



---

**Commission économique pour l'Europe****Comité des transports intérieurs****Groupe de travail des transports de marchandises dangereuses****Réunion commune commune d'experts du Règlement annexé à l'Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par voies de navigation intérieures (ADN) (Comité de sécurité de l'ADN)****Quarante-troisième session**

Genève, 22-26 janvier 2024

Point 5 b) de l'ordre du jour provisoire

**Propositions d'amendements au Règlement annexé à l'ADN : autres propositions****Proposition de modification du 9.3.4 de l'ADN****Communication des sociétés de classification ADN recommandées\* \*\*****Introduction**

1. À la quarante et unième session du Comité de sécurité de l'ADN, l'Organisation néerlandaise pour la recherche scientifique appliquée (TNO) a présenté un exposé en donnant un aperçu des résultats de l'enquête sur la mise à jour du 9.3.4 de l'ADN. Cette enquête a été menée afin de tenir compte de l'évolution de la situation sur les voies navigables intérieures en ce qui concerne l'énergie de collision disponible.
2. Dans le cadre de l'étude, la possibilité d'augmenter la contenance maximale des citernes à cargaison au-delà de 1 000 m<sup>3</sup> a également été envisagée. Il a été conclu que pour des marchandises particulières, on pourrait recourir à cette possibilité. Il convient toutefois d'étudier plus avant cette question.
3. Dans la même étude, les données statistiques sur l'énergie et les méthodes d'évaluation du comportement au choc ont été examinées, ce qui a donné lieu à l'élaboration de propositions de modification au 9.3.4 de l'ADN pour le long terme et le court terme. Le présent document contient toutes les modifications proposées.
4. Le rapport contenant le résumé de l'enquête en question et les recommandations qui en sont issues est inclus dans le document informel INF.2 (TNO-2023-R10366 en date du 18 mai 2023), tout comme le document d'information sur les données statistiques sur l'énergie de collision (TNO-2022-R12238 en date du 9 décembre 2022).

---

\* Diffusée en allemand par la Commission centrale pour la navigation du Rhin sous la cote CCNR-ZKR/ADN/WP.15/AC.2/2024/11.

\*\* A/78/6 (Sect. 20), tableau 20.5.



## Modifications proposées

5. Au 9.3.4.1.1, ajouter la phrase suivante :
 

« Toutefois, dans le cas de citernes destinées au transport d'une seule matière, dont il peut être démontré que les distances d'effet restent dans un rayon de 135 m du point d'écoulement en cas de défaillance du confinement, de plus grandes contenances peuvent être acceptées. La méthode de calcul de la distance d'effet et les hypothèses retenues pour les calculs doivent être approuvées par la société de classification agréée. ».
6. Modifier le 9.3.4.3.1.2.2.2 de sorte qu'il se lise comme suit :
 

« Pour un bateau-citerne de type G, trois points d'impact de collision dans le sens vertical doivent être considérés : 1) à mi-hauteur de la citerne, 2) à mi-distance des serres au-dessous de la mi-hauteur de la citerne et 3) à mi-distance des serres au-dessus de la mi-hauteur de la citerne. ».
7. Au 9.3.4.3.1.2.4.2, remplacer « ~~1 • 3 = 3 points d'impact de collision~~ » par « **3 • 3 = 9 points d'impact de collision** ».
8. Au 9.3.4.3.1.3.2.2, remplacer la première phrase par :
 

« Le facteur de pondération relatif à chacun des trois points d'impact de collision dans le sens vertical est égal à 0,333. ».

Supprimer la deuxième phrase.
9. Modifier le 9.3.4.3.1.5.1 de sorte qu'il se lise comme suit :
 

« Déterminer, pour chaque capacité d'absorption de l'énergie de collision Eloc(i), la probabilité de dépassement associée. À cette fin, les valeurs relatives aux fonctions de densité de probabilité cumulée (CPDF) figurant dans les tableaux du 9.3.4.3.1.5.6 doivent être utilisées. ».
10. Au 9.3.4.3.1.5.6, remplacer les tableaux existants par les tableaux et le texte figurant dans l'annexe.
11. Au 9.3.4.4.1.1, modifier la dernière phrase de sorte qu'elle se lise comme suit :
 

« Le logiciel devra aussi permettre de simuler la rupture de manière réaliste et de calculer et de produire l'énergie de déformation (plastique) (énergie par déformation des matières), l'énergie de frottement et, dans le cas des bateaux-citernes de type G, l'énergie dissipée par la déformation de la citerne et la compression du fluide. ».
12. Au 9.3.4.4.2.4, remplacer « 200 » par « 100 » dans la deuxième phrase.
13. Au 9.3.4.4.2.5, ajouter la phrase suivante :
 

« Les éléments du bordé doivent avoir au moins 5 points d'intégration dans l'épaisseur. ».
14. Modifier le 9.3.4.4.2.6 de sorte qu'il se lise comme suit :
 

« Dans les calculs par éléments finis, un algorithme de contact approprié qui inclut l'autocontact doit être utilisé. ».
15. Ajouter le nouveau 9.3.4.4.2.7, libellé comme suit :
 

« Bateau-citerne de type G. Pour un bateau-citerne de type G, la pression interne doit être modélisée au moyen d'un volume de fluide compressible. Le rapport pression-volume correspondant doit être basé sur une citerne pleine avec une marge de remplissage minimale. La pression initiale doit être réglée à la pression maximale de conception de la citerne. ».

16. Au 9.3.4.4.3.1, remplacer « ~~Ag est la déformation homogène maximum correspondant à la contrainte ultime de traction Rm.~~ » par :

**« Rm est la contrainte ultime de traction [N/m<sup>2</sup>]**

**Ag est la déformation homogène [-] à Rm ».**

Ajouter la phrase suivante :

**« La relation contrainte-déformation doit être décrite directement par une loi de puissance ou par une représentation équivalente discrétisée par au moins 100 points de données jusqu'à une déformation plastique de 1. ».**

17. Au 9.3.4.4.3.2, ajouter la phrase suivante :

**« Les essais de traction doivent être réalisés conformément aux règlements établis par une société de classification agréée. ».**

18. Au 9.3.4.4.3.3, remplacer la première phrase par :

**« Si seule la contrainte ultime de traction Rm est disponible, pour l'acier de qualité construction navale dont la limite élastique ne dépasse pas 355 [N/mm<sup>2</sup>], l'approximation suivante peut être utilisée pour obtenir la valeur de Ag pour une valeur connue de la contrainte ultime de traction Rm exprimée en ([N/mm<sup>2</sup>]): ».**

Nota : La formule donnée doit rester la même.

19. Modifier le 9.3.4.4.4.1 de sorte qu'il se lise comme suit :

**« La rupture d'un élément dans une analyse par éléments finis est définie par la valeur de la déformation de rupture. Si la déformation calculée, telle que la déformation plastique effective, la déformation principale ou la déformation dans le sens de l'épaisseur de cet élément dépasse la valeur définie de sa déformation de rupture à au moins la moitié des points d'intégration dans l'épaisseur, l'élément doit être supprimé du modèle à éléments finis. L'énergie de déformation des éléments supprimés ne doit plus varier au cours des calculs ultérieurs. ».**

20. Au 9.3.4.4.4.2, ajouter la phrase suivante :

**« Pour éviter la suppression d'éléments en compression, on doit ignorer la rupture pour tous les états de contrainte dont la triaxialité est inférieure à -0,33, c'est-à-dire tous les états de contrainte entre la compression équilibriaxiale et la compression uniaxiale. ».**

21. Remplacer la dernière phrase du 9.3.4.4.4.6 par :

**« Pour éviter la suppression d'éléments en compression, on doit ignorer la rupture pour tous les états de contrainte dont la triaxialité est inférieure à -0,33, c'est-à-dire tous les états de contrainte entre la compression équilibriaxiale et la compression uniaxiale. ».**

22. Ajouter le nouveau 9.3.4.4.4.7, libellé comme suit :

**« Bateau-citerne de type G. D'autres critères de rupture d'une citerne à pression peuvent être acceptés par la société de classification agréée si des preuves provenant d'essais pertinents sont fournies. ».**

23. Au 9.3.4.4.5.1, remplacer « ~~DC = 0,01~~ » par « **DC = 10 [s/m]** » et ajouter « [m/s] » après « vitesse de frottement relative ».

24. Au 9.3.4.4.5.2, remplacer « Les courbes de la ~~force de pénétration~~ résultant... » par « **Les courbes de l'énergie de pénétration...** ».

25. Au 9.3.4.4.5.3.2, modifier V0 et V1 comme suit : « V0 = volume **de vapeur...** » et « V1 = volume **de vapeur...** ».

26. Modifier la deuxième phrase du 9.3.4.4.6.2 de sorte qu'elle se lise comme suit : « Néanmoins, dans certaines situations particulières, lorsque le bateau percuté a une structure latérale ~~extrêmement solide~~ **exceptionnellement rigide...** ».

## Annexe

### Tableaux des fonctions de densité de probabilité cumulée à utiliser au 9.3.4.3.1.5.6

1. La probabilité des énergies de collision entre les valeurs énergétiques énumérées est obtenue par interpolation linéaire ou en choisissant la probabilité de la valeur énergétique immédiatement supérieure.
2. La probabilité des énergies de collision entre les masses effectives énumérées est obtenue par interpolation linéaire ou en choisissant la fonction de densité de probabilité pour la masse effective immédiatement supérieure.

Tableau B.1

## Fonctions de densité de probabilité cumulée pour l'énergie de collision

Energie _MJ	Masse effective du bateau percuté											
	1 500 tonnes				2 000 tonnes				2 500 tonnes			
	30 % vmax	50 % vmax	66 % vamx	100 % vmax	30 % vmax	50 % vmax	66 % vamx	100 % vmax	30 % vmax	50 % vmax	66 % vamx	100 % vmax
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,792	0,999	1 000	1,000	0,944	0,999	1,000	1,000	0,962	0,999	1 000	1,000
4	0,000	0,630	0,988	0,999	0,000	0,893	0,993	0,999	0,000	0,948	0,995	1,000
6		0,000	0,712	0,999		0,060	0,928	0,999		0,292	0,957	0,999
8			0,170	0,988		0,000	0,417	0,991		0,000	0,637	0,995
10			0,000	0,972			0,044	0,983			0,253	0,986
12				0,809			0,000	0,946			0,000	0,968
14				0,481				0,805				0,910
16				0,276				0,530				0,795
18				0,042				0,352				0,552
20				0,000				0,205				0,373
22								0,000				0,236
24												0,060
26												0,000

3. La probabilité des énergies de collision entre les valeurs énergétiques énumérées est obtenue par interpolation linéaire ou en choisissant la probabilité de la valeur énergétique immédiatement supérieure.

4. La probabilité des énergies de collision entre les masses effectives énumérées est obtenue par interpolation linéaire ou en choisissant la fonction de densité de probabilité pour la masse effective immédiatement supérieure.

Energie _MJ	Masse effective du bateau percuté											
	3 000 tonnes				3 500 tonnes				4 000 tonnes			
	30 % vmax	50 % vmax	66% vamx	100 % vmax	30 % vmax	50 % vmax	66 % vamx	100 % vmax	30 % vmax	50 % vmax	66% vamx	100 % vmax
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,979	0,999	1,000	1,000	0,981	0,999	1,000	1,000	0,982	0,999	1,000	1,000
4	0,000	0,961	0,996	1,000	0,000	0,969	0,997	1,000	0,000	0,976	0,998	1,000
6		0,447	0,969	0,999		0,574	0,980	0,999		0,652	0,981	0,999
8		0,000	0,812	0,995		0,058	0,851	0,996		0,189	0,887	0,997
10			0,412	0,986		0,000	0,514	0,988		0,000	0,610	0,988
12			0,063	0,979			0,238	0,981			0,316	0,982
14			0,000	0,942			0,000	0,954			0,058	0,958
16				0,850				0,910			0,000	0,920
18				0,683				0,824				0,842
20				0,530				0,643				0,701
22				0,355				0,500				0,590
24				0,249				0,338				0,466
26				0,070				0,240				0,330
28				0,041				0,070				0,232
30				0,000				0,044				0,065
32								0,000				0,044
34												0,000

5. La probabilité des énergies de collision entre les valeurs énergétiques énumérées est obtenue par interpolation linéaire ou en choisissant la probabilité de la valeur énergétique immédiatement supérieure.

6. La probabilité des énergies de collision entre les masses effectives énumérées est obtenue par interpolation linéaire ou en choisissant la fonction de densité de probabilité pour la masse effective immédiatement supérieure.

Energie _MJ	Masse effective du bateau percuté											
	5 000 tonnes				8 000 tonnes				10 000 tonnes			
	30 % vmax	50 % vmax	66% vamx	100 % vmax	30 % vmax	50 % vmax	66 % vamx	100 % vmax	30 % vmax	50 % vmax	66% vamx	100 % vmax
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,983	0,999	1,000	1,000	0,984	0,999	1,000	1,000	0,985	0,999	1,000	1,000
4	0,068	0,981	0,998	1,000	0,325	0,983	0,999	1,000	0,400	0,983	0,999	1,000
6	0,000	0,723	0,982	0,999	0,000	0,859	0,983	0,999	0,000	0,874	0,984	0,999
8		0,317	0,919	0,998		0,532	0,947	0,999		0,589	0,949	0,999
10		0,000	0,703	0,989		0,241	0,853	0,991		0,324	0,861	0,991
12			0,471	0,983		0,041	0,640	0,985		0,081	0,691	0,985
14			0,247	0,964		0,000	0,440	0,980		0,000	0,532	0,981
16			0,044	0,944			0,301	0,958			0,361	0,959
18			0,000	0,889			0,095	0,926			0,245	0,930
20				0,818			0,043	0,875			0,089	0,897
22				0,683			0,000	0,828			0,040	0,858
24				0,575				0,721			0,000	0,738
26				0,489				0,652				0,692
28				0,356				0,576				0,612
30				0,276				0,496				0,563
32				0,212				0,402				0,464
34				0,069				0,329				0,407
36				0,042				0,281				0,346
38				0,000				0,219				0,290
40								0,095				0,245
42								0,080				0,112
44								0,043				0,091
46								0,017				0,077
48								0,000				0,042
50												0,039
52												0,014
54												0,000

7. La probabilité des énergies de collision entre les valeurs énergétiques énumérées est obtenue par interpolation linéaire ou en choisissant la probabilité de la valeur énergétique immédiatement supérieure.

8. La probabilité des énergies de collision entre les masses effectives énumérées est obtenue par interpolation linéaire ou en choisissant la fonction de densité de probabilité pour la masse effective immédiatement supérieure.

Energie _MJ	Masse effective du bateau percuté							
	12 000 tonnes				14 000 tonnes			
	30 % vmax	50 % vmax	66% vamx	100 % vmax	30 % vmax	50 % vmax	66 % vamx	100 % vmax
0	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,985	0,999	1,000	1,000	0,986	0,999	1,000	1,000
4	0,436	0,983	0,999	1,000	0,458	0,983	0,999	1,000
6	0,035	0,876	0,984	0,999	0,037	0,880	0,984	0,999
8	0,000	0,611	0,956	0,999	0,000	0,650	0,956	0,999
10		0,363	0,874	0,993		0,393	0,875	0,993
12		0,107	0,706	0,986		0,134	0,726	0,986
14		0,039	0,571	0,981		0,042	0,592	0,981
16		0,000	0,409	0,962		0,034	0,440	0,963
18			0,291	0,947		0,000	0,330	0,948
20			0,109	0,921			0,138	0,923
22			0,076	0,865			0,089	0,874
24			0,038	0,821			0,041	0,835
26			0,000	0,711			0,035	0,732
28				0,660			0,000	0,676
30				0,591				0,609
32				0,535				0,553
34				0,444				0,474
36				0,388				0,423
38				0,341				0,376
40				0,291				0,330
42				0,244				0,267
44				0,123				0,242
46				0,103				0,126
48				0,080				0,102
50				0,043				0,079
52				0,040				0,044
54				0,037				0,041
56				0,035				0,039
58				0,000				0,036
60								0,034
62								0,000
64								