

**SOCIETE NATIONALE DES
CHEMINS DE FER BELGES**



SPECIFICATION TECHNIQUE

L-70

**PIECES EN CAOUTCHOUC POUR ORGANES DE
SUSPENSION, DE TRANSMISSION ET
D'ENTRAINEMENT**

EDITION: 2013



TABLE DES MATIÈRES

1.	<i>INTRODUCTION</i>	2
1.1.	OBJET ET DOMAINES D'APPLICATION	2
1.2.	DOCUMENTS APPLICABLES	2
1.3.	DEFINITIONS	3
2.	<i>CLASSIFICATION ET DESIGNATION</i>	3
2.1.	CATÉGORIES 1 (C1) ET 2 (C2)	3
2.2.	CATÉGORIE 3 (C3)	3
3.	<i>(Réservé)</i>	4
4.	<i>CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS CONSTITUTIFS ET DES PRODUITS FINIS</i>	4
4.0.	ARMATURES RIGIDES ET CAOUTCHOUC	4
4.1.	CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES PIECES TYPES A ET B	5
4.2.	CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES PIECES TYPES A ET B	5
4.3.	CARACTERISTIQUES MECANIQUES	6
5.	<i>CONTROLES RELATIFS AUX PIECES DE SERIE</i>	20
5.1.	METHODE DE CONTROLE	20
5.2.	NATURE DES CONTROLES	20
5.3.	CONTROLE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS	21
5.4.	CONTROLE DES PIECES FINIES	22
5.5.	SUIVI DE LA QUALITE	23
6.	<i>ESSAIS</i>	24
6.1.	PREPARATION DES PIECES EN USINE	24
6.2.	ESSAIS DE TYPE ET DE SERIE	25
7.	<i>MARQUAGE</i>	26
8.	<i>LIVRAISON</i>	26
9.	<i>EMBALLAGE ET/OU CONDITIONS DE STOCKAGE</i>	26
10.	<i>GARANTIE</i>	26



1. **INTRODUCTION**

1.1. **OBJET ET DOMAINES D'APPLICATION**

La présente spécification régit la fourniture de pièces élastiques à base de caoutchouc utilisées sur le matériel roulant chronologiquement antérieur aux HLE 18 et AM08 (articulations, accouplements, butées élastiques ou ressorts intervenant dans les organes de suspension, de transmission et d'entraînement).

Ces pièces peuvent être

- massives, entièrement en caoutchouc, travaillant seules ou en combinaison avec d'autres pièces élastiques ;
- composite caoutchouc - armatures rigides adhésivées ou non.

La spécification technique s'applique

- d'une part aux pièces qui ne supportent pas un effort permanent¹, celles-ci étant repérées type A dans la suite du texte ;
- d'autre part aux pièces qui supportent un effort permanent¹, celles-ci étant repérées type B dans la suite du texte ;

Sont seulement concernées par cette spécification :

- **Pièces type A:** les pièces d'articulations élastiques, les pièces d'accouplements élastiques et les butées élastiques ;
- **Pièces type B:** les pièces dont la fonction principale est d'assurer la suspension du matériel roulant ou de ses sous - ensembles.

1.2. **DOCUMENTS APPLICABLES**

Normes

ISO 37 - Caoutchouc- Résistance en traction et allongement à la rupture.

ISO 188- Caoutchouc – Résistance au vieillissement accéléré et à la chaleur

ISO 471- Caoutchouc- Températures, humidités et durées pour le conditionnement et l'essai des éprouvettes.

ISO 813-Caoutchouc – Adhérence à un substrat rigide. Méthode par pelage à angle droit.

ISO 2230- Caoutchouc- Directives de stockage.

ISO 2859-1 - Procédures d'échantillonnage pour l'inspection par attributs.

ISO 4664-1 - Caoutchouc - Détermination of dynamic properties.

ISO 7270- Caoutchouc- Identification par pyrolyse et chromatographie en phase gazeuse.

ISO 11345 (2006) – Caoutchouc - Assessment of carbon black / silica dispersion.

ISO/CD 6943- Caoutchouc -Détermination of tension fatigue.

NF F 01-815- Matériel roulant ferroviaire - Pièces élastiques à base de caoutchouc.

NBN-EN 13913 – Applications ferroviaires – Pièces de suspension à base d'élastomères –Pièces mécaniques à base d'élastomères.

¹ Effort autre que celui dû à leur propre poids, ou à la précontrainte de montage



1.3. DEFINITIONS

Essais de type : Essais effectués lors de la première fabrication de produit de catégorie 1 ou 2 (frais à charge du fabricant) ; ils peuvent être réalisés par des laboratoires qualifiés.

Essais de série : Essais à effectuer par le fabricant systématiquement lors de chaque fabrication avec enregistrements des résultats et en présence du service d'inspection à chaque intervention qualité de la SNCB; ils peuvent être réalisés par des laboratoires qualifiés.

2. CLASSIFICATION ET DESIGNATION

Les pièces élastiques à base de caoutchouc sont classées en trois catégories

2.1. CATÉGORIES 1 (C1) ET 2 (C2)

Pièces dont la fonction recherchée est d'intervenir directement dans le comportement :

- soit des organes environnants, pour les pièces type A,
- soit des ensembles ou sous-ensembles suspendus, pour les pièces type B.

Des essais de type sont obligatoires :

- pour chaque première fabrication de pièces de rechange;
- pour les premières pièces des commandes de matériel roulant neuf ;
- à l'occasion du changement de fabricant (uniquement pour catégorie 1).

Les essais de type doivent être renouvelés, partiellement ou totalement :

- lors d'une modification du processus de fabrication et, en particulier, lors de la modification du mélange de caoutchouc ;
- après une interruption de fabrication de pièces identiques supérieure à 5 ans ;
- à la suite d'incidents en service.

Les essais de type et les essais de série sont imposés par la présente spécification.

La durée de vie souhaitée de ces pièces est précisée au dessin.

2.2. CATÉGORIE 3 (C3)

Pièces dont la fonction principale est de réunir élastiquement deux éléments sans recherche d'influence sur le comportement des organes environnants (pièces de Type A), ou dont l'influence sur le comportement des ensembles ou sous-ensembles suspendus peut être négligée (pièces type B).

Essais de série à réaliser si prévu par le dessin éventuel de la pièce.

NB

La désignation de la catégorie et le type de la pièce sont portés au dessin de définition lorsque la pièce est définie par un tel document.

Exemple: Cl, type A.



3. **(RESERVE)**

4. **CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS CONSTITUTIFS ET DES PRODUITS FINIS**

Les pièces des catégories 1 et 2 sont définies par un dessin approuvé, précisant les caractéristiques mécaniques choisies, en fonction de la finalité de la pièce, parmi celles du paragraphe 4.3.

Les pièces de la catégorie 3 sont définies soit par un dessin, soit par une notice du fabricant.

4.0. ARMATURES RIGIDES ET CAOUTCHOUC

4.0.1. Armatures rigides

La qualité des matières utilisées pour la confection des armatures rigides ainsi que leur traitement de surface doivent être conformes à celles définies aux dessins des pièces ou notices.

4.0.2. Caoutchouc

4.0.2.1 Composition du caoutchouc

La nature de la gomme, le % en charge, la nature des additifs présents sont choisis par le fabricant en fonction de l'application envisagée.

Remarques importantes

Cette composition sera analysée systématiquement par la SNCB pour toutes les pièces présentées lors des essais de type. La composition trouvée fera l'objet d'un rapport confidentiel rédigé par le laboratoire de la SNCB et adressé au fabricant. Lors des essais de type, cette composition est contrôlée aux frais du fabricant. Celle-ci ne peut faire l'objet de modification significative en cours de marché ou d'une fourniture à l'autre. Si la modification est significative, le fabricant est tenu de demander préalablement l'accord du client. Cette modification peut être refusée si elle est susceptible d'influencer négativement le comportement en service et/ou la durée de vie des pièces.

Procédure de contrôles de la composition du caoutchouc dans le laboratoire SNCB:

- la nature de la gomme est vérifiée selon la norme ISO 7270 (procédure SNCB 33-192);
- le % en matières volatiles, gomme, noir de carbone et charges minérales est déterminé par thermogravimétrie (TGA) ;
- le % en additifs et agents vulcanisants non consommés est déterminé par extraction d'une quantité donnée de caoutchouc au moyen d'un mélange acétone/chloroforme 50/50 v/v ;
- la nature des additifs présents est déterminée par chromatographie en phase gazeuse suivie de spectrométrie de masse (procédure SNCB PAH_SCAN).

Tous ces éléments réunis dressent la carte d'identité du mélange.



4.0.2.2 Traçabilité du mélange (pour pièces de catégories C1 et C2)

Afin d'assurer une bonne traçabilité entre les essais de type et les fabrications de série ultérieures, le producteur remet au contrôleur de la SNCB une copie de la courbe de vulcanisation correspondante lors des interventions qualité et à l'occasion de chaque livraison.

Le service d'inspection rassemblera ces documents qui compléteront systématiquement les dossiers d'inspection SNCB pour chaque fabricant (suivi qualité en cours de fabrication et contrôle des essais de série).

4.0.2.3 Homogénéité du mélange (pour pièces de catégories C1 et C2)

Le producteur s'assure de l'homogénéité de son mélange avant le lancement de chaque fabrication. Le mélange doit atteindre le niveau minimum d'homogénéité 6 (méthode A) et une valeur Z : > 90% (méthode B) sur l'échelle du Disper-Grader ou d'un dispositif équivalent. Il peut également assurer et contrôler cette homogénéité en appliquant une procédure interne documentée au plan qualité.

4.0.2.4 Homogénéité sur pièces de catégories C1 et C2

Lors des essais de type et de série, une homogénéité de 6 minimum est requise.

Procédure

La norme ISO 11345 est d'application (grossissement 30 x - méthodes A et B).

La mesure est effectuée sur cinq coupes. Le résultat retenu est la moyenne des cinq relevés.

4.1. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DES PIECES TYPES A ET B

Les caractéristiques dimensionnelles tolérancées à l'état libre sont celles fixées aux dessins ou aux notices.

4.2. CARACTERISTIQUES PHYSIQUES DES PIECES TYPES A ET B

4.2.1. ASPECT

Les armatures rigides ne doivent présenter aucune bavure. Le caoutchouc ne peut en comporter qu'en dehors des zones utiles. Le caoutchouc ne doit présenter ni porosité ni déchirement et ne doit pas être poisseux en surface.

4.2.2. ADHERISATION (PIECES COMPOSITES ADHERISEES)

Le fabricant définit au plan qualité de la pièce considérée le processus complet d'adhérisation et les procédures de contrôle en tenant compte du contenu du présent chapitre. Il respecte les règles de l'art en la matière.

Les informations concernant le type de primaire d'accrochage et le type d'adhésif sont reprises au plan qualité de la pièce.

Le contrôle d'adhérisation s'effectue toujours en sollicitant la pièce en cisaillement. En fonction de la nature de la pièce, cette imposition définit le sens d'application de l'effort (F).

L'essai est réalisé suivant la méthode décrite ci-dessous, sauf indication contraire au dessin.

1. pour les pièces du type figure 1 on applique un effort (F) correspondant à une déformation constante de 150% de l'épaisseur nominale du caoutchouc (E). Dans les cas de pièces composées de plusieurs couches de caoutchouc séparées par des parties métalliques, on fait subir à la pièce une déformation totale en mm égale à : $(\sum ep.X0.75)$

(ép.= épaisseur de chaque couche de caoutchouc)

2. pour les pièces du type figure 2, si le rapport hauteur adhésivée (A)/épaisseur (D) est inférieur à 1, on applique un effort (F) correspondant à une déformation constante de 100% de l'épaisseur nominale du caoutchouc. Si le rapport est supérieur ou égal à 1, on applique un effort (F) correspondant à une déformation constante de 50% de l'épaisseur nominale du caoutchouc.

Figure 1

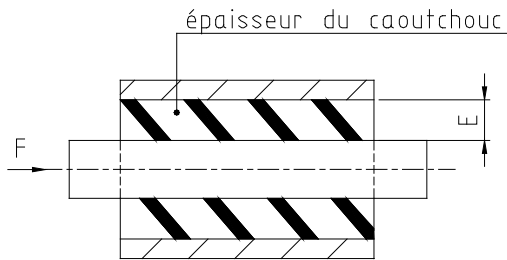
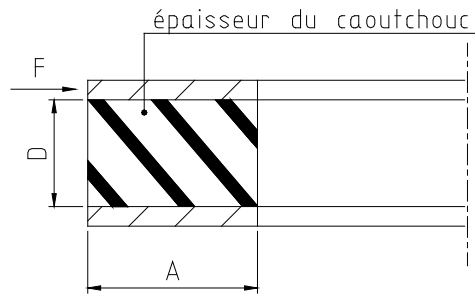


Figure 2



Essais de type
Essais de série

pièces C1 et C2 – durée d'application de l'effort (F) 30 minutes.
pièces C1 et C2 – durée d'application de l'effort (F) 30 minutes
ou 1 minute (voir tableau 1 point 5.4.2)

Résultats : Aucun décollement caoutchouc/substrat ne peut être constaté.

En essais de type et de série un contrôle d'adhésion sur éprouvettes prélevées à partir de pièces finies est réalisé par le laboratoire de la SNCB selon la norme ISO 813. L'adhérence mesurée doit être supérieure à 8 N/mm.

4.3. CARACTERISTIQUES MECANIQUEES

Les caractéristiques mécaniques sont précisées au dessin ou au programme d'essais approuvé par la SNCB. Pour les pièces travaillant en combinaison avec d'autres pièces élastiques, les précisions concernant le montage d'essai devront figurer au dessin.

Un conditionnement préalable des pièces est nécessaire pour les essais suivants :

- rigidité statique à l'état de présentation et après vieillissement thermique
- hauteur sous charge statique après fluage statique

Ce conditionnement est réalisé en application de la norme ISO 4664-1 :

avant tout essai, la pièce est stockée à $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ et 50 ± 5 % HR, elle subit 6 cycles chargement/déchargement jusqu'au maximum de l'effort/déformation de la courbe imposée au plan et à la température de $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$. Elle est ensuite laissée au repos entre 16 et 24 heures à $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ et 50 ± 5 % HR. Passé ce délai la pièce subit l'essai envisagé.

La vitesse d'application des efforts est choisie de telle façon que la durée totale du cycle est comprise entre 30 et 60 s. Cette vitesse doit rester constante à ± 10 % près, de manière automatique.

Les mesures d'efforts doivent être faites à l'aide de capteurs d'efforts ou de dynamomètres éventuellement compensés pour les efforts de cisaillement. L'utilisation de manomètres branchés sur les circuits hydrauliques pour la mesure d'efforts est proscrite.



Les mesures de déplacement seront effectuées avec des extensomètres calibrés afin de corriger les déformations dues au montage d'essai.

4.3.1. HAUTEUR SOUS CHARGE STATIQUE À L'ÉTAT DE PRESENTATION DES PIÈCES TYPE B

La pièce étant soumise à une charge constante F_i ($i = x, y, z$) égale à la charge nominale en service et précisée au dessin, la hauteur correspondante, qui est relevée, doit être conforme à celle fixée au dessin ou à la notice.

Procédure

La hauteur sous charge statique F_i à l'état de présentation est mesurée à l'occasion de la vérification des rigidités statiques à $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. A cette fin, un 7ème cycle est réalisé de O à F_i , et après, une stabilisation de 10 s sous la charge F_i maintenue constante, à 2 % près, la hauteur sous charge est mesurée directement sur la pièce avec une précision de 0,5 mm.

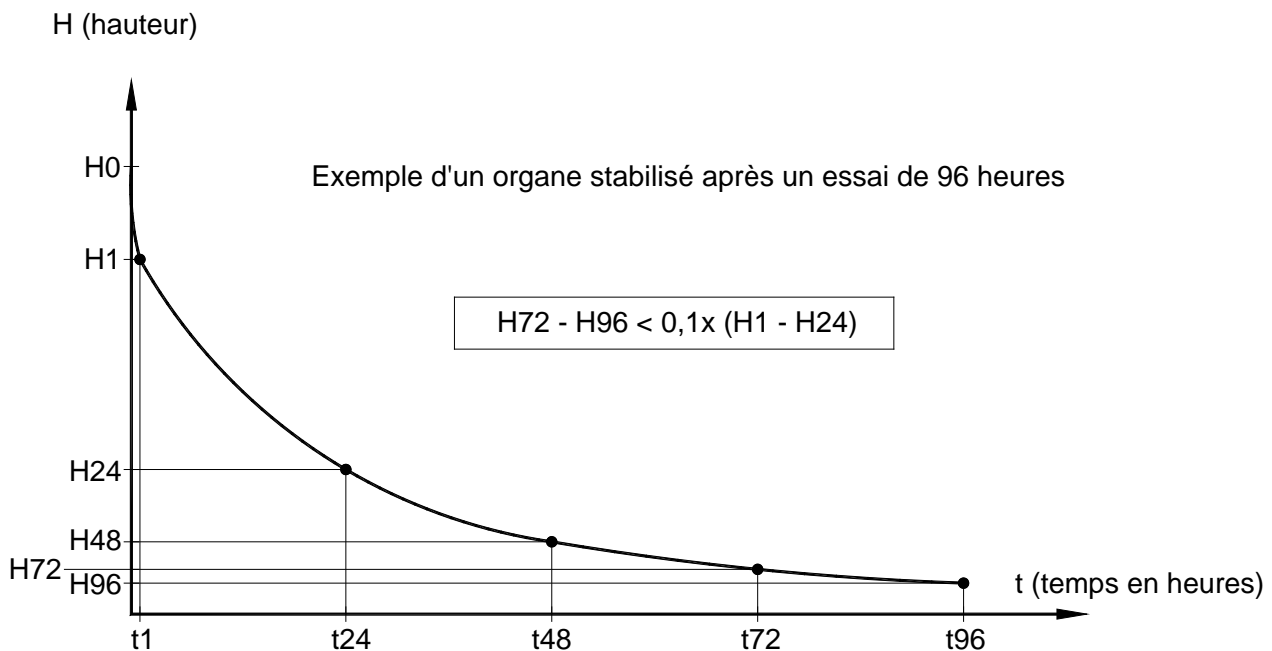
4.3.2. HAUTEUR SOUS CHARGE STATIQUE APRES FLUAGE STATIQUE DES PIÈCES TYPE B

La pièce étant soumise à une charge constante F_i égale à sa charge nominale en service, précisée au dessin, sa hauteur après stabilisation doit être conforme à celle fixée au dessin.

Procédure

La pièce subit le conditionnement décrit au pt 4.3

La pièce est soumise à une charge F_i constante, à 2 % près, et égale à sa charge nominale en service précisée au dessin, sa variation de hauteur est enregistrée en fonction du temps. La température est maintenue à $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$. Lorsque la hauteur sous charge est stabilisée (variation en 24 h inférieure au dixième de celle enregistrée entre les temps $t_{1,} = 1$ h et $t_{24} = 24$ h), celle-ci est relevée et l'essai est interrompu (voir figure ci-dessous).



4.3.3. HAUTEUR SOUS CHARGE STATIQUE APRES FLUAGE DYNAMIQUE DES PIECES TYPE B

Voir pt 7.3.3 de la NBN EN 13913. Cet essai est effectué à la suite de l'essai de fluage statique. La pièce étant soumise à une charge ondulée F , telle que :

$$F = F_i + 0,1 \times F_i \sin 2 \pi f.t,$$

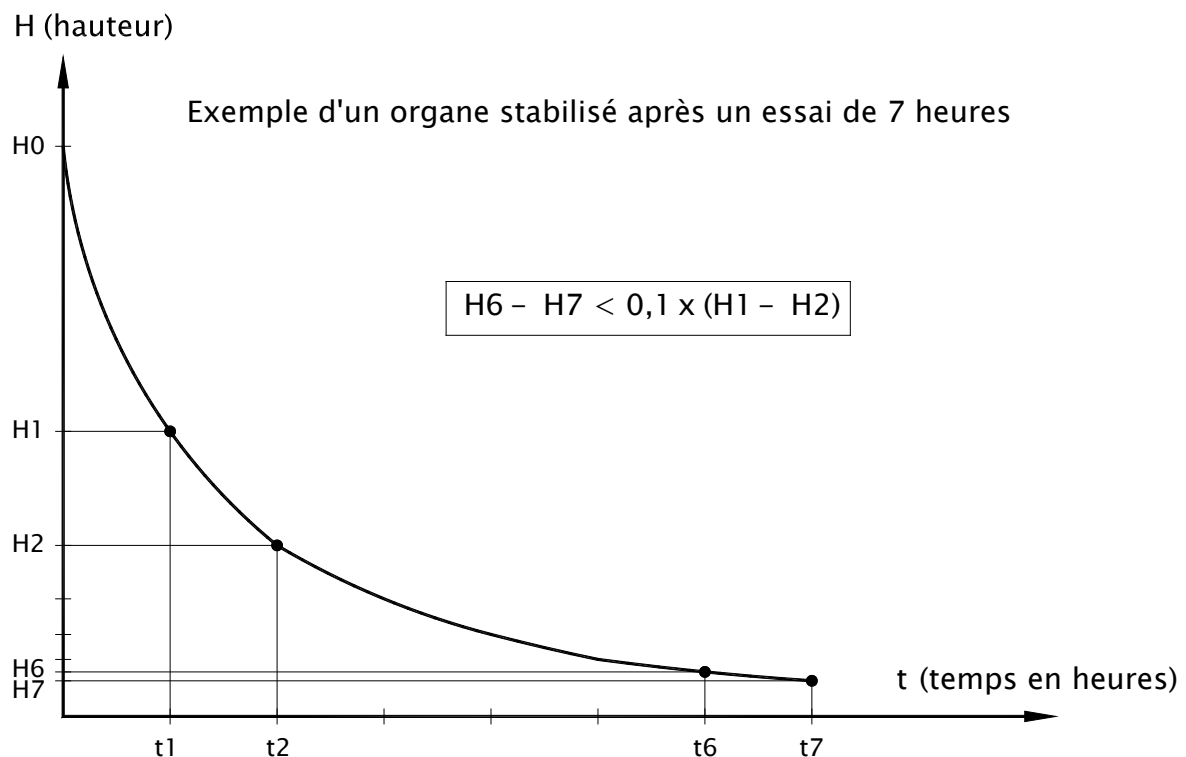
sa variation de hauteur après stabilisation ne doit pas différer de plus de 15 % de celle prévue au dessin, avec:

- F_i charge nominale statique, précisée au dessin,
 f fréquence, prise égale à 10 Hz ($\pm 0,5$).
 t temps, exprimé en secondes.

Procédure :

L'essai est réalisé à la température de $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

Lorsque la hauteur est stabilisée (variation inférieure en 1 h au dixième de celle enregistrée entre les temps $t_1 = 1$ h et $t_2 = 2$ h), la hauteur sous la charge nominale statique F_i est relevée et l'essai est interrompu. (voir figure ci-dessous).





4.3.4 RIGIDITES DES PIECES TYPES A ET B

Les rigidités des pièces élastiques sont définies par rapport à trois axes orthogonaux Ox, Oy, Oz.

A défaut de précisions au dessin ou à la notice, les axes seront pris comme suit :

- axe Ox parallèle à l'axe longitudinal du véhicule ;
- axe Oy parallèle à l'axe transversal du véhicule ;
- axe Oz parallèle à l'axe vertical du véhicule.

Les déplacements simples des pièces élastiques sont :

- translation parallèle à l'axe Ox, correspondant à la rigidité K_x ;
- translation parallèle à l'axe Oy correspondant à la rigidité K_y ;
- translation parallèle à l'axe Oz correspondant à la rigidité K_z ;
- rotation autour de l'axe Ox, correspondant à la rigidité $K_{\alpha x}$;
- rotation autour de l'axe Oy, correspondant à la rigidité $K_{\alpha y}$;
- rotation autour de l'axe Oz correspondant à la rigidité $K_{\alpha z}$;

Conventionnellement, la définition des caractéristiques de rigidité des pièces élastiques peut être établie à partir d'un ensemble de déplacements simples, correspondant à :

- des efforts uni axiaux (pièces types A et B);
- des efforts bi axiaux, une des deux forces étant alors constante en intensité et direction; dans ce cas, elle devra être précisée au dessin ou à la notice (pièces type B).

La mesure des caractéristiques sous charge bi axiale peut se faire sur un ensemble de deux pièces identiques montées en opposition suivant l'axe de la force constante.

4.3.4.1. Rigidités statiques des pièces types A et B

Les rigidités statiques sont définies aux dessins ou de la notice :

- soit par les courbes efforts / déplacements correspondantes (le diagramme effort/déplacement du 6^{ème} cycle de montée en charge qui sert de référence)
- soit par le rapport d'une variation d'effort à la variation de déplacement correspondante.

Dans ce dernier cas, les rigidités statiques sont mesurées au cours d'applications à vitesse constante de cycle chargement déchargement entre deux valeurs $F_a = 0$ et F_b (ou $M_a = 0$ et M_b) définies aux dessins ou à la notice. Le diagramme effort - déplacement du 6^{ème} cycle est enregistré et la partie correspondant à la charge croissante sert à la détermination de la mesure de rigidité.

Les rigidités statiques de translation sont définies par la formule :

$$K = \frac{F_2 - F_1}{L_2 - L_1}$$

avec: F_1 : force nécessaire pour obtenir un déplacement L_1

F_2 : force nécessaire pour obtenir un déplacement L_2

et : $F_a < F_1 < F_2 < F_b$

Les valeurs F_1 , F_2 et F_b doivent être précisées aux dessins ou dans la notice.

Les rigidités statiques de rotation sont définies par la formule :

$$K = \frac{M_2 - M_1}{w_2 - w_1}$$

avec : M_1 : couple nécessaire pour obtenir une rotation w_1

M_2 : couple nécessaire pour obtenir une rotation w_2

et: $M_a < M_1 < M_2 < M_b$



Les valeurs M_1 , M_2 et M_b doivent être précisées aux dessins ou dans la notice.

4.3.4.1.1 Rigidités statiques à l'état de présentation des pièces types A et B

Les valeurs des rigidités statiques à l'état de présentation, qui définissent les pièces, sont fixées aux dessins ou de la notice.

A défaut de précisions au dessin ou à la notice, les tolérances sont prises égales à :

- $\pm 15\%$ pour la catégorie 1 ;
- $\pm 20\%$ pour la catégorie 2 ;
- $\pm 30\%$ pour la catégorie 3 ;

Dans le cas d'une rigidité définie par une courbe d'effort / déplacement, les courbes enveloppes se déduisent de la courbe de définition par variation de l'effort, à déplacement constant (voir figure 1, ci-après pag. 12/25).

Procédure

La pièce subit le conditionnement décrit au pt 4.3

La vérification des rigidités statiques se fait dans tous les cas sur un enregistrement des diagrammes effort / déplacement effectué au cours du 6^{ème} cycle de sollicitations successives et sur la partie de la courbe correspondant à la charge croissante.

Elle est réalisée à la température de $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

4.3.4.1.2. Rigidités statiques après fluage statique des pièces types B.

Les rigidités statiques sont mesurées aussitôt après l'essai de fluage statique défini au paragraphe 4.3.2.

A défaut de précision au dessin, la variation de rigidité statique par rapport à l'état de présentation ne doit pas être supérieure à 15 %.

Dans le cas de rigidité définie par une courbe effort / déplacement, les courbes limites de variation se déduisent de la courbe enregistrée, à l'état de présentation, par variation de l'effort à déplacement constant (voir figure 2, ci-après pag. 13/25).

Procédure

Après l'essai de fluage statique défini au paragraphe 4.3.2, l'effort est porté à la charge F_b (ou M_b) puis redescendu à la charge F_a (ou M_a) = 0 ; la mesure se fait sur l'enregistrement du diagramme effort / déplacement lors de la 6ème remontée à la charge F_b (ou M_b).

L'essai est réalisé à la température de $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.



4.3.4.1.3 Rigidités statiques après sollicitation dynamique des pièces types A et B.

La rigidité statique est relevée, après une sollicitation dynamique de 10^6 cycles sous un effort (ou couple) ondulé F (ou M), tel que :

$$F \text{ (ou M)} = A + B \sin 2 \pi f.t,$$

avec: - A et B constantes précisées au dessin,
- f : fréquence, prise égale à 10 Hz
- t : temps, exprimé en secondes.

A défaut de précision au dessin, la rigidité statique après sollicitation dynamique ne doit pas différer de la valeur à l'état de présentation de plus de 15 %.

Dans le cas de rigidité définie par une courbe effort / déplacement, les courbes limites de variation se déduisent de la courbe enregistrée, à l'état de présentation, par variation de l'effort à déplacement constant (voir figure 2, ci-après pag.13/25).

Procédure

La pièce est soumise pendant 10^6 cycles à la charge ondulée définie au paragraphe ci-dessus.

Pièces type A :

Après libération et repos de 24 h à $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $50\% \pm 5\%$ d'humidité relative, la courbe effort / déplacement est enregistrée au 6ème cycle de sollicitations à la température de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, dans les conditions définies au paragraphe 4.3.4.1.1 (conditionnement excepté).

Pièces type B :

A l'issue de cette sollicitation dynamique, la pièce est maintenue sous la charge F_i pendant 24 h, à la température de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $50\% \pm 5\%$ d'humidité relative. L'effort est ensuite porté à la charge F_b (ou M_b) puis redescendu à F_a (ou M_a) = O; la mesure se fait sur l'enregistrement du diagramme effort / déplacement lors de la 6ème remontée à la charge F_b (ou M_b).

4.3.4.1.4 Rigidités statiques après vieillissement thermique

A défaut de précision au dessin, la rigidité statique, après vieillissement thermique de 14 jours à la température de 70°C ne doit pas différer de la valeur relevée à l'état de présentation de plus de 15 % selon le mode opératoire défini sous 4.3.4.1.1.

Dans le cas de rigidité définie par une courbe effort / déplacement, les courbes limites de variation se déduisent de la courbe enregistrée à l'état de présentation par variation de l'effort à déplacement constant (voir figure 2, ci-après pag. 13/25).

Procédure

Les pièces sur lesquelles on a mesuré la rigidité statique à l'état de présentation sont soumises à un vieillissement thermique de 14 jours à 70°C , conformément aux conditions définies à la norme ISO 188.

A l'issue de ce traitement, elles sont laissées sans contrainte pendant 24 h à la température de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $50\% \pm 5\%$ d'humidité relative.

Il est procédé ensuite à la vérification des rigidités conformément aux conditions définies au paragraphe 4.3.4.1.1.

4.3.4.2. Rigidités dynamiques des pièces types A et B

Les rigidités dynamiques sont mesurées lors de l'application d'un effort (ou couple) ondulé de la forme :

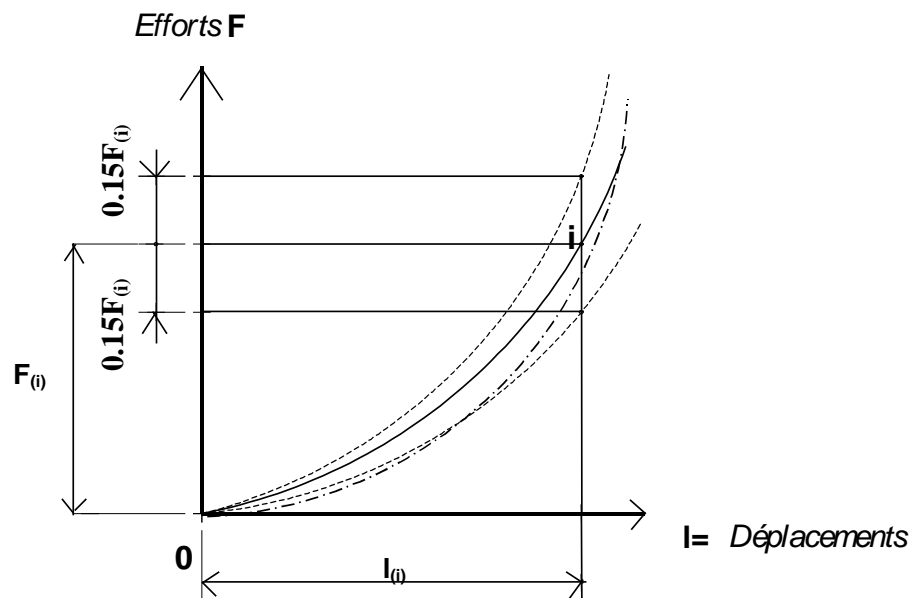
$$F \text{ (ou } M) = C + D \sin 2\pi f.t.$$

Les constantes C et D sont précisées au dessin.

Avec :

- f : fréquence précisée au dessin ; à défaut de précision, elle sera prise égale à $(10 \pm 0,5)$ Hz,
- t : temps, exprimé en secondes.

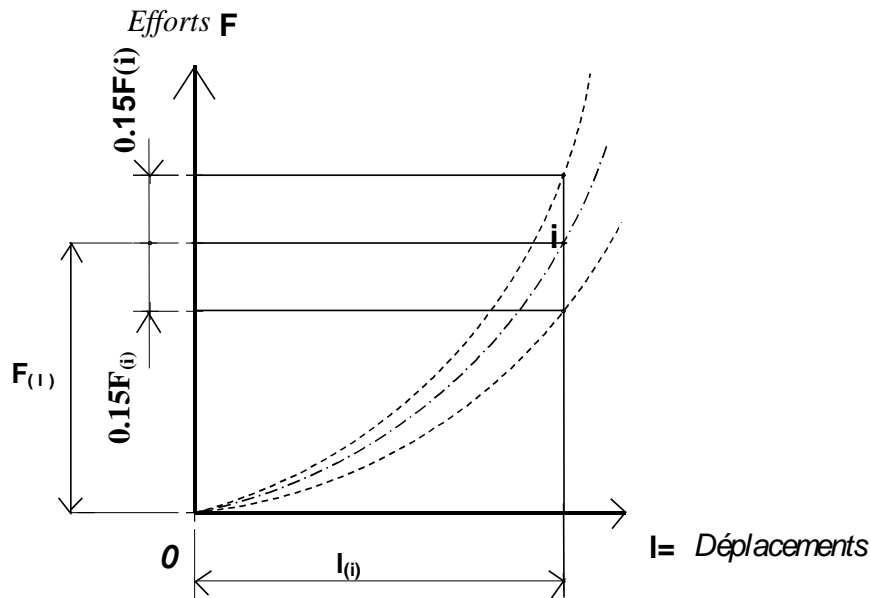
L'enregistrement de la rigidité dynamique s'effectue au 35.000ème cycle (± 2000 cycles)



Exemple de tracé des courbes enveloppes de la rigidité statique à l'état de présentation (catégorie 1)

- courbe de définition
- - - - - courbes enveloppes
- - - - - courbe de relevée

Figure 1



Exemple de tracé des courbes limites de rigidité statique, ou sollicitation dynamique, ou vieillissement thermique.

— — — — — courbe relevée de la rigidité statique à l'état de présentation (voir figure 1)
 - - - - - courbes limites.

Figure 2

Après accord du Contrôle des Fabrications des réseaux, la mesure de la rigidité dynamique peut se faire par mesure d'efforts (ou couples) correspondant à des déplacements ondulés de la forme :

$$I = E + G \sin 2 \pi f \cdot t,$$

Les constantes E et G sont précisées au dessin.

Avec :

- f : fréquence précisée au dessin ; à défaut de précision, elle sera prise égale à (10 ± 0,5) Hz,
- t : temps, exprimé en secondes.

L'enregistrement de la rigidité dynamique s'effectue au 35.000 ème cycle (± 2000 cycles)

La rigidité dynamique est définie comme étant égale au rapport de la variation d'effort (ou couple) à la variation de déplacement.

- soit $K_{dyn} = 2D / (I_{max} - I_{min})$, quand l'effort (ou couple) est ondulé
- soit $K_{dyn} = (F_{max} - F_{min}) / 2G$, quand le déplacement est ondulé



4.3.4.2.1 Rigidités dynamiques à l'état de présentation des pièces types A et B

A défaut de précision au dessin, les valeurs de rigidités dynamiques relevées à l'état de présentation ne doivent pas varier de plus de 20 % de celles indiquées au dessin.

Procédure

La mesure est réalisée à la température de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ conformément aux conditions du paragraphe 4.3.4.2, sur l'enregistrement du paramètre mesuré.

L'enregistrement de la rigidité dynamique s'effectue au 35.000ème cycle (± 2000 cycles)

4.3.4.2.2 Rigidités dynamiques après fluage dynamique des pièces type B

A défaut de précision au dessin, la variation de rigidité dynamique, après fluage dynamique réalisé dans les conditions définies au paragraphe 4.3.3, par rapport à la valeur relevée à l'état de présentation ne doit pas être supérieure à 20%.

Procédure

Les rigidités dynamiques sont mesurées à l'issue de l'essai de fluage dynamique sans interruption de cycles.

4.3.4.2.3 Rigidités dynamiques après sollicitations dynamiques des pièces A et B

A défaut de précision au dessin, les valeurs de rigidités dynamiques, après sollicitation dynamique de 10^6 cycles sous l'effort (ou le couple) ondulé, prévu au paragraphe 4.3.4.2, ne doivent pas différer de plus de 20 % de celles obtenues à l'état de présentation.

Procédure

Les rigidités dynamiques sont mesurées à l'issue des sollicitations dynamiques sans interruption de cycles.

4.3.4.2.4 Rigidités dynamiques après vieillissement thermique des pièces types A et B.

A défaut de précision au dessin, la rigidité dynamique, après action de la chaleur pendant 14 jours à 70°C , ne doit pas différer de plus de 20 % de la rigidité dynamique mesurée à l'état de présentation (selon mode opératoire défini sous 4.3.4.2).

Procédure

Les pièces sur lesquelles on a mesuré la rigidité dynamique à l'état de présentation sont soumises à un vieillissement thermique de 14 jours à 70°C , conformément aux conditions définies à la norme ISO 188.

A l'issue de ce traitement, elles sont laissées sans contrainte pendant 24 h à la température de $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ et $50\% \pm 5\%$ d'humidité relative.

Les rigidités dynamiques sont ensuite mesurées comme indiqué au paragraphe 4.3.4.2

4.3.5. AMORTISSEMENT DYNAMIQUE DES PIÈCES TYPES A ET B

Réservé

4.3.6. TENUE A LA FATIGUE

L'essai de fatigue consiste à répéter des séquences de sollicitations quasi-statiques et dynamiques destinées à reproduire les conditions réelles de fonctionnement de la pièce.

Les modalités de l'essai sont définies, au préalable, par la SNCB. Celles-ci sont établies cas par cas en s'inspirant du principe défini ci-après.

4.3.6.1 Procédure de base

a) définition du montage d'essais

L'essai doit s'effectuer dans un montage qui permet d'appliquer et de répartir les efforts aux emplacements où ils s'exercent en service.

b) définition du programme d'essais

Pour les nouvelles constructions, le programme d'essais est à définir par le constructeur de matériel roulant ou par le fabricant des éléments élastiques.

Pour les pièces de rechange, le fabricant définit le programme d'essais sur base des sollicitations précisées au dessin SNCB.

Ce programme doit:

- être approuvé par la SNCB,
- refléter le travail réel de la pièce en exploitation,
- consister à répéter des séquences spécifiées de forces et de mouvements, comme celles indiquées en exemples ci-dessous.

Exemples de programmes d'essais de fatigue (pour information).

1. Méthode de l'escalier.

Les sollicitations sur la pièce se composent de la somme des efforts quasi - statiques (F_q) et des efforts dynamiques (F_d) variant dans le temps, comme indiqué à titre d'exemple par le diagramme ci-après (figure 3).

Le nombre total de cycles de variations dynamiques ($N_1 + N_2 + N_3$) est égal à $10 \cdot 10^6$ ou à un nombre de cycles représentant un kilométrage imposé (figure 4).

Les valeurs de F_q et F_d , ainsi que les fréquences, sont fixées au dessin.

La fréquence de sollicitations est comprise entre 5 et 10 Hz.

A défaut de précisions au dessin, concernant a,b,c, on prend :

a = ($F_q + F_d$) ; **b** = 1,2 ($F_q + F_d$) ; **c** = 1,4 ($F_q + F_d$)

F_q et F_d correspondent à la moyenne du spectre des forces rencontrées en service.

N₁ = $6 \cdot 10^6$; **N**₂ = **N**₃ = $2 \cdot 10^6$

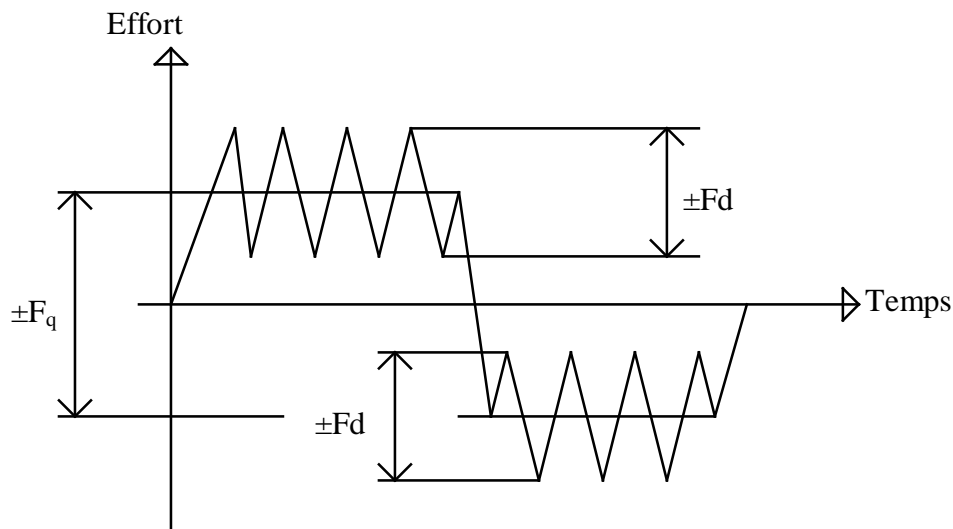


Figure 3

Sollicitations

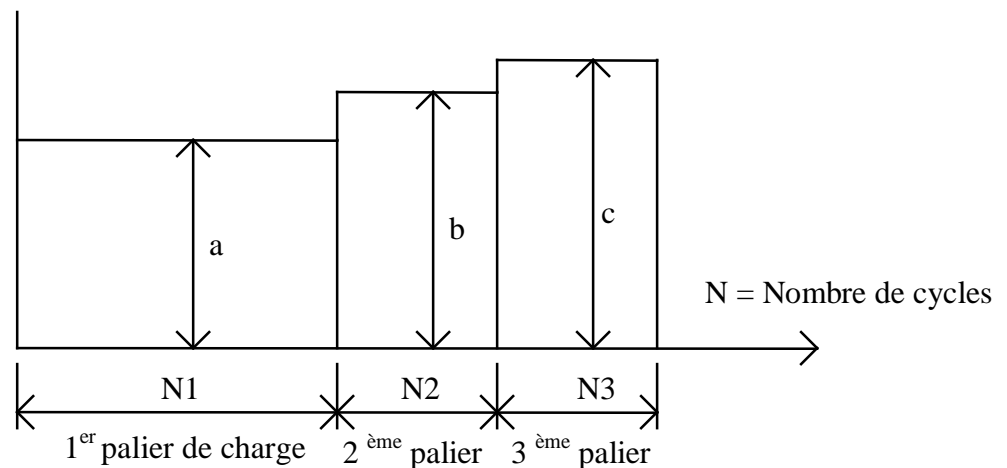


Figure 4

Les pièces doivent satisfaire aux exigences du cahier des charges établi avant l'essai.

A défaut de précisions au dessin, les vérifications s'effectuent comme suit :

- Mesure des rigidités statiques de la pièce à l'état de présentation avant essai et à la fin de chaque palier de charge. On fait de même pour les rigidités dynamiques si la mesure de l'évolution de ces dernières est imposée au plan. Les mesures avant essai et après chaque palier doivent s'effectuer lorsque la pièce atteint, suite aux sollicitations, la température de $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (refroidir la pièce par ventilation si nécessaire)



Les rigidités statiques ne doivent pas différer de la valeur relevée à l'état initial de plus de:

- 5 % à l'issue du premier palier de charge
- 10 % à l'issue du deuxième palier de charge
- 15 % à l'issue du troisième palier de charge

pour l'articulation de la boîte d'essieu et pour les sommiers élastiques de la suspension secondaire du véhicule.

Pour toutes les autres pièces, des différences de 10, 15, 20 % sont acceptées

- Expertise finale de la pièce (contrôle destructif) : lieu et étendue du déchirement du caoutchouc, état des armatures,

La composition du mélange de caoutchouc qui a servi à la confection de la pièce ayant subi avec succès cet essai doit être référencée (N° de batch) – voir point 7.

Cette référence doit apparaître sur chaque pièce dans la zone de marquage prévue au dessin.

2. Méthode des blocs programmés.

Cet essai de fatigue comprend les étapes suivantes :

2.1 - Essai en ligne.

Mesure des charges auxquelles l'organe est soumis en service.

2.2 - Distribution des charges.

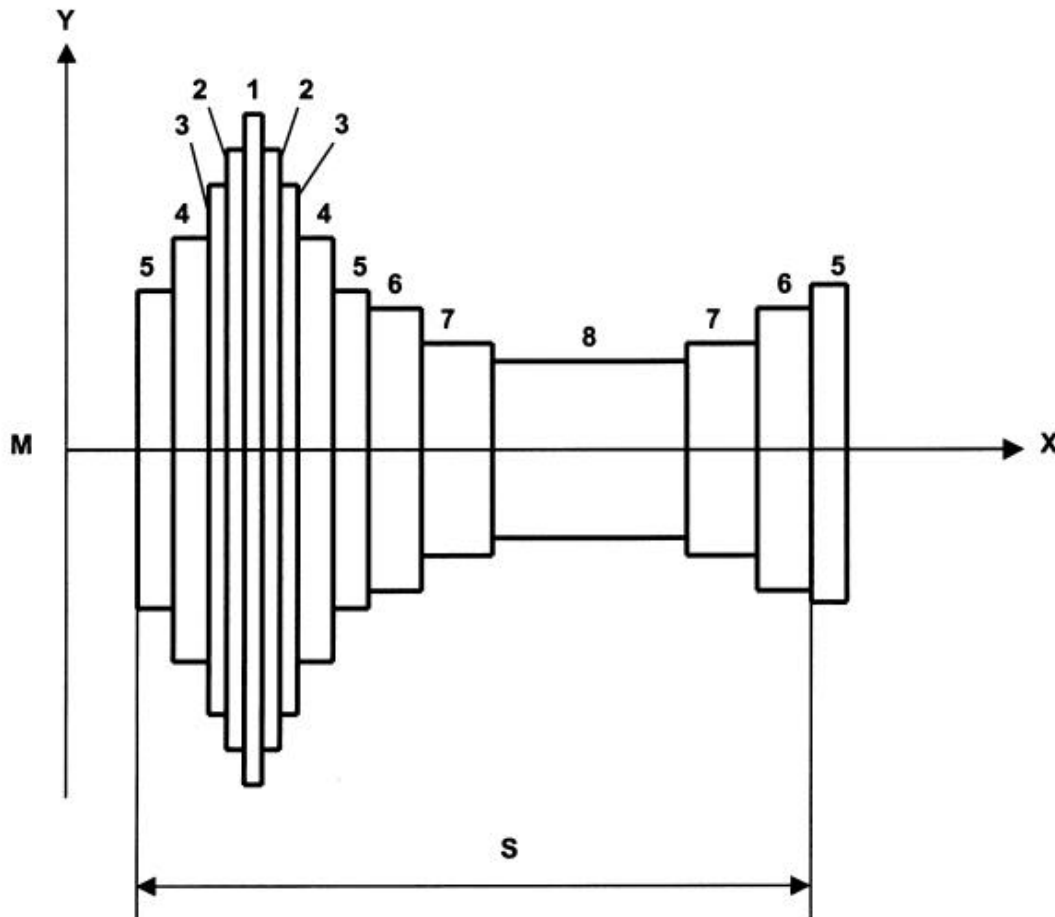
Etablissement de la distribution des charges selon la méthode de « comptage des extrêmes » entre deux passages par zéro (en général, la valeur moyenne est zéro).

2.3 Blocs.

Classification des charges en huit blocs (nombre recommandé).

2.4 Séquence.

Détermination du programme d'essais de fatigue en séquences, comme le représente la figure ci-dessous.



Légende : Y Charges
X Cycles
M Charge moyenne
S 1 séquence (8 blocs) équivaut à une certaine distance parcourue

2.5 Principe d'essai.

Chaque séquence est reproduite sur un organe soumis à essai.

Le nombre de séquences est déterminé au préalable de façon à obtenir le kilométrage souhaité. L'essai peut être poursuivi jusqu'à la destruction de l'organe pour estimer son espérance de vie. Au cours de l'essai, s'assurer que la température de surface de l'organe ne dépasse pas $28 \pm 0.5^\circ\text{C}$ (refroidir la pièce par ventilation si nécessaire). Dans le cas contraire, la valeur de la fréquence est réduite.

La variation des caractéristiques «force / déplacement » et l'état de l'organe sont enregistrés pendant l'essai de fatigue.

Les caractéristiques « force / déplacement » à observer et les critères sont définis sur le dessin ou dans la spécification technique.



2.6 Résultats.

L'organe doit satisfaire aux exigences du dessin ou dans la notice.

En l'absence d'indications sur le dessin ou dans la notice, les contrôles sont effectués comme suit :

- variation des caractéristiques « force/déplacement »

Sauf spécifications contraires, les caractéristiques « force/déplacement » ne diffèrent pas des valeurs enregistrées à l'état initial, de plus de 15 % au terme de l'essai de fatigue.

- détériorations

Évaluation finale de l'organe (essai destructif) :

Emplacement et étendue des anomalies visibles de l'élastomère, état des autres matériaux.

4.3.6.2. Procédure alternative (basée sur la norme ISO/CD 6943 (projet)).

Lors des essais de type, lorsque les valeurs (a,b,c) ou (Fq, Fd) ne sont pas connues, on procède à une évaluation de la résistance à la fatigue du matériau en prélevant, à partir de pièces finies, des éprouvettes types H2 selon ISO 37.

8 éprouvettes sont soumises à des efforts cycliques sinusoïdaux selon une fréquence de 0.5 Hz entre deux valeurs repères correspondant à 50% et 150% d'allongement par rapport à la longueur de référence initiale L_0 de 20 mm.

Chaque éprouvette subit 200 000 cycles.

L'essai est réalisé à une température de $35 \pm 2^\circ\text{C}$.

Au terme de l'essai, seules 2 éprouvettes peuvent s'être rompues.

Un essai de fatigue identique est réalisé après vieillissement de 8 éprouvettes à 70°C durant 7 jours (selon ISO 188).

Au terme de l'essai, seules 2 éprouvettes peuvent s'être rompues.

5. CONTROLES RELATIFS AUX PIECES DE SERIE

5.1. METHODE DE CONTROLE

Les pièces des catégories 1 et 2 sont soumises au contrôle des caractéristiques des essais de type chez le fabricant par la SNCB.

Le contrôle des caractéristiques des essais de série se fait sur base d'un certificat 3.1 suivant EN 10204.

5.2. NATURE DES CONTROLES

Les actions d'inspection SNCB sont basées au minimum sur

- le contrôle de la production,
- le contrôle des documents (PQ, Plan de contrôle, certificats de conformité, fiches de contrôle, essais de type et de série, procédures d'étalonnage, instructions de fabrication et de contrôle, traitement des non conformités, ...)



- la vérification de la conformité des matières utilisées,
- la vérification des caractéristiques des éléments constitutifs,
- la vérification de la conformité des pièces finies et de leurs caractéristiques,
- la vérification des essais de type (indiqués au tableau 2).

5.3. CONTROLE DES ELEMENTS CONSTITUTIFS

5.3.1 Contrôle des armatures rigides

Le service d'inspection SNCB contrôle la

- Conformité et la qualité des produits utilisés,
- Conformité des états de surfaces par rapport aux caractéristiques exigées au § 4.0.1.

5.3.2 Contrôle des mélanges de caoutchouc

Les mélanges de caoutchouc qui servent à la confection des garnitures élastiques des pièces de catégorie 1 doivent être contrôlés par le fabricant **avant** mise en oeuvre. Pour chaque batch homogène de ce mélange, il doit être établi :

- le nom/identification du mélange, à reprendre sur le certificat 3.1
- une courbe de caractéristiques de vulcanisation suivant les prescriptions de la norme NF T 43-015, à reprendre sur le certificat 3.1
- une vérification de la masse volumique sur plaques moulées de chaque mélange après vulcanisation,
- une vérification de l'homogénéité,
- une vérification d'au moins deux propriétés physiques au départ de plaques moulées (dureté, résistance en traction, module d'élasticité...).

5.3.3 Contrôle du caoutchouc des pièces

L'absence de porosités sur pièces est à vérifier visuellement sur une coupe d'une pièce du lot et à certifier sur le certificat 3.1.

Lors des actions d'inspection SNCB, ces contrôles internes seront vérifiés.



5.4. CONTROLE DES PIECES FINIES

5.4.1. Présentation

Etat des pièces à la présentation

Les pièces sont présentées à l'état de livraison.

Lotissement

Les pièces définies par un même dessin, dont l'(les) élément(s) provient(iennent) d'un ou de plusieurs batchs de caoutchouc forment un lot.

5.4.2. Prélèvement des échantillons (pièces types A et B catégories 1 et 2)

Effectif de l'échantillon établi en application norme de la ISO 2859-1 (voir tableau 1).

Niveau de qualité acceptable NQA = 2,5.

Plan d'échantillonnage double niveau II (normal) (dans tous les cas de figure).

Effectif du lot	Quantité à contrôler	Adhérisation (1)		Nombre de pièces non-conformes			NL
		30'	1'	Essais OK	Essais à recommencer	Lot rebuté	
≤ 50	5	1	4	0		1	1
51 < X ≤ 90	8	1	7	0	1	2	1
	8	1	7			2	
91 < X ≤ 150	13	2	11	0	1	2	1
	13	2	11			2	
151 < X ≤ 280	20	2	18	0	3	3	2
	20	2	18			4	
281 < X ≤ 500	32	3	29	1	4	3	2
	32	3	29			5	

Tableau 1

(1) en essai de série : nombre de pièces à tester soit à 1 min. soit à 30 min.

NL = Nombre de pièces à envoyer au laboratoire SNCB

Le fabricant doit identifier les pièces contrôlées.

La SNCB se réserve le droit de rebuter la totalité de chaque lot analysé au laboratoire SNCB si les pièces envoyées au laboratoire présentent des non-conformités.



5.5. SUIVI DE LA QUALITE

5.5.1 DOCUMENTS QUALITE

Les fabricants transmettent le plus vite possible et avant fourniture un plan qualité (PQ) à la SNCB pour approbation.

Ce PQ mis à jour doit traiter, au moins, les points suivants :

1. Revue de contrat.
2. Maîtrise des documents.
3. Communication avec le client (traitement des modifications de la commande, rebuts, traitement des plaintes, ...)
4. Achat matières premières et maîtrise de la sous-traitance.
5. Maîtrise du processus de fabrication et moyens de fabrication (instructions de fabrication et contrôles intermédiaires).
6. Maîtrise et enregistrement des contrôles et essais (plan de contrôle et d'essais, fiches de contrôle, certificats de conformité, traçabilité).
7. Maîtrise des moyens de contrôle et essais (procédure d'étalonnage).
8. Maîtrise des manutentions, stockage et conditionnement.
9. Maîtrise des non-conformités.

Le plan qualité fera référence à un plan de contrôle des produits concernés (également à approuver par la SNCB) décrivant clairement le déroulement des contrôles et essais et permettant de définir les procédures applicables ainsi que les enregistrements effectués.

Le manuel qualité ainsi que les autres documents qualité jugés utiles seront communiqués ou mis à la disposition de la SNCB.

Les documents (attestations, certificats, enregistrements,....) à fournir avec les produits seront précisés dans la commande ou lors de la première intervention qualité de la SNCB.

5.5.2. EVALUATION DU FABRICANT

L'évaluation du fabricant est réalisée selon le système qualité du service d'inspection SNCB.

5.5.3. SUIVI QUALITE DES FABRICANTS

Suivant son système qualité, le service d'inspection de la SNCB intervient chez les fabricants pour vérifier :

- que la fabrication, la qualité et les conditions rencontrées lors de l'élaboration des plans qualité sont toujours respectées;
- que les opérations effectuées par le fabricant restent conformes par rapport aux premières pièces et au plan qualité approuvé.



6. ESSAIS

6.1. PREPARATION DES PIECES EN USINE

Les pièces doivent être maintenues à la température $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant une durée minimale de 9 jours, avant d'entreprendre les vérifications et essais.

Toutefois, la vérification de l'adhésion a lieu préalablement à toute autre vérification de caractéristique, et au moins 72 h après fabrication.

Les pièces qui ont subi l'essai d'adhésion ne peuvent être l'objet de mesures qu'après une période de stabilisation d'au moins 6 jours.

**6.2. ESSAIS DE TYPE ET DE SERIE** (VOIR DESSIN)

N° essai	Nature des vérifications et essais	n° des paragraphes	Type des pièces concernées	Essais de type Catég. 1 et 2	Essais de série
1	-Composition du caoutchouc, dénomination, vulcanisation	4.0.2.1 et 5.3.2	A B	X (c)	X (a1, d)
2	-Homogénéité du mélange, homogénéité des pièces	4.0.2.3 4.0.2.4	A B	X (a1)	X (a1, d)
3	-Géométrie	4.1	A B	X (a1)	X (a1, d)
4	-Aspect, absence de porosités	4.2.1 et 5.3.3	A B	X (a1)	X (a1, d)
5	-Adhésation	4.2.2	A B	X (a1, c)	X (a1, d)
6	-Hauteur sous charge statique à l'état de présentation	4.3.1	B	X (b)	X (a1, d)
7	-Hauteur sous charge statique après fluage statique	4.3.2	B	X (b)	
8	-Hauteur sous charge statique après fluage dynamique	4.3.3	B	X (b)	
9	-Rigidités statiques à l'état de présentation à 23°C ± 2°C	4.3.4.1.1	AB	X (b)	X (a1, d)
10	-Rigidités statiques après fluage statique	4.3.4.1.2	B	X (b)	
11	-Rigidités statiques après sollicitation dynamique	4.3.4.1.3	A B	X (b)	
12	-Rigidités statiques après vieillessement thermique	4.3.4.1.4	A B	X (b)	
13	-Rigidités dynamiques à l'état de présentation	4.3.4.2.1	A B	X (b)	
14	-Rigidités dynamiques après fluage dynamique	4.3.4.2.2	B	X (b)	
15	-Rigidités dynamiques après sollicitations dynamiques	4.3.4.2.3	A B	X (b)	
16	-Rigidités dynamiques après vieillessement dynamique	4.3.4.2.4	A B	X (b)	
17	- Amortissement dynamique	4.3.5	A B	X (b)	
18	- Tenue à la fatigue :				
	- procédure de base	4.3.6.1	A B	X (b)	
	- procédure alternative	4.3.6.2	A B	X (c)	

Tableau 2

a1) par le fabricant, sur chaque batch



- b) à réaliser par le fabricant dans un laboratoire agréé (ce sous-traitant pouvant être le laboratoire SNCB)
- c) obligatoire par laboratoire SNCB
- d) les résultats de ces essais sont à mentionner sur le certificat 3.1 suivant EN 10204

Les essais de série sont réalisés systématiquement par le fabricant sur chaque lot comme défini dans le plan de contrôle et avec enregistrements. Un batch est par définition un mélange de caoutchouc fabriqué à une date précise et possédant un numéro d'identification spécifique. Si un lot de pièces est fabriqué à partir de plusieurs batchs, cette information sera mentionnée à la fiche de suivi du lot et à la fiche de contrôle. La traçabilité des pièces contrôlées doit être assurée notamment par un marquage spécifique correspondant au numéro du batch utilisé.

Les essais de type doivent être renouvelés, partiellement ou totalement :

- lors d'une modification du processus de fabrication et, en particulier, lors de la modification du mélange de caoutchouc ;
- après une interruption de fabrication de pièces identiques supérieure à 5 ans ;
- à la suite d'incidents en service ;
- en cas de changement de fabricant, ou un de ses sous-traitants, pendant une commande.

7. MARQUAGE

Nom de la firme, mois et année de la fabrication et n° de batch caoutchouc, marqués à un endroit non fonctionnel.

8. LIVRAISON

En vue de la livraison des pièces finies, les armatures métalliques doivent être protégées contre tout risque de corrosion à l'aide d'un produit sans action sur le caoutchouc ou la liaison caoutchouc - métal.

9. EMBALLAGE ET/OU CONDITIONS DE STOCKAGE

L'emballage prescrit par le fabricant pour couvrir la garantie stipulée au point 10 mentionnera "Groupe A – ISO 2230". Les pièces sont conservées dans leur emballage d'origine tout en respectant les conditions prescrites par la norme ISO 2230. Dans le cas présent, les caoutchoucs utilisés appartiennent au groupe A (période de stockage de 5 à 7 ans).

10. GARANTIE

Pour l'approvisionnement, la garantie est de deux ans après montage à condition que ce montage ait eu lieu un an maximum après la date de la fourniture, cette fourniture étant stockée selon les prescriptions du point 9.