

**Commission économique pour l'Europe****Comité des transports intérieurs****Groupe de travail du transport des denrées périssables****Soixante-treizième session**

Genève, 10-13 octobre 2017

Point 5 b) de l'ordre du jour provisoire

Propositions d'amendements à l'ATP :**Nouvelles propositions****Méthode permettant d'obtenir l'attestation de conformité
d'un groupe frigorifique à gaz liquéfié indépendamment
du véhicule qui le transporte****Communications des Gouvernements français et néerlandais***Résumé*

Résumé analytique : Actuellement, les groupes frigorifiques basés sur un cycle thermodynamique qui utilisent du gaz liquéfié commencent à s'imposer comme alternative aux groupes à compression.

Trois propositions sont présentées ci-après :

- a) La possibilité pour les groupes frigorifiques fonctionnant au gaz liquéfié d'être essayés séparément du véhicule ;
- b) Une méthode d'essai pour mesurer la puissance des groupes à gaz liquéfié, fonctionnant en mode mono-température ou en multi-températures, ainsi qu'une méthode de dimensionnement pour les véhicules équipés d'un groupe à gaz liquéfié ;
- c) Un procès-verbal d'essai portant sur le groupe à gaz liquéfié.

Mesure à prendre : Modifier l'appendice 2 de l'annexe 1

Documents de référence :



Introduction

1. Actuellement, les groupes frigorifiques basés sur un cycle thermodynamique utilisant du gaz liquéfié tendent à s'imposer comme une alternative aux groupes à compression. Ils utilisent généralement un système qui dégage indirectement de l'azote liquide (N₂) ou du dioxyde de carbone (CO₂).
2. Un véhicule comportant un groupe à gaz liquéfié peut déjà être certifié en vertu de l'ATP mais il n'est pas encore possible de le certifier indépendamment du véhicule.
3. Le présent amendement propose une méthodologie permettant de mesurer la puissance frigorifique d'un groupe à gaz liquéfié ainsi que de dimensionner l'engin de transport qui utilise un groupe frigorifique à gaz liquéfié.

I. Propositions

4. Trois propositions sont présentées ci-dessous :
 - a) La possibilité pour les groupes frigorifiques fonctionnant au gaz liquéfié d'être essayés séparément du véhicule ;
 - b) Une méthode d'essai pour mesurer la puissance des groupes à gaz liquéfié, fonctionnant en mode mono-température ou en multi-températures, ainsi qu'une méthode de dimensionnement pour les véhicules équipés d'un groupe à gaz liquéfié ;
 - c) Un procès-verbal d'essai portant sur le groupe à gaz liquéfié.
5. Ces propositions s'appliquent aux groupes frigorifique « indirects », c'est-à-dire sans libération de gaz à l'intérieur de la caisse isotherme.

Amendement n° 1 proposé

6. Il est proposé d'ajouter à l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP trois nouveaux paragraphes 3.1.7, 3.1.8 et 3.1.9, ainsi conçus :

« 3.1.7 Si un dispositif de production de froid du type de ceux visés au paragraphe 3.1.3 c), avec tous ses accessoires, a subi isolément, à la satisfaction de l'autorité compétente, l'essai prévu à la section 9 du présent appendice aux fins de la détermination de sa puissance frigorifique utile aux températures de référence prévues, l'engin de transport pourra être reconnu comme engin frigorifique sans devoir subir d'essai d'efficacité si la puissance frigorifique utile du dispositif est supérieure aux déperditions thermiques en régime permanent à travers les parois pour la classe considérée, multipliée par le facteur 1,75.

3.1.8 Si le dispositif de production de froid est remplacé par un groupe d'un type différent, l'autorité compétente peut :

- a) Soit demander que l'engin subisse les déterminations et contrôles prévus aux paragraphes 3.1.3 à 3.1.5 ;
- b) Soit s'assurer que la puissance frigorifique utile du nouveau dispositif de production de froid est, à la température prévue pour la classe de l'engin, égale ou supérieure à celle du dispositif qu'il a remplacé ;
- c) Soit s'assurer que la puissance frigorifique utile du nouveau dispositif de production de froid satisfait aux dispositions du paragraphe 3.1.7.

3.1.9 Un groupe frigorifique à gaz liquéfié est considéré comme étant du même type que le groupe frigorifique de référence soumis à l'essai si :

- Le même frigorigène est utilisé ;
- L'évaporateur a la même puissance ;
- Le système de régulation a les mêmes caractéristiques ;

- Le réservoir à gaz liquéfié est du même type, avec la contenance minimale indiquée dans le procès-verbal d'essai ou une contenance supérieure ;
- Les diamètres et la technologie des conduites d'alimentation sont identiques. ».

Amendement n° 2 proposé

7. Il est proposé d'ajouter à l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP un nouveau point 9 ainsi conçu :

« 9. Procédure de mesure de la puissance des groupes frigorifiques à gaz liquéfié et pour dimensionner les engins qui les utilisent

9.1 Définitions

- Un groupe frigorifique à gaz liquéfié est constitué d'un réservoir contenant du gaz liquéfié, d'un système d'interconnexion, d'un silencieux le cas échéant et d'un ou plusieurs évaporateurs ;
- Évaporateur primaire : tout ensemble minimal d'un groupe à gaz liquéfié destiné à absorber une puissance thermique dans un compartiment isotherme ;
- Évaporateur : toute combinaison d'évaporateurs primaires positionnée dans un compartiment isotherme ;
- Évaporateur nominal maximal : toute combinaison d'évaporateurs primaires positionnés dans un ou plusieurs compartiments isothermes ;
- Groupe à gaz liquéfié à température unique : un groupe à gaz liquéfié comportant un réservoir contenant du gaz liquéfié ainsi qu'un unique ventilateur pour la régulation de la température d'un unique compartiment isotherme ;
- Groupe à gaz liquéfié à températures multiples : un groupe à gaz liquéfié comportant un réservoir contenant du gaz liquéfié et au moins deux évaporateurs, chacun régulant la température d'un unique compartiment isotherme distinct d'un seul et unique engin à compartiments multiples ;
- Fonctionnement en mode température unique : fonctionnement d'un groupe à gaz liquéfié à température unique ou à températures multiples où un seul évaporateur réfrigérant est activé et assure le maintien d'un seul compartiment d'un engin à simple compartiment ou à compartiments multiples ;
- Fonctionnement en mode températures multiples : fonctionnement d'un groupe à gaz liquéfié à températures multiples comportant au moins deux évaporateurs activés assurant le maintien de deux températures différentes dans les compartiments isothermes d'un engin à compartiments multiples ;
- Puissance frigorifique nominale maximale ($P_{\text{max-nom}}$) : puissance frigorifique spécifiée à laquelle le constructeur du groupe à gaz liquéfié déclare le limiter ;
- Puissance frigorifique nominale installée ($P_{\text{nom-ins}}$) : puissance frigorifique maximale pouvant être fournie par une configuration donnée d'évaporateurs du groupe à gaz liquéfié dans la limite de la puissance frigorifique nominale maximale ;
- Puissance frigorifique individuelle ($P_{\text{ind-évap}}$) : puissance frigorifique maximale développée par chaque évaporateur lorsque le groupe à gaz liquéfié fonctionne comme un groupe à température unique ;
- Puissance frigorifique effective ($P_{\text{eff-évap-congél}}$) : puissance frigorifique disponible pour l'évaporateur à la température la plus basse lorsque le groupe à gaz liquéfié fonctionne de la manière prescrite au paragraphe 9.2.4.

9.2 Procédure d'essai pour les groupes à gaz liquéfié

9.2.1 Procédure générale

La procédure d'essai doit être conforme à celle qui est présentée à la section 4 de l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP, compte tenu des particularités suivantes.

Les essais doivent être effectués sur les différents évaporateurs primaires. Chaque évaporateur primaire doit être essayé dans un calorimètre distinct, le cas échéant, et placé dans une cellule d'essai à température contrôlée.

Dans le cas d'un groupe à gaz liquéfié à température unique, on ne mesurera que la puissance frigorifique du régulateur avec l'évaporateur de puissance nominale maximale. Un troisième niveau de température est ajouté conformément au paragraphe 4 de l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP.

Dans le cas d'un groupe à gaz liquéfié à températures multiples, la puissance frigorifique individuelle doit être mesurée pour tous les évaporateurs primaires, chacun fonctionnant en mode température unique, comme prescrit au paragraphe 9.2.3.

Les puissances frigorifiques sont déterminées à l'aide d'un réservoir à gaz liquéfié fourni par le constructeur permettant de procéder à un essai complet sans remplissage intermédiaire.

L'ensemble des constituants du groupe réfrigérant à gaz liquéfié doit être placé dans une enceinte thermostatique maintenue à une température ambiante de $30 \pm 0,5$ °C.

Pour chaque essai, il faut aussi enregistrer :

Le débit, la température et les pressions du gaz liquéfié sortant du réservoir utilisé ;

La tension, l'intensité et la consommation électrique totale absorbée par le groupe à gaz liquéfié (ventilateur...).

Le débit de gaz est égal à la consommation moyenne massique de fluide au cours de l'essai considéré.

Hormis pour la détermination du débit de gaz liquéfié, chaque grandeur doit faire l'objet d'une acquisition physique de période fixe inférieure ou égale à 10 secondes et chaque grandeur enregistrée selon une période fixe maximale de 2 minutes, comme suit :

Toutes les températures relevées à la reprise d'air de l'évaporateur ventilé ou à l'intérieur de la caisse de l'évaporateur non ventilé doivent être conformes à la température de classe requise ± 1 K.

Si les éléments électriques du groupe à gaz liquéfié peuvent être alimentés par plusieurs sources d'électricité, il convient de répéter les essais en conséquence.

Si les essais mettent en évidence une équivalence de la puissance frigorifique nominale maximale quel que soit le mode de fonctionnement du groupe frigorifique à gaz liquéfié, on peut limiter les essais à un seul mode d'alimentation électrique, en tenant compte de l'impact potentiel sur le débit d'air soufflé par les évaporateurs le cas échéant. L'équivalence est démontrée si :

$$\frac{2 * |P_{\text{nom-max},1} - P_{\text{nom-max},2}|}{P_{\text{nom-max},1} + P_{\text{nom-max},2}} \leq 0,035$$

Où :

$P_{\text{nom-max},1}$: la puissance nominale maximale du groupe à gaz liquéfié pour un mode d'alimentation électrique donné,

$P_{\text{nom-max},2}$: la seconde puissance nominale maximale du groupe à gaz liquéfié pour un autre mode d'alimentation électrique donné.

9.2.2 Mesure de la puissance frigorifique nominale maximale du groupe à gaz liquéfié

L'essai doit être réalisé aux températures de référence égales à -20 °C et 0 °C.

La puissance frigorifique nominale à -10 °C doit être calculée par interpolation linéaire des puissances à -20 °C et à 0 °C.

La puissance frigorifique nominale maximale du régulateur en mode de fonctionnement à température unique doit être mesurée avec l'évaporateur nominal maximal proposé par le constructeur. Cet évaporateur est constitué du ou des évaporateur(s) réfrigérant(s) primaire(s).

L'essai doit être effectué lorsque le groupe fonctionne à une même température de référence, celle qui est mesurée à la reprise d'air pour les évaporateurs ventilés ou celle de l'intérieur de la caisse pour les évaporateurs non ventilés.

La puissance frigorifique nominale maximale doit être estimée à chaque niveau de température, comme suit :

Un premier essai doit être effectué, pendant au moins 4 heures, en régime thermostaté (du groupe frigorifique), pour stabiliser les échanges de chaleur entre l'intérieur et l'extérieur du caisson calorimétrique.

Après remplissage du réservoir (si nécessaire), il faut procéder, pendant au moins 3 heures, afin de mesurer la puissance frigorifique nominale maximale, à un deuxième essai au cours duquel :

- a) Le point de consigne du groupe à gaz liquéfié doit être réglé à la température d'essai choisie avec un décalage de consigne si nécessaire, selon les instructions du commanditaire des essais ;
- b) La puissance électrique dissipée dans le caisson calorimétrique doit être ajustée tout au long de l'essai pour maintenir la température de référence constante.

La dérive de la puissance frigorifique pendant ce deuxième essai doit être inférieure en moyenne mobile à 5 % par heure et dans la limite de 10 % sur toute la durée de l'essai. Si tel est le cas, la puissance frigorifique retenue correspond au minimum de la puissance frigorifique enregistrée tout au long de l'essai.

Uniquement dans le cas de la mesure de la puissance frigorifique nominale maximale du groupe à gaz liquéfié, un seul essai supplémentaire d'une heure doit être effectué avec le plus petit réservoir commercialisé en même temps que le groupe afin de quantifier l'impact de son volume sur la régulation de la puissance frigorifique. La nouvelle puissance frigorifique obtenue ne doit pas varier de plus de 5 % par rapport à la valeur inférieure ou à celle trouvée avec le réservoir utilisé pour les essais d'une durée supérieure ou égale à 3 heures. En cas d'impact supérieur, une restriction portant sur le volume du réservoir doit être mentionnée dans le procès-verbal d'essai officiel.

9.2.3 Mesure de la puissance frigorifique individuelle de chaque évaporateur primaire d'un groupe à gaz liquéfié

La puissance frigorifique individuelle de chaque évaporateur primaire doit être mesurée en mode de fonctionnement mono-température. L'essai doit être effectué à -20 °C et à 0 °C, comme il est prescrit au paragraphe 9.2.2.

La puissance frigorifique individuelle à -10 °C doit être calculée par interpolation linéaire des puissances à -20 °C et à 0 °C.

9.2.4 Mesure de la puissance frigorifique effective restante d'un groupe à gaz liquéfié en mode de fonctionnement à températures multiples, compte tenu d'une charge thermique de référence

La détermination de la puissance effective restante d'un groupe frigorifique à gaz liquéfié nécessite l'utilisation simultanée de deux ou trois évaporateurs, comme suit :

- Pour un groupe à deux compartiments, avec les évaporateurs ayant les puissances frigorifiques individuelles la plus grande et la plus petite ;
- Pour un groupe à trois compartiments ou davantage, avec les mêmes évaporateurs que ci-dessus et autant d'autres que nécessaire, de puissances frigorifiques intermédiaires.

Réglage de la charge thermique de référence :

- Le point de consigne de l'ensemble des évaporateurs sauf un doit être réglé de façon à obtenir une température de 0 °C à la reprise d'air ou à l'intérieur de la caisse ;
- Une charge thermique doit être appliquée à chaque couple calorimètre/évaporateur en régime thermostatisé, sauf à celui qui n'a pas été retenu ;
- La charge thermique doit être égale à 20 % de la puissance frigorifique individuelle de chaque évaporateur considéré à -20 °C.

La puissance effective de l'évaporateur restant doit être mesurée à une température de -20 °C à la reprise d'air ou à l'intérieur de la caisse.

Une fois mesurée la puissance effective de l'évaporateur restant, l'essai doit être renouvelé après permutation circulaire des classes de température.

9.3 Puissance frigorifique des évaporateurs

La constitution d'évaporateurs réfrigérants est possible sur la base des essais de puissance frigorifiques réalisés sur des évaporateurs primaires. La puissance frigorifique et la consommation de gaz liquéfié des évaporateurs correspondent à la somme arithmétique, respectivement, des puissances frigorifiques et de la consommation en gaz liquéfié des évaporateurs primaires dans la limite de la puissance frigorifique nominale maximale et du débit de gaz liquéfié qui y est lié.

9.4 Dimensionnement et certification des engins frigorifiques à gaz liquéfié à températures multiples

Le dimensionnement et la certification d'engins frigorifiques équipés de groupes à gaz liquéfié doivent être conformes à ceux qui sont présentés à la section 3.2.6 pour les engins mono température avec les équivalences de puissance suivantes :

$$P_{\text{nom-ins}} = P_{\text{utile}} \text{ (puissance frigorifique utile)}$$

ou à la section 7.3 pour les engins frigorifiques à températures multiples, avec les équivalences de puissance suivantes :

$$P_{\text{max-nom}} = P_{\text{nominale}}$$

Par ailleurs, le volume utile des réservoirs de gaz liquéfié doit permettre au groupe à gaz liquéfié d'assurer le maintien de la température de la classe d'engin pendant 12 heures au minimum. ».

Amendement n° 3 proposé

8. Il est proposé d'ajouter au paragraphe 8 de l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP le modèle suivant :

« **Modèle n° zy**

PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

Établi conformément aux dispositions spéciales de l'Accord relatif
aux transports internationaux de denrées périssables et aux engins spéciaux
à utiliser pour ces transports (ATP)

Numéro du procès-verbal d'essai :

Détermination de la puissance frigorifique utile d'un groupe frigorifique
conformément à la section 9 de l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP

Essais effectués du jj/mm/aaaa au jj/mm/aaaa

Station expérimentale agréée

Nom :

Adresse :

Groupe frigorifique présenté par :

[(Une déclaration du fabricant doit être fournie si le demandeur n'est pas le fabricant)]

a) Spécifications techniques du groupe :

Marque :

Désignation du Type :

Type de gaz liquéfié :

Numéro de série :

Date de fabrication (mois/année) : (Le groupe soumis à l'essai ne doit pas avoir été construit plus d'un an avant les essais ATP)

Description :

.....
.....
.....

Soupape de régulation (si différentes catégories de ventilateurs sont utilisées, fournir les informations ci-dessous pour chacune)

Marque :

Type :

Numéro de série :

Réservoir (si différentes catégories de ventilateurs sont utilisées, fournir les informations ci-dessous pour chacune)

Marque :

Type :

Numéro de série :

Capacité [l] :

Pression de gaz à la sortie du réservoir :

Méthode d'isolation :

Matériau de l'intérieur du réservoir :

Matériau de l'extérieur du réservoir :

Alimentation en gaz liquéfié : (pression interne, pression par échangeur thermique, pompe)¹

Régulateur de pression

Marque :

Type :

Numéro de série :
Pression de gaz à la sortie du réservoir :

Tuyau d'alimentation en gaz liquéfié (sur le banc d'essai)

Diamètre :
Longueur :
Matériau :
Nombre de connections :

Dispositif de dégivrage (électrique/à combustion)¹

Marque :
Type :
Alimentation :
Puissance de chauffage déclarée :

Régulateur

Marque :
Type :
Version du matériel :
Version du logiciel :
Numéro de série :
Alimentation :

Possibilité de fonctionnement en mode températures multiples : (oui/non)¹

Nombre de compartiments capables de fonctionner à températures multiples :

Échangeurs thermiques

		<i>Condenseur</i>	<i>Évaporateur</i>
Marque-Type			
Nombre de circuits			
Nombre de rangées			
Nombre d'isolants			
Nombre de tubes			
Pas des ailettes [mm]			
Tube : nature et diamètre [mm]			
Surface d'échange [m ²]			
Surface frontale [m ²]			
VENTILATEURS	Marque-Type		
	Nombre		
	Nombre de pales par ventilateur		
	Diamètre [mm]		
	Puissance [W]		
	Vitesse nominale [rpm]		
	Débit total nominal [m ³ /h] sous une pression de 0 Pa		
	Type d'alimentation (description de l'alimentation électrique : DC/AC, fréquence, etc.) :		

b) Méthode d'essai et résultats :

Méthode d'essai¹ : par la méthode du bilan thermique/par la méthode de la différence d'enthalpie

Dans un caisson calorimétrique de superficie moyenne = m²

Valeur mesurée du coefficient U du caisson avec le groupe en place : W/°C,
à la température moyenne de paroi : °C.

Dans un engin de transport

Valeur mesurée du coefficient U de l'engin de transport équipé du groupe : W/°C,
à la température moyenne de paroi : °C.

Formule employée pour la correction du coefficient U du caisson calorimétrique en fonction de la température moyenne de sa paroi :

.....
.....

Erreurs maximales de détermination de :

Coefficient U de la caisse :

Puissance frigorifique du groupe à gaz liquéfié :

Température moyenne ambiante à l'extérieur du réservoir : °C								
Alimentation électrique :								
Consommation de gaz liquéfié	Consommation électrique	Pression à la sortie du réservoir	Température du liquide dans l'évaporateur	Température extérieure	Température intérieure	Puissance thermique	Température à l'entrée de l'évaporateur	Puissance frigorifique utile
[kg/h]	[Vdc] et [A]	[bar abs]	[°C]	[°C]	[°C]	[W]	[°C]	[W]

Puissance frigorifique corrigée [W] :

c) Contrôles :

Régulateur de température : Exactitude de consigne °C
 Différentiel..... °C

Fonctionnement du dispositif de dégivrage¹ : satisfaisant /non satisfaisant

Débit d'air au soufflage de l'évaporateur :

Valeur mesurée : m³/h
 Sous une pression de Pa
 À une température de °C
 À une vitesse de rotation de tr/min.

Capacité minimale du réservoir :

d) Remarques

.....

Le présent procès-verbal d'essai a une durée de validité de six ans à compter de la date de fin des essais.

Fait à :

Le :

Le responsable des essais

.....

¹ Rayer les mentions inutiles.
² Valeur indiquée par le constructeur. ».

II. Justification

9. Les présentes propositions apporteraient une méthode de mesure de la puissance des groupes frigorifiques à gaz liquéfié. Cette méthode est basée sur celle qui s'applique déjà aux groupes frigorifiques dans l'ATP.

III. Impact environnemental

10. Ces propositions permettraient de réduire considérablement le nombre d'essais et donc leur impact sur l'environnement. Elles permettraient aussi d'éviter de pénaliser une alternative crédible aux groupes à compression de vapeurs qui utilisent des fluides

frigorigènes à potentiel de réchauffement planétaire (PRP) élevé qui sont dans le collimateur des efforts internationaux visant à limiter les gaz à effet de serre.

IV. Impact économique

11. Les coût des essais baissera sensiblement une fois que ces matériels auront été introduits dans toute une série de groupes frigorifiques. Leur coût de fabrication sera considérablement réduit pour les constructeurs et donc pour leurs clients également.
