



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

Genève, 8-11 octobre 2013

Point 5 b) de l'ordre du jour provisoire

Propositions d'amendements à l'ATP: Nouvelles propositions**Procédure de mesure de la puissance des groupes réfrigérants mono-température et multi-températures à gaz liquéfié****Communication du Gouvernement français****Contexte**

1. La plupart des groupes frigorifiques actuellement utilisés pour le transport de denrées alimentaires périssables par la route utilisent la compression mécanique de vapeurs. Actuellement trois modes d'entraînement en mode route du compresseur se distinguent :
 - l'entraînement par le moteur thermique embarqué des groupes autonomes qui équipent les semi-remorques et, généralement, les porteurs,
 - l'entraînement par le moteur thermique du véhicule dans le cas de groupes non autonomes du type poulie-moteur et qui équipent les petits véhicules,
 - l'entraînement par le moteur électrique embarqué de groupes non autonomes du type poulie-moteur et qui équipent les petits véhicules.
2. A ce jour de nouvelles technologies de production de froid émergent ou réapparaissent. Certaines utilisent un cycle thermodynamique ouvert : un gaz liquéfié est utilisé comme source de froid. On distingue des machines à injection « directe » dans l'enceinte à température dirigée et des machines à injection « indirecte » à travers un échangeur ventilé. Elles utilisent soit de l'azote (N₂) soit du dioxyde de carbone (CO₂) liquides.
3. Ces groupes sont clairement identifiés dans l'ATP dans la rubrique « Réfrigérants ». Leurs essais sont bien prévus sur un protocole identique à celui des groupes à plaques eutectiques. Cette méthode est fiable et éprouvée, toutefois, pour un type de groupe donné,

elle nécessite une grande quantité d'essais liés au nombre de caisses sur lesquelles cette unité peut être montée.

4. Cette méthode d'essais est peu adaptée à la réalité du marché et pénalise cette technologie par rapport aux technologies concurrentes et comparables que sont les groupes à froid ventilé à compression de vapeur.
5. Sachant que ces solutions cryogéniques à cycles ouverts :
 - présentent des différences fonctionnelles des groupes à compression mécanique de vapeurs et,
 - sont déployées sur des engins dédiés au transport de denrées alimentaires périssables par la route,
6. Il apparaît nécessaire de les intégrer dans la batterie de tests proposés dans l'ATP pour en mesurer la puissance frigorifique et simplifier le dimensionnement des engins qui les utilisent.

Proposition

7. La présente proposition introduit la méthodologie de test des groupes réfrigérants à gaz liquéfié qu'ils soient du type :
 - mono-température ou,
 - multi-températures.
8. La méthode s'applique aux groupes « directs » et aux groupes « indirects » décrits ci-dessus.

Principe de la méthodologie d'essai des groupes réfrigérants à gaz liquéfié

9. La méthodologie de test est directement issue de celle décrite dans la section 8 l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP « PROCÉDURE DE MESURE DE LA PUISSANCE DES GROUPES FRIGORIFIQUES MULTITEMPÉRATURES MÉCANIQUES ET DE DIMENSIONNEMENT DES ENGIN À COMPARTIMENTS MULTIPLES » dans sa version validée du 23 septembre 2013.
10. Néanmoins, quelques aménagements à la procédure aux engins frigorifiques mécaniques sont nécessaires :

Nouvelles définitions

11. Il est nécessaire de définir pour les besoins de ce paragraphe, les termes suivants :

Groupe réfrigérant : Dispositif de production de froid individuel, ou collectif pour plusieurs engins de transport qui, à l'aide d'une source de froid (par évaporation d'un gaz liquéfié, etc...) permet, par une température moyenne extérieure de + 30 °C, d'abaisser la température à l'intérieur T_i de la caisse vide et de l'y maintenir ensuite de manière permanente de la façon telle que définie pour les engins frigorifiques de l'annexe 1 de l'ATP.

Évaporateur réfrigérant : On désigne par évaporateur réfrigérant tout élément évaporatif d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié absorbant de l'énergie thermique et fonctionnant en cycle ouvert.

Puissance frigorifique maximale : Définit la puissance frigorifique maximale à laquelle le constructeur du groupe réfrigérant à gaz liquéfié se limite dimensionnellement.

Puissance frigorifique effective : La puissance frigorifique effective est établie selon la même méthodologie section 8.2.4 de l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP dédiée à la mesure de la puissance frigorifique utile restante d'un ensemble d'évaporateurs en mode de fonctionnement multi-températures, compte tenu d'une charge thermique de référence. Toutefois, la spécificité des groupes réfrigérants à gaz liquéfié impose de distinguer les puissances frigorifiques mesurées.

L'adaptation de la méthode :

12. Dans le cas d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié mono-température, seules seront effectuées les déterminations des puissances frigorifiques maximales. Chaque évaporateur réfrigérant doit faire l'objet d'une estimation de puissance frigorifique.

13. L'estimation des puissances frigorifiques :

- individuelle de chaque évaporateur réfrigérant doit être menée avec le plus petit réservoir de gaz liquéfié pouvant équiper le groupe réfrigérant à gaz liquéfié et,
- maximale du groupe réfrigérant à gaz liquéfié avec un plus grand sous réserve de vérifier que la puissance frigorifique individuelle du plus petit évaporateur réfrigérant est identique d'un réservoir à l'autre.

14. Chaque évaporateur réfrigérant sera installé dans un caisson calorimétrique individuel et placé dans une cellule d'essai sous température contrôlée.

15. Pour chaque essai seront également enregistrés :

- le débit, la consommation et les pressions du gaz liquéfié utilisé,
- la tension d'alimentation du groupe.

Détermination de la puissance frigorifique maximale d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié

16. La puissance frigorifique maximale d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié est estimée avec la configuration la plus puissante commercialisable par le constructeur du groupe.

17. L'essai est mené avec l'ensemble des évaporateurs :

- activés et fonctionnels et,
- ayant une température, si applicable, de reprise d'air identique (pour les groupes « indirects ») ou, le cas échéant, une température d'air intérieure de caisse (pour les groupes « directs »), identique.

18. L'estimation de la puissance frigorifique maximale du groupe cryogénique doit être effectuée à deux températures :

- -20°C et,
- 0°C.

19. Au besoin, la puissance frigorifique maximale du groupe cryogénique sera calculée par interpolation linéaire des puissances frigorifiques maximale estimée à -20°C et 0°C.

Détermination de la puissance frigorifique individuelle d'évaporateurs réfrigérants d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié

20. La puissance individuelle de chaque évaporateur réfrigérant sera estimée seule, sans aucun autre évaporateur réfrigérant activé ou fonctionnel.
21. La détermination de cette puissance frigorifique sera menée à deux températures :
- -20°C et,
 - 0°C.
22. Au besoin, la puissance frigorifique de chaque évaporateur réfrigérant sera calculée par interpolation linéaire des puissances frigorifiques mesurées puis calculées à -20°C et 0°C.

Détermination de la puissance frigorifique effective restante d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié en mode de fonctionnement multi-températures, compte tenu d'une charge thermique de référence

23. La détermination de la puissance effective d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié nécessite l'utilisation simultanée de deux ou trois évaporateurs réfrigérants avec, dans le cas d'un groupe à :
- deux compartiments, les évaporateurs réfrigérants ayant les puissances frigorifiques individuelles la plus grande et la plus réduite,
 - trois compartiments, les mêmes évaporateurs réfrigérants décrits au point ci-dessus et un troisième de puissance frigorifique intermédiaire.
24. Dans le cas d'un groupe cryogénique à trois compartiments :
- réglage du régime thermostaté :
 - Le point de consigne de l'ensemble des évaporateurs réfrigérants sauf un est réglé de façon à obtenir une température à la reprise d'air, ou si non applicable à la température d'air intérieure de caisse, de 0°C.
 - Une charge thermique est appliquée à chaque couple calorimètre/évaporateur réfrigérant en régime thermostaté.
 - La charge thermique doit être égale à 20% de la puissance frigorifique individuelle de chaque évaporateur réfrigérant considéré à -20°C.
 - La puissance effective de l'évaporateur réfrigérant restant est estimée à obtenir une température à la reprise d'air, ou si non applicable à la température d'air intérieure de caisse, de -20°C.
25. Une fois la puissance effective de l'évaporateur restant estimée, l'essai est renouvelé après avoir effectué une permutation circulaire des couples calorimètres/évaporateurs réfrigérants devant être à -20°C.
26. Dans le cas d'un groupe réfrigérant à 3 compartiments, un essai de la puissance frigorifique effective d'une configuration en 2 compartiments doit être réalisé.

Impact

27. Cette proposition permet de disposer d'une méthodologie de mesure de la puissance frigorifique des nouvelles technologies de production de froid de groupes réfrigérants à base de gaz liquéfié. Cette méthodologie repose sur celle déjà existante dans l'ATP pour les groupes frigorifiques mono et multi-températures qui a fait ses preuves et a trouvé sa structure finale en 1998 pour être intégré à l'ATP dans sa version validée du 23 septembre 2013.

28. La proposition nécessite un amendement à l'accord pour être pleinement et directement utilisable.

Impact environnemental

29. Cette proposition permet de réduire de manière conséquente le nombre de tests et donc leur impact environnemental.

Impact économique

30. Le coût des essais pour ces matériels sera réduit de manière conséquente lorsque leur utilisation est prévue sur des gammes larges de cellules isothermes. Le coût pour les fabricants et donc pour leurs clients seront drastiquement réduits.

Amendement proposé à l'accord

31. Il est proposé d'ajouter à l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP une nouvelle section 9 libellée comme suit:

"9. Procédures de mesure de la puissance des groupes réfrigérants mono-température et multi-températures à gaz liquéfié et de dimensionnement des engins à compartiments multiples

9.1 Définitions

a) Engin à compartiments multiples: engin comportant deux compartiments isothermes ou plus dont les températures sont différentes;

b) Évaporateur réfrigérant : tout élément évaporatif d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié absorbant de l'énergie thermique et fonctionnant en cycle ouvert;

c) Groupe réfrigérant à gaz liquéfié à températures multiples: unité de réfrigération à gaz liquéfié comportant un réservoir de gaz liquéfié et deux évaporateurs ou plus pour la régulation de la température dans les différents compartiments d'un engin à compartiments multiples;

d) Fonctionnement en mode températures multiples: fonctionnement d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié à températures multiples comportant deux évaporateurs ou plus fonctionnant à des températures différentes dans un engin à compartiments multiples;

e) Puissance frigorifique maximale : puissance frigorifique maximale à laquelle le constructeur du groupe réfrigérant à gaz liquéfié le limite dimensionnellement;

f) Puissance frigorifique individuelle ($P_{\text{ind-évap}}$): puissance frigorifique maximale de chaque évaporateur lorsqu'il fonctionne seul avec l'installation;

g) Puissance frigorifique effective ($P_{\text{effective évap congél}}$): puissance frigorifique disponible pour l'évaporateur réfrigérant à la température la plus basse lorsque deux évaporateurs ou plus fonctionnent chacun en mode températures multiples, comme cela est prescrit au paragraphe 8.3.5.

9.2 Procédure d'essai pour les groupes frigorifiques à températures multiples

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 à la typologie du groupe près.

L'installation doit être éprouvée avec différents évaporateurs réfrigérants. Chaque évaporateur réfrigérant doit être essayé dans un calorimètre distinct, le cas échéant et placé dans une cellule d'essai sous température contrôlée.

La puissance frigorifique maximale de l'installation en mode de fonctionnement température unique, comme indiqué au paragraphe 9.2.2, doit être mesurée en combinaison avec deux ou trois évaporateurs, dont le plus petit et le plus grand.

Dans le cas d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié mono-température, seule seront effectuées les déterminations des puissances frigorifiques maximales, comme indiqué dans le paragraphe 9.2.2.

La puissance frigorifique individuelle doit être mesurée pour tous les évaporateurs réfrigérants, chacun fonctionnant en mode température unique avec l'installation, comme prescrit au paragraphe 9.2.3.

L'estimation de la puissance frigorifique:

- individuelle de chaque évaporateur réfrigérant doit être menée avec le plus petit réservoir de gaz liquéfié pouvant équiper le groupe réfrigérant à gaz liquéfié et,
- maximale du groupe réfrigérant à gaz liquéfié avec un plus grand sous réserve de vérifier que la puissance frigorifique individuelle du plus petit évaporateur réfrigérant est identique d'un réservoir à l'autre.

L'essai doit être réalisé avec deux ou trois évaporateurs réfrigérants, y compris le plus petit, le plus grand et, si nécessaire, un évaporateur réfrigérant de taille intermédiaire.

Si le groupe réfrigérant à gaz liquéfié multi-température peut fonctionner avec plus de deux évaporateurs réfrigérants:

- L'installation doit être éprouvée en combinaison avec trois évaporateurs réfrigérants, à savoir le plus petit, le plus grand et un intermédiaire;
- En outre, à la demande du fabricant, l'installation peut être éprouvée en combinaison avec deux évaporateurs réfrigérants, à savoir le plus grand et le plus petit.

Pour chaque essai seront enregistrés:

- le débit, la consommation et les pressions du gaz liquéfié utilisé,
- la tension d'alimentation du groupe.

L'essai est mené selon les modes prévus par le constructeur.

9.2.2 Mesure de la puissance frigorifique maximale de l'installation

La puissance frigorifique maximale de l'installation en mode de fonctionnement température unique doit être mesurée en combinaison avec deux ou trois évaporateurs réfrigérants fonctionnant simultanément à la même température. L'essai doit être réalisé à -20 °C et à 0 °C.

La puissance frigorifique maximale d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié est mesurée avec la configuration la plus puissante commercialisable par le constructeur du groupe.

L'essai est mené avec l'ensemble des évaporateurs :

- Activés et fonctionnels et,
- Ayant une température, si applicable, de reprise d'air identique ou, le cas échéant, une température d'air intérieure de caisse identique.

La température de l'air moyenne extérieure aux caissons calorimétriques doit être comprise entre +25 °C et +35 °C.

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

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

La puissance frigorifique individuelle de chaque évaporateur réfrigérant doit être mesurée lorsque l'évaporateur réfrigérant fonctionne seul avec l'installation. L'essai doit être réalisé à -20 °C et à 0 °C.

La température de l'air moyenne extérieure au caisson calorimétrique doit être comprise entre +20 °C et +35 °C.

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 réfrigérant à gaz liquéfié en mode de fonctionnement multi-températures, compte tenu d'une charge thermique de référence

La détermination de la puissance effective restante d'un groupe réfrigérant à gaz liquéfié nécessite l'utilisation simultanée de deux ou trois évaporateurs réfrigérants avec, dans le cas d'un groupe à :

- Deux compartiments, les évaporateurs réfrigérants ayant les puissances frigorifiques individuelles la plus grande et la plus réduite,
- Trois compartiments, les mêmes évaporateurs réfrigérants décrits au point ci-dessus et un troisième de puissance frigorifique intermédiaire.

Dans le cas d'un groupe cryogénique à trois compartiments :

- Réglage du régime thermostaté :
 - Le point de consigne de l'ensemble des évaporateurs réfrigérants sauf un est réglé de façon à obtenir une température à la reprise d'air, ou si non applicable à une température d'air intérieure de caisse, de 0°C.

- Une charge thermique égale à 20% de la puissance frigorifique individuelle de chaque évaporateur réfrigérant à -20°C est appliquée à chaque couple calorimètre/évaporateur réfrigérant en régime thermostaté.
- La puissance effective de l'évaporateur réfrigérant restant est mesurée à une température à la reprise d'air, ou si non applicable à une température d'air intérieure de caisse, de -20°C.

Une fois la puissance effective de l'évaporateur restant mesurée, l'essai est renouvelé après avoir effectué une permutation circulaire des couples calorimètres/évaporateurs réfrigérants devant être à -20°C.

Dans le cas d'un groupe réfrigérant à 3 compartiments, un essai de la puissance frigorifique effective d'une configuration en 2 compartiments doit être réalisé.

La température de l'air moyenne extérieure aux caissons calorimétriques doit être comprise entre +25 °C et +35 °C.

9.3 Dimensionnement et certification des engins réfrigérants à gaz liquéfiés à températures multiples

Le dimensionnement et la certification d'engins frigorifiques équipés de groupes réfrigérants à gaz liquéfiés doit être conforme à celle qui est présentée à la section 8.3 « Dimensionnement et certification des engins frigorifiques à températures multiples » de l'appendice 2 de l'annexe 1 de l'ATP avec les équivalences de puissance suivantes:

$$P_{\text{maximale}} = P_{\text{nominale}}$$

$$P_{\text{effective évap congel}} = P_{\text{utile évap congel}}$$

$$P_{\text{effective évap réfrig}} = P_{\text{utile évap réfrig}}$$