 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 1 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

Règles uniformes APTU (Appendice F à la COTIF 1999)

Prescriptions techniques uniformes (PTU) concernant le sous-système Matériel roulant

WAGONS DE MARCHANDISE - ANNEXE S

FREINAGE

PERFORMANCES DE FREINAGE

Note explicative :

Les textes de la présente PTU qui occupent toute la largeur de la page sont identiques aux textes correspondants des réglementations de l'Union européenne. Les textes sur deux colonnes diffèrent. La colonne de gauche contient les réglementations PTU, la colonne de droite, le texte des réglementations correspondantes de l'UE. Le texte dans la colonne de droite n'a qu'un caractère informatif et ne fait pas partie des réglementations de l'OTIF.

PTU de l'OTIF

Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

S.1 DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DE FREINAGE DES VÉHICULES ÉQUIPÉS AVEC UN FREIN PNEUMATIQUE UIC DES TRAINS DE VOYAGEURS

S.1.1 GENERALITES

La masse freinée marquée sur le wagon doit indiquer la puissance de freinage de ce wagon placé dans un train de 500 m de long qui est freiné en position P.

La masse freinée d'un train constitué de wagons est en principe la somme des masses freinées peintes sur les véhicules disposant d'un frein actif.

Cette masse freinée s'applique aux rames tractées d'une longueur inférieure ou égale à 500 m et freinées en position P.

S.1.2 DETERMINATION DE LA PUISSANCE DE FREINAGE PAR LE CALCUL


S.1.2.1 Détermination de la puissance de freinage en utilisant le facteur k

La masse freinée B d'un wagon est déterminée par le calcul sous réserve que les conditions suivantes soient satisfaites :

- la vitesse maximale est ≤ 120 km/h,
- des roues d'un diamètre nominal allant de 920 à 1 000 mm, freinées des deux côtés
- les semelles de freins sont constituées de fonte P10,
- les blocs freins sont de type Bg (simple) ou Bgu (double),
- la force appliquée par les sabots va de 5 à 40 kN pour des Bg et de 5 à 55 kN pour des Bgu.

¹ STI Wagons de fret – Annexe à la décision de la Commission 2006/861/CE publiée au Journal officiel de l'UE L344 le 08.12.2006 telle que modifiée par la décision de la Commission 2009/107/CE publiée au Journal officiel de l'UE L45 le 14.02.2009.

² Si aucune référence n'est indiquée, le numéro de chapitre/section est le même que dans le texte de l'OTIF.

 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 2 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

PTU de l'OTIF

Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

La masse freinée doit être calculée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Équation (S1)} : B[t] = \frac{k [-] \times \sum F_{\text{dyn}} [\text{kN}]}{9,81 [\text{m/sec}^2]}$$

Où ΣF_{dyn} est la somme de toutes les forces appliquées par les sabots lorsque le véhicule se déplace et k un facteur sans unité dimensionnelle qui dépend du type de semelles (Bg ou Bgu) et de la force de contact de chacun des sabots.

ΣF_{dyn} doit être calculé en utilisant la formule suivante: $\Sigma F_{\text{dyn}} = (F_t \times i - i^* \times F_R) \times \eta_{\text{dyn}}$

Où :

F_t = Force effective au cylindre [kN], dès lors que le rappel des cylindres et de la timonerie ont été déduits

i = Incrémentation totale de la timonerie de frein

i^* = Incrément au-delà de la timonerie centrale (normalement 4 pour les wagons à deux essieux et 8 pour les wagons à bogie)

η_{dyn} = Efficacité moyenne de la timonerie lorsque le véhicule se déplace (moyenne entre deux visites d'entretien). η_{dyn} peut monter à 0,91, en fonction du type de timonerie.

F_R = Force opposée par le régleur (couramment 2 kN)

Les courbes «k» utilisées pour calculer la masse freinée sont données par des formules mathématiques du type suivant:

$$\text{Équation (S2)} : k = a_0 + a_1 \times F_{\text{dyn}} + a_2 \times F_{\text{dyn}}^2 + a_3 \times F_{\text{dyn}}^3$$

où :


	a_0	a_1	a_2	a_3
k_{Bg}	2.145	$- 5.38 \times 10^{-2}$	7.8×10^{-4}	$- 5.36 \times 10^{-6}$
k_{Bgu}	2.137	$- 5.14 \times 10^{-2}$	8.32×10^{-4}	$- 6.04 \times 10^{-6}$

S.1.2.2 Wagons pour lesquels la condition requise pour calculer la puissance de freinage selon l'article S.1.2.1 n'est pas donnée

La méthode de calcul décrite ci dessous doit être utilisée pour la conception de l'équipement de frein des wagons ayant une vitesse maximale ≤ 120 km/h. La masse freinée qui est peinte sur le wagon doit être déterminée en essai.

La masse freinée est habituellement calculée via les deux étapes suivantes :

1. calcul de la distance de freinage en se basant sur la puissance de freinage appliquée au cours des différentes gammes de vitesses,
2. Détermination du pourcentage de masse freinée en partant de la distance de freinage calculée en utilisant le graphique d'évaluation de la figure S1 (wagon pris isolément).

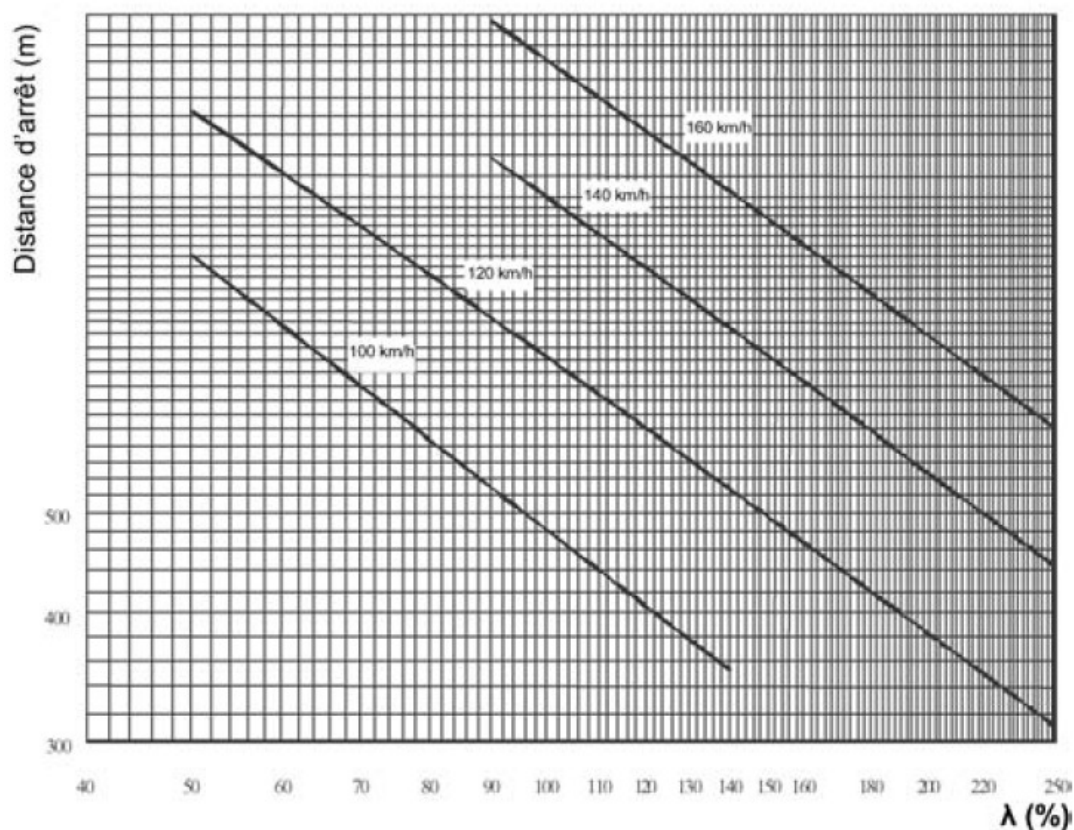
 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 3 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

PTU de l'OTIF

Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

Figure S1

Graphe d'évaluation



La distance de freinage doit être calculée pas à pas (article S.4.1) ou par paliers de décélération (article S.4.2).

Les méthodes de calcul qui sont indiquées s'appliquent en principe à un wagon isolé.

Les distances de freinage doivent être calculées pour chaque vitesse initiale précisée à l'article S.1.3.2 et les conditions de chargement de l'article S.1.3.2 doivent être prises en compte :


- l'efficacité dynamique moyenne entre deux visites d'entretien,
- un temps de remplissage du cylindre de frein de 4 s,
- la caractéristique moyenne de frottement la plus faible pour les matériaux de friction utilisés sur ce type de wagon.

Dès lors que les distances de freinage ont été calculées, la masse freinée doit être prédéterminée en utilisant la procédure de l'article S.1.3.2, mais avec des distances calculées au lieu des distances moyennes de freinage mesurées au cours des essais.

Comme repris à l'article S.1.2.1, pour des wagons qui ont une vitesse maximale de 140 km/h, leur masse freinée pour 120 km/h (cf. article S.1.2.1) peut aussi être utilisée pour la vitesse maximale de 140 km/h.

La masse freinée peut être prédéterminée en utilisant cette procédure de calcul, en tenant compte des points supplémentaires suivants :

- La distance de freinage doit être calculée par freinage en partant des vitesses de 100, 120, 140 et 160 km/h jusqu'à la vitesse maximale du wagon.
- Dès lors que les distances de freinage ont été calculées, les masses freinées doivent être prédéterminées en utilisant la procédure de l'article S.1.3.2, mais avec les distances de freinage calculées au lieu des distances moyennes de freinage mesurées au cours des essais.

 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 4 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

PTU de l'OTIF

Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

La masse freinée qui est peinte sur le wagon doit être déterminée au cours des essais (article S.1.3).

S.1.3 DETERMINATION DE LA MASSE FREINÉE AU COURS DES ESSAIS

Cette procédure est obligatoire lorsqu'il n'y a pas de méthode de calcul approuvée. La procédure peut aussi être utilisée pour des wagons comme repris à l'article S.1.2.1 (Sabots en fonte P10). Si les essais donnent une masse freinée qui est supérieure à la valeur du calcul, alors la valeur calculée ne doit pas être modifiée ; si les essais donnent une masse freinée qui est inférieure à celle du calcul, alors la raison de ce résultat doit être déterminée.

Des essais doivent être entrepris :

- Essais avec un véhicule isolé

Dans ces essais, la distance de freinage du train ou du wagon doit être mesurée au cours d'un freinage d'urgence depuis la vitesse v_0 sur voie en alignement et sans pente. La distance de freinage est mesurée depuis le point où le freinage d'urgence a été déclenché.

S.1.3.1 Wagons avec une vitesse maximale ≤ 120 km/h

S.1.3.1.1 Essais sur un véhicule isolé (Essais au lancer)

Le véhicule en cause est accouplé à une locomotive et accéléré jusqu'à la vitesse v_0 . Dès lors que cette vitesse est atteinte l'accouplement mécanique est enlevé. Une application du freinage d'urgence est réalisée. La distance de freinage est mesurée depuis le point où le freinage d'urgence a été déclenché.

S.1.3.1.2 Composition des véhicules pour les essais au lancer

- un wagon dans le cas d'un simple wagon à bogie ;
- un groupe de trois wagons dans le cas de wagons à deux essieux ;
- un groupe de deux wagons dans le cas de wagons articulés sans bogie ;
- le jeu de wagons insécables exploités ainsi en service.

Les essais de freinage au lancer doivent être réalisés à 100 et 120 km/h.

Si un dispositif de changement «vide-chargé» est présent, l'essai de freinage est réalisé :

- dans la position «vide», aux alentours de la masse de transition (sous réserve que cela soit possible pour le type de véhicule en question). Au cas où le dispositif de changement «vide-chargé» est automatique, les essais sont réalisés en position « vide » aux alentours de la charge de transition, mais avec une charge suffisamment inférieure à la charge de transition pour que le dispositif automatique reste stable dans sa position « vide ».
- dans la position « chargé » avec la charge maximale.


Dans le cas de véhicules équipés d'un dispositif auto-variable fonction de la charge, les essais de freinage au lancer doivent être réalisés :

- à l'état à vide (en tare), en position de chargement «vide» afin de vérifier que la valeur maximale prescrite de λ n'a pas été dépassée,
- avec la charge maximale (ce qui doit donner la masse freinée maximale).
- Des essais de freinage au lancer doivent être également réalisés pour vérifier la masse freinée au point de dissipation de l'énergie maximale.

Les conditions générales d'essais se trouvent à l'article S.3.1.

La distance mesurée doit être corrigée pour les conditions d'essais nominales ($v_{0\text{ nom}}$) en utilisant la méthode donnée à l'article S.3.2.


Le pourcentage de masse freinée est déterminé en partant de la moyenne des distances

 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 5 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

PTU de l'OTIF

| Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

de freinage (moyenne des valeurs corrigées admissibles), soit avec les courbes à 120 km/h et/ou 100 km/h de la figure S1, soit avec la formule du tableau S1. Le pourcentage minimum de masse freinée doit être pris en compte.

 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 6 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

PTU de l'OTIF

Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

Tableau S1

Calcul de λ

$$S = \frac{C}{\lambda + D}$$

$$S = \frac{C}{S} - D$$

V [km/h]	C	D
100	52 840	10
120	83 634	19
140	119 179	19
160	161 280	19

Ces formules sont valides au sein de limites correspondant aux extrémités des courbes de la figure S1.

Lorsque la masse freinée à peindre sur le véhicule est déterminée par des essais, le résultat d'essai doit être ajusté à l'efficacité dynamique «moyenne» comprise entre deux visites de maintenance (0,83 pour les wagons comme repris à l'article S.1.2.1).

Avec des sabots en fonte P10, la masse freinée doit être corrigée pour la puissance dynamique au niveau du porte semelle en utilisant la méthode suivante:

- a) Déterminer l'efficacité de la timonerie de frein aussi précisément que possible, pendant que le véhicule se déplace au cours de l'essai pour déterminer $\eta_{\text{dyn test}}$;

Si cette mesure n'a pas été relevée, la valeur de $\eta_{\text{dyn test}} = 0,91$ peut être retenue pour des wagons neufs ayant une timonerie conventionnelle.

Pour les autres véhicules pour lesquels $\eta_{\text{dyn test}}$, n'a pas été mesurée, la formule suivante peut être utilisée:

$$\eta_{\text{dyn test}} = \frac{1 + \eta_{\text{stat test}}}{2}$$

Cette formule ne peut pas être utilisée pour des valeurs de $\eta_{\text{essai stat}}$ inférieures à 0,6. La valeur de $\eta_{\text{dyn test}}$ ne doit jamais être inférieure à 0,91.

- b) Avec B_{test} comme masse freinée par porte semelle au cours de l'essai, les équations (1) et (2) ci dessus peuvent être utilisées l'une comme l'autre pour déterminer $F_{\text{dyn test}}$ par lecture directe de la valeur.
- c) La puissance dynamique corrigée s'exprime comme suit :


$$F_{\text{dyn corr}} = F_{\text{dyn test}} \times \frac{0,83}{\eta_{\text{dyn test}}}$$

- d) En prenant cette valeur pour $F_{\text{dyn corr}}$, les mêmes tableaux peuvent être utilisés pour déterminer B_{corr} , la masse freinée corrigée par porte semelle.

S.1.3.2 Wagons avec une vitesse supérieure à 120 km/h et inférieure à 160 km/h

La méthode est identique à celle décrite dans l'article S.1.3.1 avec deux séries d'essais supplémentaires, une à 140 km/h et une autre à 160 km/h, si le wagon est apte à circuler à cette vitesse.

Les distances de freinage mesurées doivent être corrigées pour les conditions d'essais nominales ($V_{0 \text{ nom}}$) en utilisant la méthode donnée à l'article S.3.2.

 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 7 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

PTU de l'OTIF

Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

Les distances de freinage moyennes corrigées sont utilisées pour déterminer les quatre valeurs de λ (λ_{100} , λ_{120} , λ_{140} , λ_{160}) en partant des courbes de la figure S1 (ou les équations de ces courbes — voir tableau S1).

La valeur minimale doit être prise de λ_{100} , λ_{120} , λ_{140} et λ_{160} .

S.2 DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DE FREINAGE POUR DES WAGONS ÉQUIPÉS D'UN FREIN À AIR UIC POUR WAGONS DE FRET

La masse freinée des wagons en position G est considérée être la même que celle déterminée pour la position P.

Il ne doit pas y avoir d'évaluation distincte de la puissance de freinage des wagons en position G.

S.3 EXÉCUTION DES ESSAIS

S.3.1 METHODE D'EXECUTION DES ESSAIS

S.3.1.1 Conditions atmosphériques

Afin d'éviter que des mauvaises conditions atmosphériques affectent les résultats, les essais doivent être réalisés avec un minimum de vent et sur un rail sec.

S.3.1.2 Nombre d'essais

Au moins quatre essais validés doivent être réalisés pour lesquels la moyenne doit être calculée. Toutes les distances de freinage obtenues, doivent être corrigées conformément au point 1 de l'article S.3.2,

La moyenne n'est acceptée que si elle satisfait aux critères suivants qui doivent être simultanément vérifiés :

Critère 1: $\frac{\text{Standard deviation of sample } (\sigma_n)}{\text{Mean of sample } (\bar{s})} \leq 3.0 \% \text{ and}$

Critère 2: $|\text{Extreme value } (s_e) - \text{mean } (\bar{s})| \leq 1.95 \times \sigma_n$

où s_e est la distance de freinage la plus éloignée de la moyenne.

Si l'un des deux critères n'est pas satisfait, alors un essai supplémentaire doit être réalisé (en rejetant la valeur extrême « S_e » si le critère 2 n'est pas satisfait et $n \geq 5$)

Avec les nouvelles valeurs ainsi obtenues, les critères 1 et 2 doivent être vérifiés pour lesquels :

s_i = distance de freinage mesurée pour l'essai «i», après correction

\bar{s} = la distance de freinage moyenne,

n = le nombre d'essais,


σ_n = l'écart type de l'échantillon

et

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum |s_i - \bar{s}|^2}{n}}$$

Le nombre d'essais validés doit être au minimum égal à 70 % du nombre d'essais réalisés. Les essais qui sont réalisés selon l'article S.3.2., Point 1b, ne doivent pas être comptabilisés dans le nombre total d'essais.

Si après 10 essais, l'un des deux critères n'est pas satisfait, la série d'essais doit être interrompue et le système de freinage contrôlé. L'interruption des essais doit être mentionnée dans le rapport d'essai.

 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 8 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

PTU de l'OTIF

Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

S.3.1.3 Conditions de frottement des composants, des roues et des disques

Avant de commencer les essais, les composants de frottement doivent être (garnitures de frein/semelles) rodés jusqu'à un minimum de 70 % de recouvrement.

Des freinages plus courts peuvent être obtenus avec une usure de 3 à 5 mm sur des sabots de frein en fonte. Si les essais comprennent un freinage avec arrêt dans les conditions humides, le bord d'attaque de la garniture ou du sabot doit être engagé dans le sens de la rotation.

Il est recommandé que les essais soient réalisés sur des véhicules freinés par des blocks de semelles agissant sur des roues (neuves ou profilées) ayant parcourus au moins 1 200 km.

Il est recommandé que la température initiale des roues et des disques soit située entre 50 °C et 60 °C.

S.3.2 METHODE D'EVALUATION DES RESULTATS D'ESSAI

S.3.2.1 Correction des distances de freinage pour chaque essai

La distance de freinage obtenue « j » lors de l'essai doit être corrigée pour prendre en compte les facteurs suivants :

- Vitesse nominale en fonction de la vitesse initiale mesurée en essai
- Pente de la voie d'essai

La correction est faite en appliquant la formule suivante :

$$\frac{V_{jnom}^2}{2 \times 3.6^2 \times S_{jcorr}} = \frac{V_{jmeas}^2}{2 \times 3.6^2 \times S_{jmeas}} - \frac{g}{p} \times \frac{i}{1000}$$

Par translation on obtient

$$S_{jcorr} = \frac{3.933 \times \rho \times V_{jnom}^2}{3.933 \times \rho \times V_{jmeas}^2 - i \times S_{jmeas}} \times S_{jmeas}$$

où

S_{jcorr} [m] = distance de freinage corrigée (correspondant à la vitesse nominale dans l'essai J),

S_{jmeas} [m] = distance de freinage mesurée dans l'essai J,

V_{jnom} [km/h] = vitesse nominale dans l'essai J.

V_{jmeas} [km/h] = vitesse initiale mesurée dans l'essai J,

ρ = coefficient d'inertie des «masses en rotation», qui est défini comme suit:

$$\rho = 1 + \frac{m_r}{m}$$

où

m = masse du train ou du véhicule

m_r , m_r = masse équivalente des composants en rotation

(s'il n'y a pas de valeur exacte de connue on peut prendre $\rho = 1,15$ pour les locomotives et $\rho = 1,04$ pour les voitures)

i [mm/m] = pente moyenne sur S_{jmeas} en voie d'essai, qui est positive (+) en montée et négative (-) en descente.


Les deux critères suivants doivent être vérifiés pour valider l'essai:

- a) $|i| < 3$ mm/m (5 mm/m pour des cas exceptionnels)

et

- b) $V_{jmeas} - V_{jnom} \leq 4$ km/h

S.3.2.2 Correction de la distance de freinage moyenne \bar{s}

 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 9 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

PTU de l'OTIF

Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

La distance de freinage moyenne \bar{s} , obtenue conformément à l'article S.3.1, doit être corrigée pour prendre en compte les deux facteurs suivants :

- a) Efficacité dynamique de la timonerie de frein en essai en comparaison avec la valeur moyenne en service, et pour les disques, le diamètre moyen des roues des véhicules en essai, en comparaison avec des roues présentant un diamètre à mi-usure. Pour des wagons équipés de sabots en fonte P10 et d'une timonerie conventionnelle, l'efficacité dynamique doit être corrigée en utilisant la méthode décrite à l'article S.1.3.1.

La distance moyenne de freinage doit être corrigée en utilisant les formules suivantes :

$$F_{\text{corr}} = F_{\text{test}} \times \frac{\eta_m}{\eta_{\text{test}}} \times \frac{d_{\text{test}}}{d_m}$$

et

$$\bar{s}_{\text{corr}} = t_e \times V_{\text{nom}} + \frac{F_{\text{test}} + W_m}{F_{\text{corr}} + W_m} \times \{\bar{s} - V_{\text{nom}} \times t_e\}$$

où

\bar{s}_{corr} [m] = distance de freinage moyenne corrigée ;

\bar{s} [m] = la distance moyenne de freinage obtenue en essai ;

t_e [s] = le temps équivalent de montée de la puissance de freinage ;

V_{nom} [m/s] = la vitesse nominale initiale en essai ;

d_{test} [mm] = le diamètre moyen des roues des véhicules en essai ;

d_m [mm] = diamètre de roue à mi-usure ;

F_{corr} [kN] = puissance de freinage corrigée ;

F_{test} [kN] = puissance moyenne de freinage des essais ;

η_m = efficacité de la timonerie de frein dans des conditions de service courantes ;

η_{test} = efficacité de la timonerie de frein au cours des essais ;

W_m [kN] = résistance moyenne à l'avancement.

- b) Le temps de remplissage réel par rapport au nominal de 4 s. Cette correction est uniquement applicable lors des essais sur un véhicule isolé.

La formule de correction suivante doit être appliquée :

$$\bar{s}_{\text{corr}} = \left(2 - \frac{t_s}{2} \right) \times V_{\text{nom}} + \bar{s}$$

où

\bar{s}_{corr} [m] = distance de freinage moyenne corrigée ;

\bar{s} [m] = distance moyenne de freinage ;

t_s [s] = temps de remplissage moyen mesuré au remplissage des cylindres de frein ;


V_{nom} [m/s] = vitesse initiale nominale en essais.

S.4 ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE DE FREINAGE PAR CALCUL

S.4.1 CALCUL PAS A PAS

Le calcul de la distance de freinage peut être entrepris pas à pas en commençant par une méthode générale basée sur une équation liée à la dynamique dont l'algorithme est défini comme suit :

Étape 1 : $\sum F_i + W_i = m_e \times a_i$

 OTIF	MATERIEL ROULANT WAGONS DE MARCHANDISE – ANNEXE S			PTU WAG - S Page 10 de 10
Statut : EN VIGUEUR	Version: 01	Réf.: A 94-02-S/3.2011	Original: EN	Date: 01.12.2012

PTU de l'OTIF

Texte correspondant des réglementations de l'UE¹ Réf. UE²

où

ΣF_i = est la somme des forces retardatrices de l'ensemble des freins actifs

W_i = effort retardateur à l'instant i ;

m_e = Masse équivalente du véhicule (y compris les masses tournantes) ;

a_i = Décélération à l'instant i .

$$\text{Étape 2 : } a_i = \frac{\Sigma F_i + W_i}{m_e}$$

$$\text{Étape 3 : } V_{i+1} = V_i - a_i \times \Delta t$$

où

Δt = est l'intervalle de temps pour le calcul ($\Delta t \leq 1$ s)

v_i = Vitesse initiale sur l'intervalle Δt

v_{i+1} = Vitesse finale sur l'intervalle Δt

$$\text{Étape 4 : } V_{mi} = \frac{V_i + V_{i+1}}{2}$$

où

V_{mi} = Vitesse moyenne sur la durée de l'intervalle Δt .

$$\text{Étape 5 : } \Delta s_i = V_{mi} \times \Delta t$$

où

Δs_i = est la distance parcourue pendant l'intervalle Δt .

La distance Δs_i peut aussi être calculée avec l'une des formules suivantes :

$$\text{Étape 5 bis : } \Delta s_i = V_i \times \Delta t - \frac{1}{2} \times a_i \times \Delta t^2$$

$$\text{Étape 5 ter : } \Delta s_i = \frac{V_i^2 - V_{i+1}^2}{2 \times a_i}$$

Dans l'hypothèse où la force de freinage reste constante dans l'intervalle, toutes ces formules donnent le même résultat.

$$\text{Étape 6 : } s = \Sigma (V_{mi} \times \Delta t)$$

où s = est la distance d'arrêt totale (en atteignant $v=0$)

S.4.2 CALCUL PAR PALIERS DE DECELERATION

Dans les cas où les véhicules sont équipés de frein dont les efforts retardateurs établis sont constants pour certains paliers d'intervalles de vitesses ou si on connaît la valeur moyenne de cet effort, la méthode simplifiée suivante est utilisable :

$$\text{Palier 1 : } a_{mi} = \frac{\Sigma F_{mi} + W_{mi}}{m_e}$$

où F_{mi} , W_{mi} et a_{mi} sont des valeurs constantes ou moyennes dans l'intervalle de vitesse V_i to V_{i+1}

$$\text{Palier 2 : } \Delta s_i = \frac{V_i^2 - V_{i+1}^2}{2 \times a_{mi}}$$

où Δs_i = est la distance parcourue dans cet intervalle de vitesse

$$\text{Palier 3 : } s = t_e \times V_0 + \Sigma \Delta s_i$$