citerne est donnée par les formules suivantes:

Pour les GRV: 
$$A_{GRV} = V_{GRV} \times \left( \frac{A_{\text{réservoir d'essai}}}{V_{\text{réservoir d'essai}}} \right)$$

<sup>1</sup> Il est recommandé d'effectuer des essais à petite échelle (100-200 ml) ou des essais en utilisant un réservoir très résistant (pressions de plus de 100 bar) avant d'exécuter l'essai sur le réservoir de 10 litres afin d'obtenir des informations sur l'effet de pression maximum exercé par la matière à l'essai et sur le diamètre de l'orifice qu'il faut prévoir pour le premier essai à l'échelle du réservoir de 10 l.

Pour les citernes: 
$$A_{\text{citerne}} = V_{\text{citerne}} \times \left( A_{\text{réservoir d'essai}} / V_{\text{réservoir d'essai}} \right)$$

où:

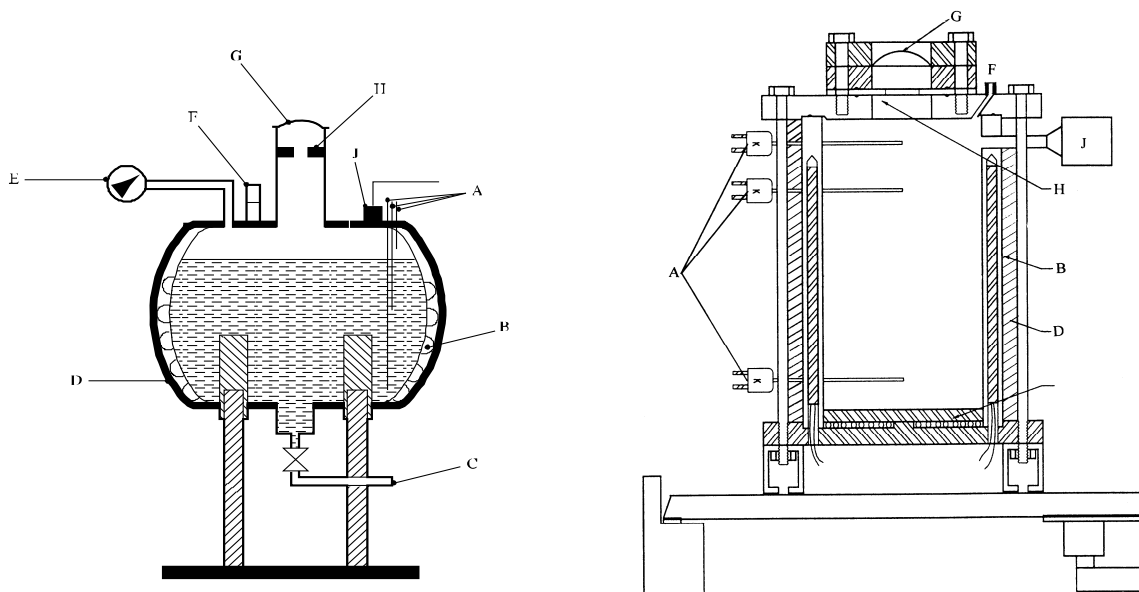
$A_{\text{réservoir d'essai}}$	=	Surface des orifices de dégagement d'un réservoir type de 10 l	=	[m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{GRV}}$	=	Surface des orifices de dégagement d'un GRV	=	[m <sup>2</sup> ]
$A_{\text{citerne}}$	=	Surface des orifices de dégagement d'une citerne	=	[m <sup>2</sup> ]
$V_{\text{réservoir d'essai}}$	=	Volume d'un réservoir type de 10 l	=	[m <sup>3</sup> ]
$V_{\text{GRV}}$	=	Volume d'un GRV	=	[m <sup>3</sup> ]
$V_{\text{citerne}}$	=	Volume d'une citerne	=	[m <sup>3</sup> ]

*Exemple:*

Pour un peroxyde organique type dans une citerne calorifugée de 20 m<sup>3</sup>:

$A_{\text{réservoir d'essai}}$	=	Surface minimale appropriée trouvée par l'essai	=	9,5 × 10 <sup>-5</sup> m <sup>2</sup>
$V_{\text{citerne}}$	=	Volume de la citerne	=	20 m <sup>3</sup>
$V_{\text{réservoir d'essai}}$	=	Volume du réservoir d'essai	=	0,01 m <sup>3</sup>

$$A_{\text{citerne}} = 20 \times \left( 9,5 \times 10^{-5} / 0,01 \right) = 0,19 \text{ m}^2$$



- 
- (A) Thermocouples (deux dans la phase liquide et un dans la phase vapeur)
  - (B) Enroulement chauffant/cartouche chauffante
  - (C) Conduite de vidange (facultative)
  - (D) Isolation thermique
  - (E) Manomètre (facultatif)
  - (F) Soupape de décompression (facultative)
  - (G) Disque de rupture
  - (H) Disque à lumière
  - (J) Capteur de pression ou soupape de décompression et capteur en T
- 

**Figure A5.1: RÉSERVOIRS TYPE DE 10 L UTILISÉS POUR LES ESSAIS  
DES DISPOSITIFS DE DÉCOMPRESSION**



## APPENDICE 6

### PROCÉDURES DE PRÉSÉLECTION

#### 1. Objet

1.1 Dans l'industrie, des procédures de présélection sont appliquées pour déterminer les risques potentiels des matières premières, des mélanges réactifs, des produits intermédiaires, des produits finals et des sous-produits. Leur utilisation est essentielle du point de vue de la sécurité des activités de recherche et d'essais, mais aussi pour la mise au point de produits et procédés nouveaux présentant le moins de risques possible. La procédure consiste généralement en une combinaison d'évaluations théoriques et d'épreuves à petite échelle, et bien souvent elle permet d'évaluer correctement les risques sans avoir à recourir à des épreuves de classement à pleine échelle. Elle offre donc notamment comme avantages de consommer moins de matières, de causer moins de pollution et d'éviter les épreuves inutiles.

1.2 Le présent appendice donne des exemples de procédures de présélection. Il doit être utilisé parallèlement aux procédures de présélection figurant dans l'introduction de certaines des séries d'épreuves pertinentes. Les résultats que donnent ces procédures permettent de prédire avec une bonne certitude qu'il est inutile d'effectuer une épreuve de classement car elle donnera certainement un résultat négatif. Elles doivent seulement servir de guide et elles ne doivent pas obligatoirement être utilisées. On peut appliquer d'autres procédures à condition qu'elles offrent une corrélation satisfaisante avec les épreuves de classement pour une gamme représentative de matières et une marge de sécurité suffisante.

#### 2. Domaine d'application

2.1 Avant d'être présentée au transport, toute nouvelle matière devrait faire l'objet d'une évaluation concernant les risques qu'elle présente. Dans un premier temps on peut appliquer les procédures de présélection décrites dans le présent appendice. Si celles-ci montrent qu'il existe un risque, on doit alors exécuter la procédure complète de classement.

2.2 Les procédures de présélection sont seulement applicables directement aux matières et aux mélanges qui sont stables et homogènes. Si un mélange est susceptible de se dissocier pendant le transport, chacun de ses éléments réactifs doit être soumis à la procédure de présélection, outre le mélange lui-même.

2.3 Comme il est dit dans le paragraphe 1.1.2 (section 1 - Introduction générale), l'autorité chargée des épreuves est censée avoir la compétence voulue, et donc pouvoir assumer la responsabilité du classement.

#### 3. Procédure de présélection pour les matières susceptibles d'avoir des propriétés explosives

3.1 La procédure de présélection peut être utilisée pour les nouvelles matières qui sont soupçonnées d'avoir des propriétés explosives. Pour les propriétés explosives des matières autoréactives de la division 4.1 ou des peroxydes organiques de la division 5.2, on devra se reporter à la deuxième partie du présent Manuel et à la section 5.1 du présent appendice. La procédure de présélection ne devrait pas être utilisée pour les matières fabriquées dans l'intention d'obtenir un effet pratique explosif ou pyrotechnique.

3.2 Les propriétés explosives sont liées à la présence, dans une molécule, de certains groupes chimiques capables de réagir pour produire de très rapides augmentations de température ou de pression. La procédure de présélection a pour but de détecter la présence de ces groupes réactifs et leur capacité à libérer rapidement de l'énergie. Si la procédure de présélection indique que la matière est une matière potentiellement explosive, il convient d'appliquer la procédure d'acceptation dans la classe 1 (voir 10.3).

**NOTA :** Si l'énergie de décomposition exothermique des matières organiques est inférieure à 800 J/g, il n'est nécessaire d'exécuter ni l'épreuve d'amorçage de la détonation de la série 1, type a), ni l'épreuve de sensibilité à l'onde de choc de la série 2, type a). Pour les matières organiques et les mélanges de matières organiques dont l'énergie de décomposition est supérieure ou égale à 800 J/g, il n'est pas nécessaire d'exécuter l'épreuve de la série 1, type a) ni l'épreuve de la série 2, type a) si le résultat de l'épreuve de tir au mortier balistique Mk.III d (épreuve F.1), de l'épreuve du mortier balistique (épreuve F.2) ou de l'épreuve de Trauzl BAM (épreuve F.3) avec amorçage par un détonateur normalisé No 8 (voir appendice 1) est "Réaction nulle". Dans ce cas, les résultats de l'épreuve de la série 1, type a), et de l'épreuve de la série 2, type a), sont réputés être négatifs (-).

3.3 Il n'est pas nécessaire d'exécuter la procédure d'acceptation pour les matières et objets explosifs de la classe 1 si :

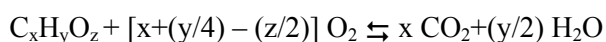
- a) La molécule ne contient aucun groupe chimique possédant des propriétés explosives (des exemples de tels groupes sont donnés dans le tableau A6.1); ou

**Tableau A6.1 EXEMPLES DE GROUPES CHIMIQUES DONT LA PRÉSENCE INDIQUE DES PROPRIÉTÉS EXPLOSIVES DANS LES MATIÈRES ORGANIQUES**

Structure	Exemples
C-C insaturés	Acétylènes, acétylides, diènes-1,2
C-métal, N-métal	Réactifs de Grignard et composés organiques du lithium
Atomes d'azote contigus	Azides, composés azo-aliphatiques, sels de diazonium, hydrazines et sulfonylhydrazides
Atomes d'oxygène contigus	Peroxydes et ozonides
N-O	Hydroxylamines, nitrates, composés nitrés, composés nitreux, N-oxydes et oxazoles-1,2
N-halogène	Chloramines et fluoramines
O-halogène	Chlorates, perchlorates et composés iodylés

- b) La matière contient des groupes chimiques ayant des propriétés explosives et contenant de l'oxygène, mais le bilan oxygène calculé est inférieur à -200.

Le bilan oxygène s'obtient au moyen de la réaction ci-dessous :



au moyen de la formule :

$$\text{bilan oxygène} = -1600 \times \frac{\left(2x + \frac{y}{2} - z\right)}{\text{poids moléculaire}} ; \text{ ou}$$

- c) La matière organique ou un mélange homogène de matières organiques contient des groupes chimiques possédant des propriétés explosives mais l'énergie de décomposition exothermique est inférieure à 500 J/g et la température initiale de décomposition exothermique est inférieure à 500 °C. (La limite de température sert à empêcher que l'épreuve soit appliquée à un grand nombre de matières organiques qui ne sont pas explosives mais qui se décomposent lentement au-dessus de 500 °C en dégageant plus de 500 J/g.) L'énergie de décomposition exothermique peut être évaluée par une analyse calorimétrique (voir 20.3.3.3); ou

- d) Pour les mélanges de matières comburantes inorganiques de la division 5.1 contenant des matières organiques, la concentration de matière comburante inorganique est :
- Inférieure à 15 %, en masse, si elle est affectée au groupe d'emballage I (matières très dangereuses) ou II (matières moyennement dangereuses);
  - Inférieure à 30 %, en masse, si elle est affectée au groupe d'emballage III (matières faiblement dangereuses).

3.4 Lorsque la matière est un mélange contenant une matière explosive connue, il y a lieu d'appliquer la procédure d'acceptation dans la classe 1.

#### **4. Procédure de présélection pour les matières susceptibles d'être des liquides inflammables (classe 3)**

4.1 Dans le cas des mélanges<sup>1</sup> contenant des liquides inflammables connus en concentration définie, même s'ils peuvent contenir des composants non volatils tels que polymères ou additifs, il n'est pas nécessaire de déterminer le point d'éclair par des épreuves si le point d'éclair du mélange calculé selon la méthode mentionnée au paragraphe 4.2 est supérieur d'au moins 5 °C<sup>2</sup> aux critères de classification applicables (23 °C et 60 °C, respectivement) et à condition:

- a) Que la composition du mélange soit connue avec précision (si la matière a une gamme précise de compositions, c'est la composition ayant le point d'éclair calculé le plus bas qui doit être retenue);
- b) Que la limite inférieure d'explosivité de chaque composant soit connue (une méthode de corrélation appropriée doit être appliquée pour l'extrapolation de ces données à d'autres températures que les conditions d'épreuve), de même qu'une méthode de calcul de la limite inférieure d'explosivité du mélange;
- c) Que la mesure dans laquelle la pression de vapeur saturée et le coefficient d'activité dépendent de la température soit connue pour chaque composant tel qu'il est présent dans le mélange;
- d) Que la phase liquide soit homogène.

4.2 Gmehling et Rasmussen ont défini une méthode appropriée (Ind. Eng. Chem. Fundament, 21, 186, (1982)). Dans le cas d'un mélange contenant des éléments non volatils, par exemple des polymères ou des additifs, le point d'éclair est à déterminer en fonction du point d'éclair des éléments volatils. On considère qu'un élément non volatil n'abaisse que faiblement la pression partielle des solvants et que le point d'éclair calculé est à peine inférieur à la valeur mesurée.

---

<sup>1</sup> À ce jour, la méthode de calcul est validée pour des mélanges contenant jusqu'à six composants volatils. Ces composants peuvent être des liquides inflammables tels que des hydrocarbures, des éthers, des alcools, des esters (à l'exception des acrylates) et de l'eau. En revanche, la méthode n'est pas encore validée pour les mélanges contenant par exemple des composants halogénés, sulfureux et/ou phosphoriques, ainsi que des acrylates réactifs.

<sup>2</sup> Si le point d'éclair calculé est supérieur de moins de 5 °C aux critères de classification applicables, la méthode de calcul ne peut pas être utilisée et le point d'éclair devrait être déterminé au moyen d'épreuves.

## 5. Procédure de présélection pour les matières susceptibles d'être des matières solides inflammables (classe 4)

### 5.1 Matières susceptibles d'être des matières autoréactives (division 4.1)

Il n'est pas nécessaire d'exécuter les procédures de classement (voir la section 20.4) des matières autoréactives si :

- a) La molécule ne contient aucun groupe chimique possédant des propriétés explosives ou autoréactives (des exemples de tels groupes sont donnés dans les tableaux A6.1 et A6.2); ou

**Tableau A6.2 EXEMPLES DE GROUPES CHIMIQUES DONT LA PRÉSENCE INDIQUE DES PROPRIÉTÉS RÉACTIVES DANS LES MATIÈRES ORGANIQUES**

Structure	Exemples
Groupes mutuellement réactifs	Aminonitriles, haloanilines, sels organiques d'acides oxydants
S=O	Sulfonylhalogénures, sulfonylcyanures, sulfonylhydrazides
P-O	Phosphites
Cycles tendus	Époxydes et aziridines
Insaturés	Oléfines et cyanates

- b) Pour une matière organique ou un mélange homogène de matières organiques, la température de décomposition exothermique (TDAA) estimée est supérieure à 75 °C ou l'énergie de décomposition exothermique est inférieure à 300 J/g. La température initiale et l'énergie de décomposition peuvent être déterminées au moyen d'une analyse calorimétrique (voir 20.3.3.3).

### 5.2 Matières susceptibles d'inflammation spontanée (division 4.2)

5.2.1 Il n'est pas nécessaire d'exécuter la procédure de classement des *matières solides et des liquides pyrophoriques* lorsque l'expérience de la production ou de la manutention indique que la matière ne s'enflamme pas spontanément au contact de l'air à des températures normales (c'est-à-dire que la matière est considérée comme stable à la température ambiante pendant de longues durées (plusieurs jours)).

5.2.2 Il n'est pas nécessaire d'exécuter la procédure de classement des *matières auto-échauffantes* si les résultats d'une épreuve de présélection offrent une corrélation satisfaisante avec les résultats d'une épreuve de classement et qu'une marge de sécurité suffisante est appliquée. Comme exemples d'épreuves de présélection on peut citer :

- a) L'épreuve à l'étuve de Grewer (VDI guideline 2263, part 1, 1990, *Test Methods for the Determination of the Safety Characteristics of Dusts*), avec une température initiale de 80 K au-dessus de la température de référence pour un volume de 1 l (33.3.1.6);
- b) L'épreuve de présélection dite Bulk Powder Test (poudre en vrac) (Gibson, N., Harper, D.J., Rogers, R., *Evaluation of the fire and explosion risks in drying powders*, Plant Operations Progress, 4 (3), 181-189, 1985), avec une température initiale de 60 K au-dessus de la température critique pour un volume de 1 l (33.3.1.6).

### **5.3 Matières susceptibles de réagir au contact de l'eau en libérant des gaz inflammables (division 4.3)**

Il n'est pas nécessaire d'exécuter la procédure de classement des matières susceptibles de réagir au contact de l'eau en libérant des gaz inflammables si :

- a) La structure chimique de la matière ne contient ni métaux, ni métalloïdes;
- b) L'expérience de la production ou de la manutention indique que la matière ne réagit pas au contact de l'eau : c'est le cas par exemple si elle est fabriquée dans l'eau ou lavée à l'eau;
- c) La matière est connue pour être soluble dans l'eau et former un mélange stable.

## **6. Procédure de présélection pour les matières susceptibles d'être des matières comburantes ou d'être des peroxydes organiques de la classe 5**

### **6.1 Matières susceptibles d'être des matières comburantes (division 5.1)**

6.1.1 Pour les *composés organiques*, il n'est pas nécessaire d'exécuter la procédure de classement des matières comburantes de la division 5.1 :

- a) Si le composé ne contient ni oxygène, ni fluor, ni chlore; ou
- b) Si le composé contient de l'oxygène, du fluor ou du chlore et si ces éléments ne sont liés chimiquement qu'au carbone ou à l'hydrogène.

6.1.2 Pour les *matières inorganiques*, il n'est pas nécessaire d'exécuter la procédure d'épreuve de la section 34 si la matière ne contient ni atomes d'oxygène, ni atomes d'halogène.

### **6.2 Matières susceptibles d'être des peroxydes organiques (division 5.2)**

6.2.1 Les peroxydes organiques sont classés par définition en fonction de leur structure chimique et de leur teneur en oxygène et en peroxyde d'hydrogène (voir 20.2.2).



## APPENDICE 7

### ÉPREUVE HSL DES COMPOSITIONS ÉCLAIR

#### 1. Introduction

Cette épreuve sert à déterminer s'il faut considérer comme étant des compositions éclair les matières pyrotechniques, sous forme de poudre ou en tant que composant pyrotechnique élémentaire, telles que présentées dans les artifices de divertissement, qui sont utilisées pour produire un effet sonore, ou utilisées en tant que charge d'éclatement ou en tant que charge propulsive, aux fins du classement des artifices de divertissement à l'aide du tableau de classification par défaut des artifices de divertissement au 2.1.3.5.5 du Règlement type.

#### 2. Appareillage et matériels

2.1 Le dispositif d'essai (représenté à la figure A7.2) est constitué par une bombe cylindrique en acier de 89 mm de long et 60 mm de diamètre extérieur. La bombe comporte deux plats usinés en des points diamétralement opposés (ce qui réduit sa largeur à cet endroit à 50 mm), ce qui permet de l'immobiliser pour le serrage du bouchon de mise à feu à évidement conique et du bouchon à évent. Elle est alésée intérieurement à 20 mm et comporte aux deux extrémités un chambrage de 19 mm de profondeur taraudé au pas de 1 in. British Standard Pipe (BSP). Une prise de pression est vissée latéralement dans le corps de la bombe à 35 mm d'une extrémité, et à un angle de 90° par rapport aux plats. Elle se visse dans un chambrage de 12 mm de profondeur taraudé au pas de 1/2 in. British Standard Pipe. Un joint en cuivre est utilisé pour assurer l'étanchéité aux gaz. La prise de pression fait saillie latéralement de 55 mm par rapport au corps de la bombe et est percée d'un trou axial de 6 mm. Elle comporte à son extrémité extérieure un chambrage taraudé pour recevoir un capteur de pression du type à diaphragme; on peut utiliser à cette fin tout dispositif de mesure de pression, à condition qu'il résiste aux gaz chauds et aux produits de décomposition et qu'il puisse répondre à des accroissements de pression de 690 à 2 070 kPa en moins de 1 ms.

2.2 L'extrémité de la bombe la plus éloignée du raccord est fermée par un bouchon de mise à feu à évidement conique qui porte deux électrodes, dont l'une est isolée du corps du bouchon et l'autre mise à la masse. L'autre extrémité est fermée par un disque de rupture en aluminium de 0,2 mm d'épaisseur (réglé pour une pression de rupture d'environ 2 200 kPa), maintenu en place par un bouchon portant un évent de 20 mm de diamètre. Un joint en plomb mou est utilisé avec chaque bouchon pour assurer une bonne étanchéité.

2.3 Un porte-bombe spécial (figure A7.8) permet de maintenir la bombe dans la position voulue pendant les essais. Il est constitué par une plaque d'embase en acier doux de 235 mm × 184 mm × 6 mm, sur laquelle est soudé obliquement un tube de section carrée (70 mm × 70 mm × 4 mm) de 185 mm de long. À une extrémité du tube carré, on a enlevé une certaine longueur de métal sur deux faces opposées, ce qui laisse une longueur de 86 mm de tube carré prolongée par deux côtés plats. Les extrémités de ces plats sont coupées à 60° par rapport à l'axe du tube et soudées à la plaque d'embase.

2.4 Une encoche de 22 mm de large et de 46 mm de profondeur est découpée sur un côté en haut du tube carré, de telle manière que lorsque la bombe est posée dans le support, bouchon de mise à feu vers le bas, le raccord de prise de pression vienne s'y loger. Une entretoise en acier de 30 mm de large et 6 mm d'épaisseur est soudée sur la paroi intérieure du tube du côté orienté vers le bas. Deux trous taraudés dans le côté opposé reçoivent des vis à molettes de 7 mm, qui servent à fixer la bombe. Deux rebords en acier de 12 mm de large et de 6 mm d'épaisseur soudés sur les flancs du support à la base de la section carrée soutiennent la bombe par le fond.

2.5 Le dispositif d'inflammation comprend une tête d'amorce électrique Vulcan, avec fils en plomb, du type couramment utilisé pour enflammer les matières pyrotechniques. D'autres têtes d'amorce ayant des caractéristiques équivalentes peuvent être utilisées.

2.6 Les fils de la tête d'amorce sont sectionnés à une longueur telle que la tête d'amorce soit située à 10 mm au dessus du sommet du cône du bouchon de mise à feu (voir figure A7.1). Les fils de la tête d'amorce sont maintenus en position à l'aide de vis sans tête (voir figure A7.3).

### 3. Mode opératoire

3.1 La bombe montée, avec son capteur de pression, mais non fermée par son disque de rupture, est posée bouchon d'allumage vers le bas dans son support. On introduit alors 0,5 g de matière dans le cône du bouchon de mise à feu. Lorsque la masse de la matière pyrotechnique, sous sa forme compacte, dépasse 0,5 g, on en brise un morceau pour que la masse se rapproche le plus possible de 0,5 g. Lorsque la masse de la matière pyrotechnique, sous sa forme compacte, est inférieure à 0,5 g, on choisit des morceaux entiers et brisés de manière à obtenir 0,5 g de matière pyrotechnique. On pose ensuite le joint de plomb et le disque de rupture en aluminium ou en cuivre, puis on visse solidement le bouchon. La bombe chargée est alors introduite dans son support, disque de rupture vers le haut, et l'ensemble est placé dans une sorbonne blindée ou dans une chambre de tir. Un explosif est raccordé aux bornes extérieures du bouchon et la charge est mise à feu. Le signal émis par le capteur de pression est enregistré avec un appareillage approprié, permettant à la fois d'effectuer une analyse des phénomènes rapides et d'obtenir un enregistrement permanent de la courbe pression/temps (enregistreur de signaux transitoires couplé avec un enregistreur à bande de papier).

3.2 On exécute trois essais. On note le temps nécessaire pour que la pression passe de 690 kPa à 2 070 kPa (pression manométrique). On retient, aux fins du classement, le plus court intervalle obtenu pour trois mises à feu.

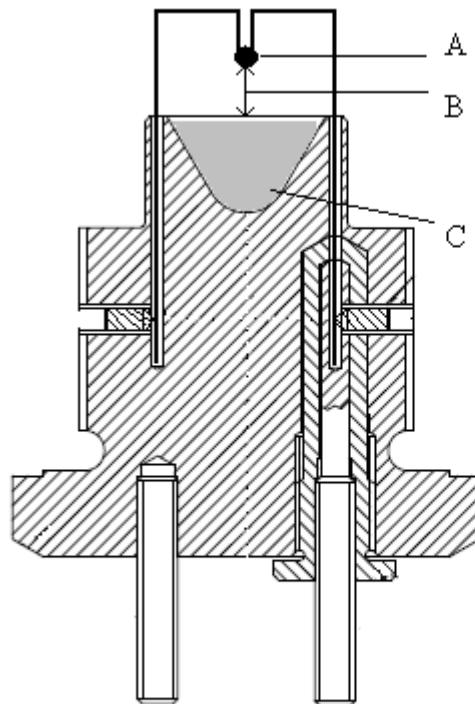
### 4. Critères d'épreuve et méthode d'évaluation des résultats

Pour l'évaluation des résultats on détermine si la pression de 2 070 kPa a été atteinte, et, dans ce cas, le temps nécessaire pour l'accroissement de pression de 690 kPa à 2 070 kPa. Les matières pyrotechniques, sous forme de poudre ou en tant que composant pyrotechnique élémentaire, telles que présentées dans les artifices de divertissement, qui sont utilisées pour produire un effet sonore, ou utilisées en tant que charge d'éclatement ou en tant que charge propulsive, sont à considérer comme des compositions éclair s'il est démontré que le temps de montée en pression minimal de ces matières est inférieur ou égal à 8 ms pour 0,5 g de matière pyrotechnique.

#### Exemples de résultats :

Matière	Pression maximale (kPa)	Temps moyen d'une montée en pression de 690 à 2 070 kPa (ms)	Résultat
1	> 2 070	0,70	Composition éclair
2	> 2 070	4,98	Composition éclair
4	> 2 070	1,51	Composition éclair
5	> 2 070	0,84	Composition éclair
6	> 2 070	11,98	N'est pas une composition éclair





- 
- (A) Tête d'amorce  
(B) Écart de 10 mm  
(C) Matière éprouvée
- 

**Figure A7.1 : EXEMPLE DE MONTAGE**



ÉTAPES D'USINAGE ET D'ASSEMBLAGE

1. VISSER JN0003490:B2 DANS LE BOUCHON
2. VISSER JN0003490:A2 DANS JN0003490:B2
3. PERCER ET TARAUDER UN TROU À M3 \* 0.5P \* 7
4. FILETER LE BOUCHON (FILETAGE CYLINDRIQUE) À 1 in. BSP

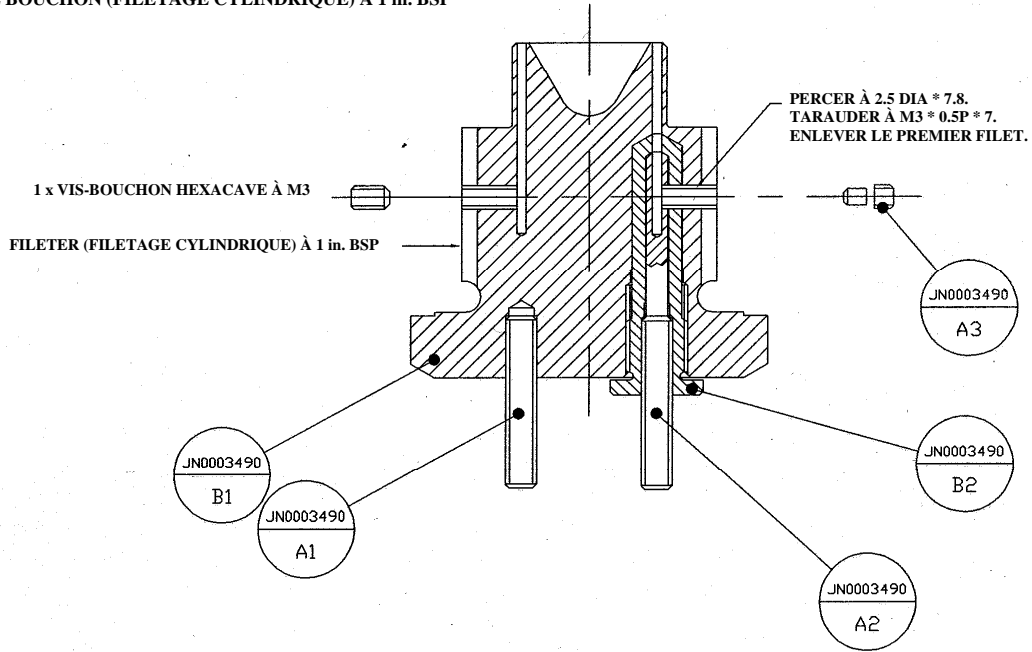


Figure A7.3 : ASSEMBLAGE

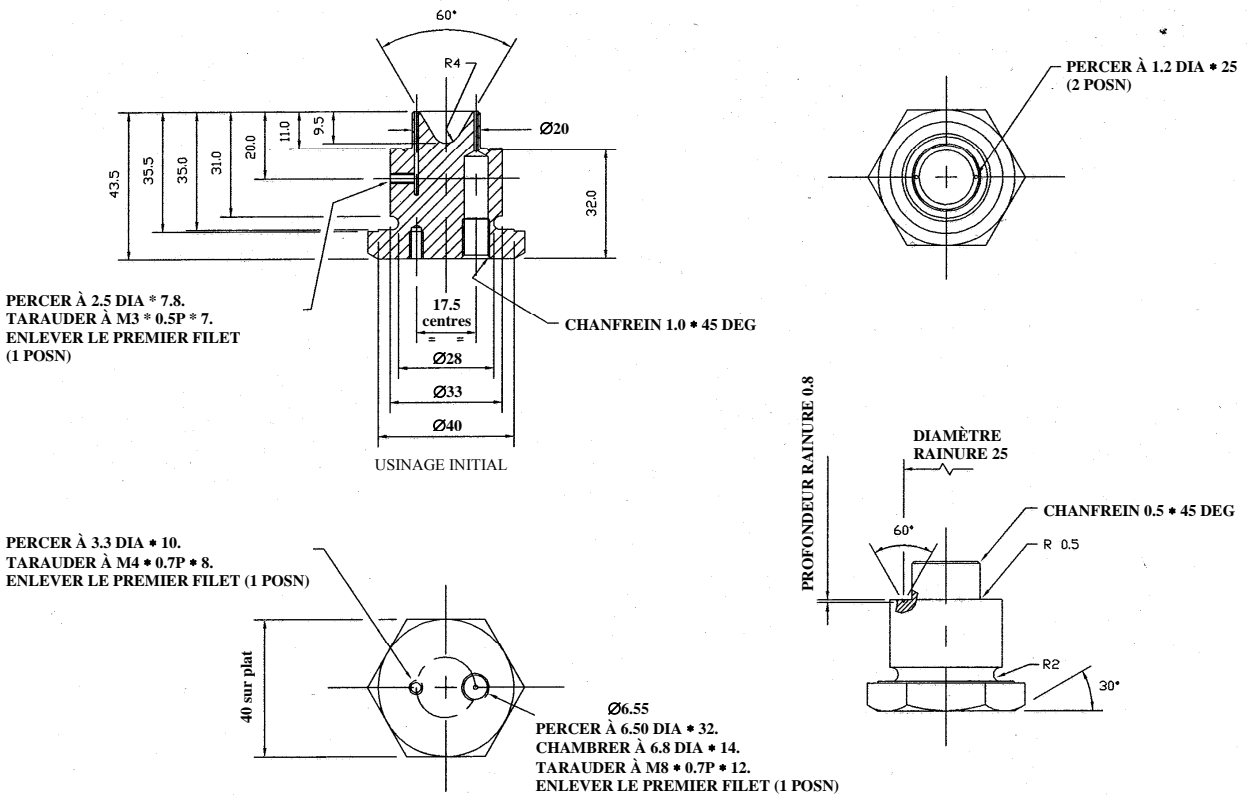


Figure A7.4 : PARTIE B1

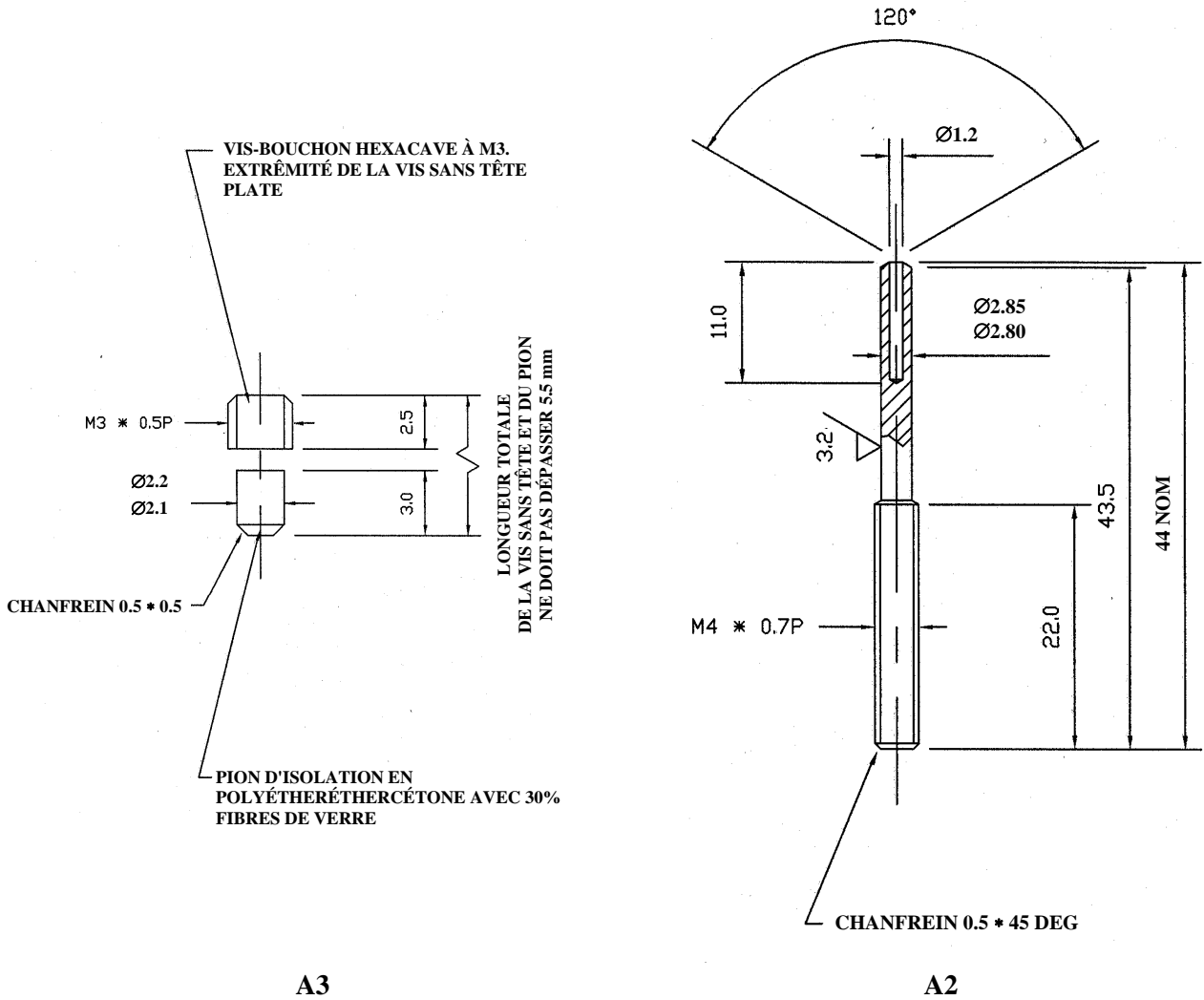


Figure A7.5 : PARTIES A3 ET A2

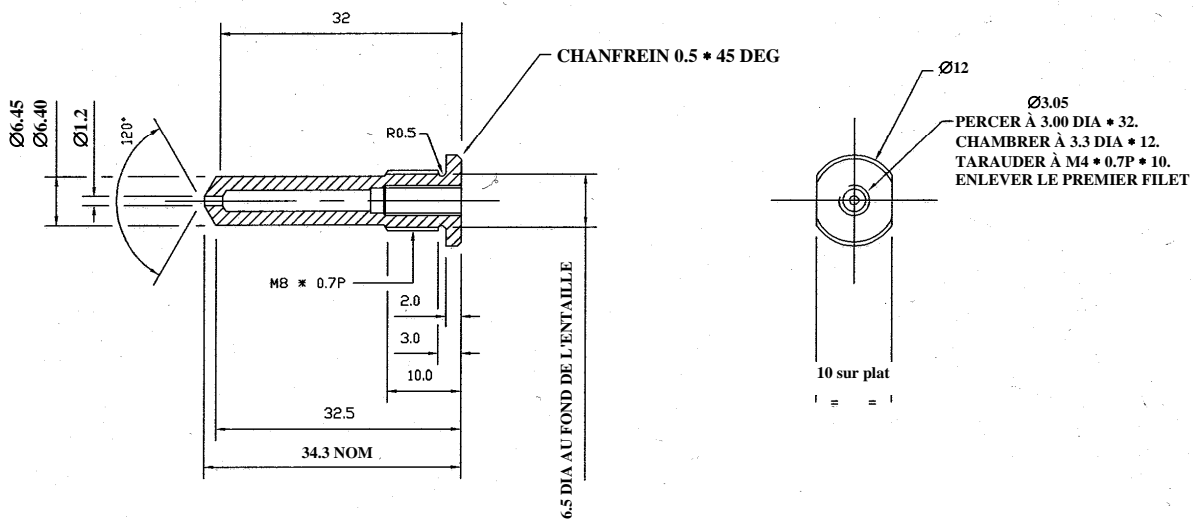


Figure A7.6 : PARTIE B2

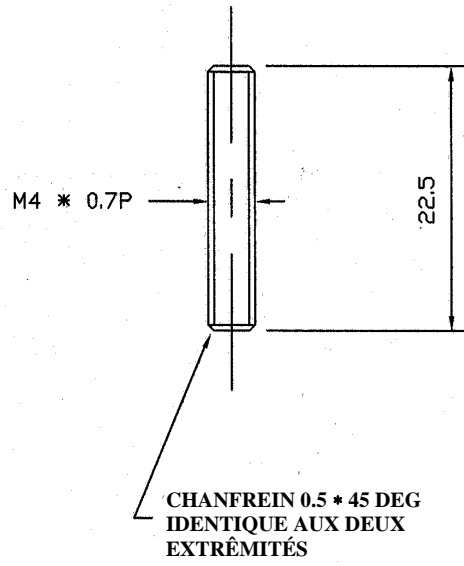


Figure A7.7 : PARTIE A1

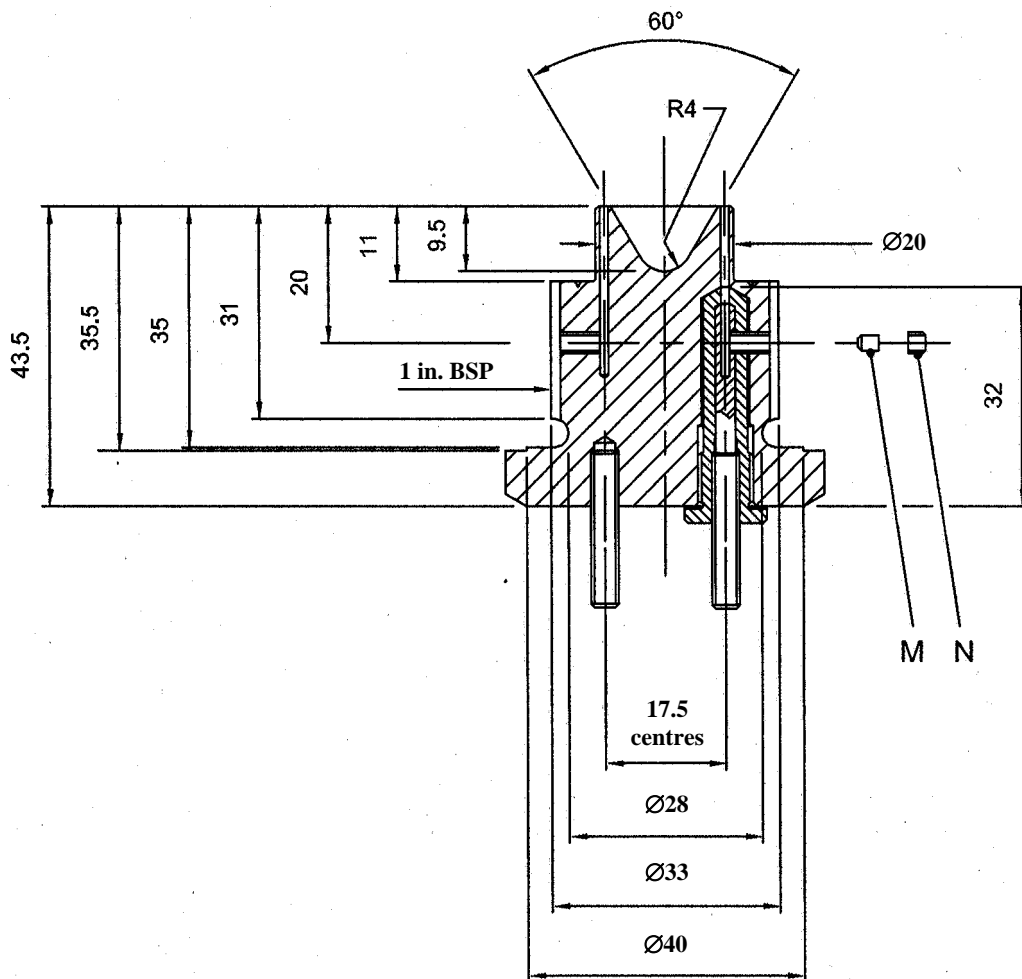


Figure A7.8 : BOUCHON À ÉVIDEMENT CONIQUE ASSEMBLÉ

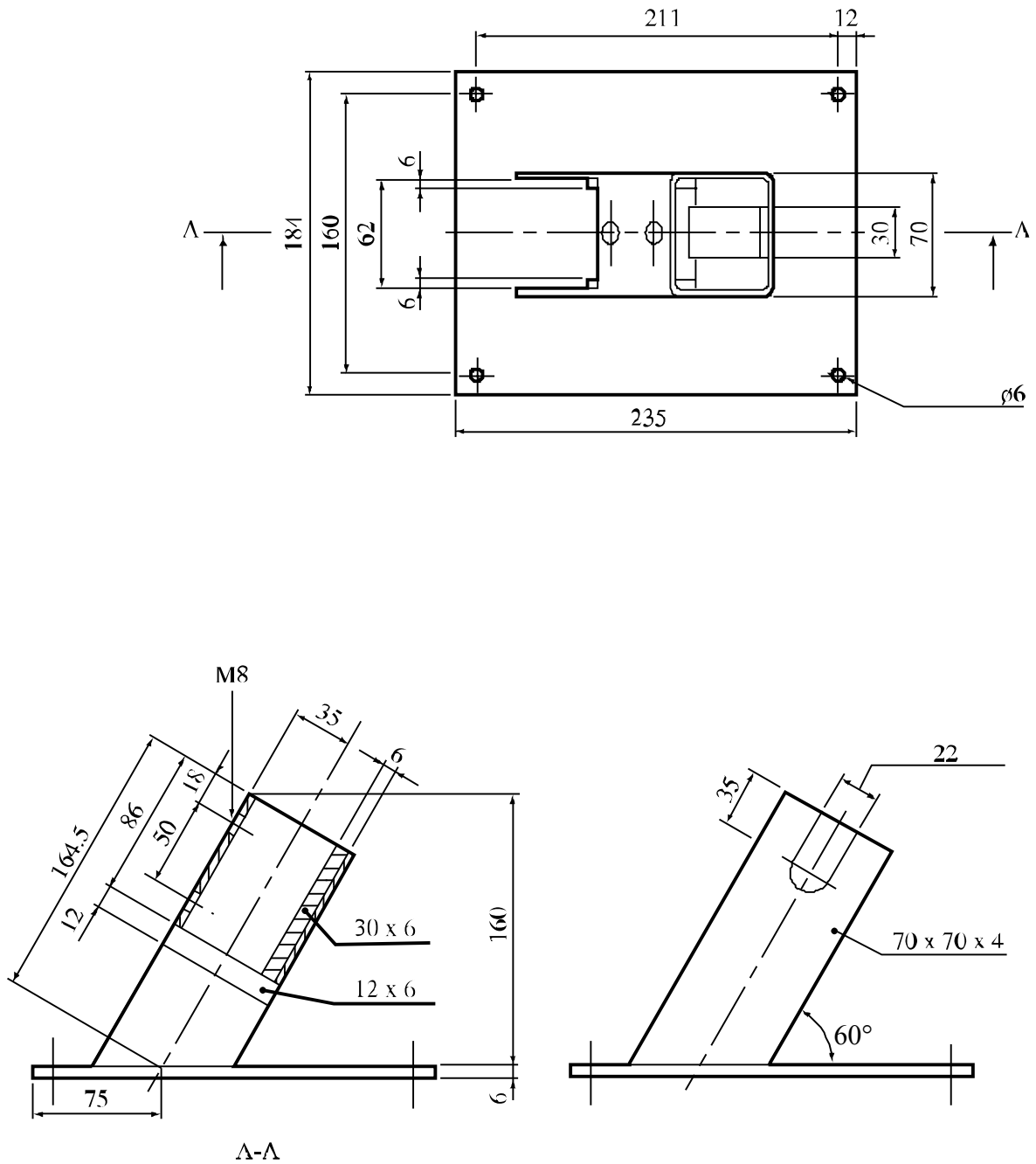


Figure A7.9 : PORTE-BOMBE