

## Synthèse des connaissances

# Impact des systèmes de suspension des poids lourds sur la préservation des infrastructures

Les infrastructures routières sont principalement dimensionnées en fonction du trafic de poids lourds. Toute évolution des caractéristiques des poids lourds (charge limite, suspensions, etc.) doit donc prendre en compte l'impact sur leur usure. Les performances des systèmes de suspension équipant les véhicules sont déterminantes dans l'évaluation de cet impact.

La première partie de cette synthèse est consacrée à la description des éléments constitutifs du véhicule ainsi que des deux grandes familles de suspension équipant les véhicules lourds. La deuxième partie précise la réglementation française et européenne en vigueur sur cette question. Enfin, la troisième partie explique les conséquences sur les infrastructures du choix du système de suspension. L'analyse s'appuie pour l'essentiel sur les résultats de l'opération DIVINE (Dynamic Interaction between Vehicles and Infrastructure Experiment, étude menée par un groupe de travail international de l'OCDE de 1993 à 1998). Le principal résultat souligné par cette synthèse est la moindre agressivité des suspensions pneumatiques. Toutefois, les bénéfices en terme d'agressivité que permettent les suspensions pneumatiques ne sont pas indépendants de la position de l'essieu dans le véhicule, ce que démontre l'étude des facteurs d'impact des essieux.

## Sommaire

<b>1. Description du véhicule .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Suspension et réglementation .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Suspensions et impact sur les infrastructures.....</b>	<b>6</b>
<b>4. Conclusions .....</b>	<b>8</b>
<b>Remerciements.....</b>	<b>9</b>
<b>Traduction de quelques termes techniques.....</b>	<b>9</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>9</b>
<b>Annexe II de la directive 96/53/CE.....</b>	<b>10</b>

## 1.1. Description du véhicule

Un poids lourd est un système mécanique composé de plusieurs éléments (le châssis, les essieux, la suspension, la direction, une carrosserie, etc.). Il permet de transporter tous types de marchandises.

### 1.1. Le châssis

Colonne vertébrale du poids lourds, le châssis sert de support aux essieux via une articulation de type élastique. Les deux éléments métalliques joignant l'avant de l'arrière du véhicule sont appelées « longerons » tandis que les plus courts éléments, perpendiculaires aux longerons, sont appelés « traverses ».

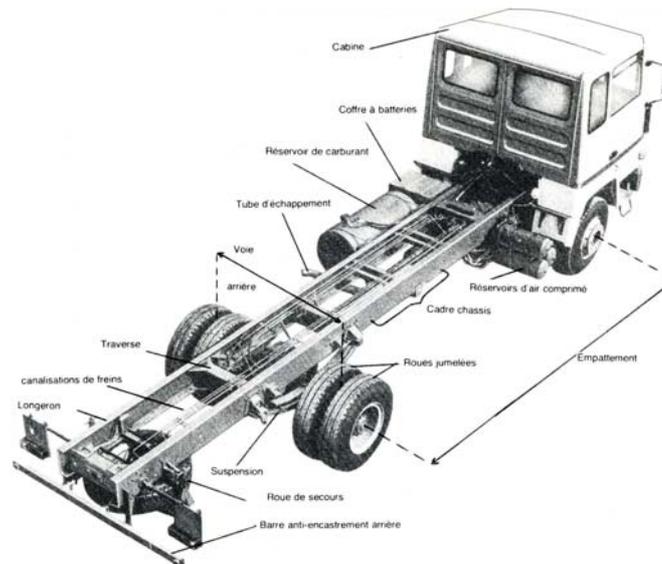


Figure 1 : éléments constitutifs d'un poids lourd - Source (3)

### 1.2. Les essieux

Selon leur disposition, les essieux sont dits simple, tandem ou tridem. Un **essieu simple** est un ensemble de roues disposées symétriquement sur un même axe transversal du véhicule. En plus d'être porteur, cet essieu peut être **directeur** (meilleure inscription du véhicule dans les trajectoires), **moteur** (transmission du couple moteur) ou les deux à la fois.

Un système de deux essieux distants de 1,3 à 1,8 m s'appelle un **tandem**. Si les deux essieux du tandem sont moteurs, on parle alors de tandem moteur.

Enfin, un ensemble de trois essieux est un **tridem**. Les véhicules à moteur et les remorques comportent des essieux simples et/ou des tandems. Les semi-remorques et les remorques peuvent comporter des essieux simples, tandem ou tridem.

Si une unique roue est située à l'extrémité d'un essieu, on parle de **monte pneumatique simple**. Si les roues sont au nombre de deux à l'extrémité d'un essieu, on dit qu'il s'agit d'une **monte jumelée**.

Enfin, les essieux peuvent être indépendants ou rigides. Sur les **essieux rigides**, les roues sont montées aux deux extrémités d'un arbre (rigide) de sorte que les mouvements d'une roue sont transmis à l'autre roue. Si les suspensions autorisent un mouvement indépendant des roues, c'est-à-dire sans affecter la roue opposée, on parle d'**essieux indépendants**.

### 1.3. La suspension

Les suspensions assurent la liaison élastique entre le châssis et les essieux. Elles permettent d'atténuer les accélérations verticales dues aux variations de profil de la chaussée, contribuant ainsi à l'amélioration du confort et à une meilleure tenue de route. Il existe deux principaux types de suspension : les suspensions mécaniques et les suspensions pneumatiques. De manière schématique, les suspensions peuvent être modélisées comme un couple ressort/amortisseur.

### 1.3.1 - Les suspensions mécaniques

Il existe plusieurs types de suspensions mécaniques (avec ressorts hélicoïdaux, à lames, à barre de torsion, etc.). Mais ce sont principalement les suspensions munies de ressort à lames qui sont utilisées dans les véhicules lourds.

Les suspensions à ressort à lames tirent leur nom de leurs ressorts qui sont constitués d'une superposition de plusieurs lames d'acier traité, préalablement formées, de longueur de plus en plus faible et disposées selon la forme d'une pyramide inversée.

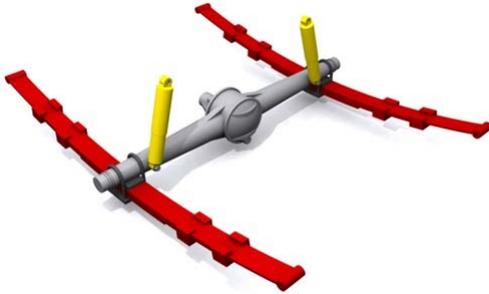


Figure 3 : schéma du système de lames - Source (3)

La lame maîtresse est la lame accrochée au châssis, s'enroulant à l'avant autour d'un axe. A l'arrière, plusieurs dispositions sont envisageables (enroulement autour d'un axe ou appui/glisement sur un patin). La roue est bridée au centre des lames, au niveau du point d'appui d'essieu sur le schéma précédent. La lame peut se déformer en glissant sur le patin.

La caractéristique essentielle des ressorts à lames est leur raideur, c'est-à-dire la relation entre la force requise pour provoquer une flèche donnée et l'amplitude de cette flèche ou déflexion de lame.

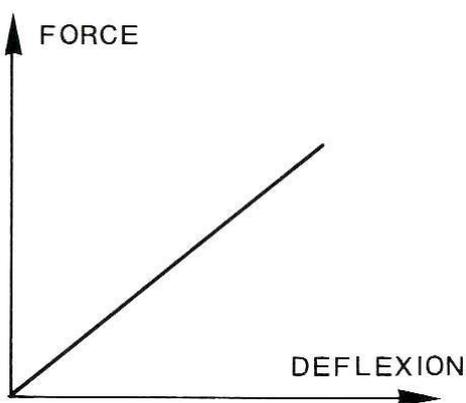


Figure 6 : lames à raideur constante - Source (3)

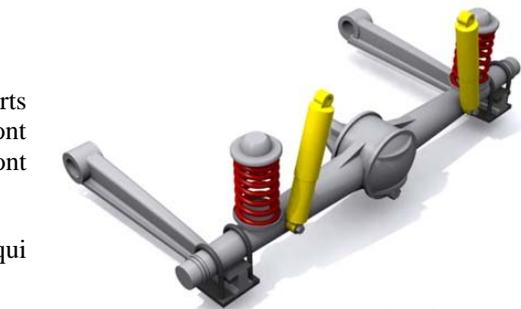


Figure 2 : suspension à ressort hélicoïdal - Source (5)

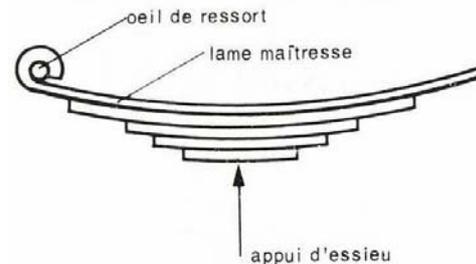


Figure 4 : suspension à ressort à lames - Source (5)



Figure 5 : ressort à lames - Photo M. Bereni

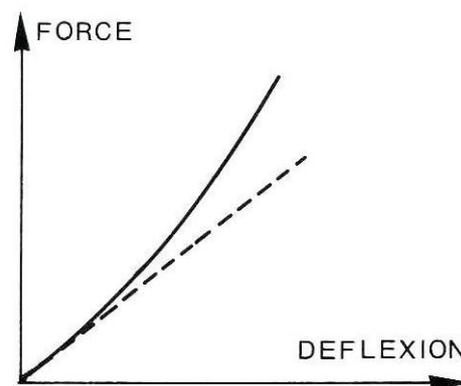


Figure 7 : lames à raideur variable - Source (3)

$m_s$  étant la masse du système {essieu, roue} sur les schémas suivants, le modèle de suspension peut être modélisé de manière simplifiée sous la forme d'un solide de masse  $m_s$  placé entre deux couples {ressort, amortisseur}, le pneumatique et l'air qu'il contient formant l'un de ces deux couples.

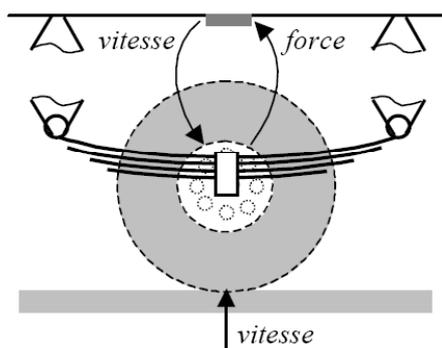


Figure 8 : modèle de suspension à ressort à lames - Source (1)

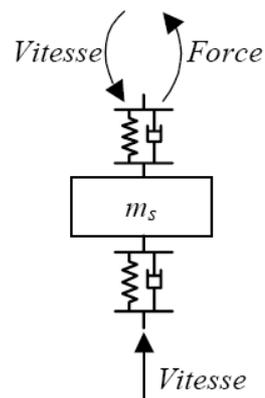


Figure 9 : modèle simplifié de suspension à ressort à lames - Source (1)

### 1.3.2 - Les suspensions pneumatiques

Les « ressorts » à lames décrits auparavant peuvent être remplacés par des soufflets remplis d'un fluide compressible (ce fluide est en général l'air pour les poids lourds). Ces soufflets d'air peuvent travailler à volume constant et à masse d'air variable (en régime permanent, injection d'air dans les soufflets par un compresseur) ou à masse d'air constante et volume variable (état d'excitation ponctuelle). Quel que soit le mode de fonctionnement, les suspensions pneumatiques permettent le maintien d'une hauteur constante, indépendante de la charge statique.



Figure 10 : exemple de suspension pneumatique - Crédits Sétra

Le système de suspension pneumatique d'un poids lourd se compose fondamentalement de deux bras par essieu. L'une des extrémités de chaque bras est articulée avec le châssis par une liaison mécanique qui permet la rotation, tandis que l'amortisseur et le soufflet d'air reliant l'extrémité libre du bras au châssis du véhicule assurent la suspension pneumatique.

Le soufflet d'air et l'amortisseur jouent le même rôle qu'un couple {ressort, amortisseur}. Ils sont modélisés comme un piston à section constante et un élément linéaire à coefficient d'amortissement constant.

La modélisation d'une suspension pneumatique et sa simplification sont décrites dans le schéma suivant.

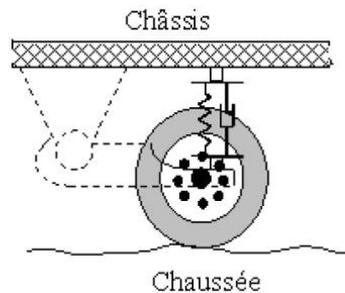


Figure 11 : modèle de suspension pneumatique - Source (1)

Sur les divers essieux des véhicules lourds, les suspensions pneumatiques se sont progressivement généralisées. L'essieu directeur des tracteurs est le seul qui soit encore équipé en suspension mécanique sur de nombreux véhicules.

Contacté à ce sujet, le Service de l'Observation Et des Statistiques (service du Commissariat Général au Développement Durable) a confirmé ne pas posséder de données sur les suspensions des véhicules lourds. Cette information ne figurant pas sur la carte grise des véhicules, on ne connaît pas les parts des véhicules équipés de suspensions pneumatiques et mécaniques.

## 1.4. Les amortisseurs

Les amortisseurs ont pour rôle d'atténuer les sollicitations provoquées par les accélérations dues au comportement dynamique du véhicule (accélération et freinage) et les irrégularités de la route pour en limiter les effets et améliorer le confort.

Les amortisseurs peuvent utiliser des effets de frottement solides (solide frottant contre un autre solide) ou hydrauliques (laminage d'un fluide dans un autre orifice).

Le système d'amortissement à partir de frottements solides est peu coûteux mais manque de souplesse dans ses réglages et présente l'inconvénient de comporter des pièces d'usure impliquant une maintenance régulière. Au contraire, les amortisseurs hydrauliques permettent des réglages plus précis. Ce système s'appuie sur les pertes de charge d'une huile circulant dans une enceinte close, tel que décrit sur le schéma suivant.

L'huile est contenue dans un cylindre relié au châssis par son extrémité supérieure. L'amortisseur est relié à l'essieu par son extrémité inférieure. Le piston, en se déplaçant met en mouvement un fluide incompressible sous pression (huile) au travers de clapets amortisseurs. L'huile passant d'un côté à l'autre du piston avec plus ou moins de facilité freine les mouvements.

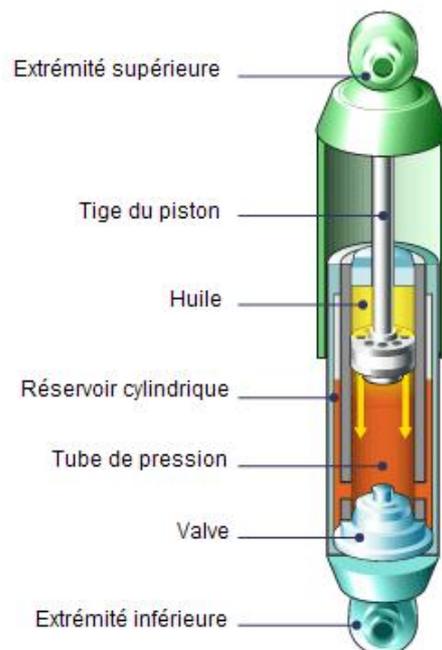


Figure 12 : schéma d'un piston hydraulique

## 2. Suspension et réglementation

La directive européenne 96/53/EC du Conseil fixant pour certains véhicules routiers circulant dans la Communauté, les dimensions maximales autorisées en trafic national et international et les poids maximaux autorisés en trafic international, tient compte du type de suspension équipant les véhicules. La directive précise que les véhicules dont les caractéristiques sont conformes aux valeurs limites spécifiées en annexe I peuvent circuler dans tous les États membres, en trafic national et international. Plus précisément, l'annexe I fournit les valeurs précédentes pour les différentes configurations de véhicules (silhouette, nombre d'essieux, distance entre les essieux, etc.) et indique la valeur de la tolérance « additionnelle » sur le poids total du véhicule ou le poids d'un groupe d'essieux, dès lors que certaines conditions sont respectées. Ainsi, les États membres ne peuvent empêcher la circulation sur leur territoire, en trafic national ou international, de véhicules moteurs à 3 essieux dont le poids total est égal à 25t. Il est cependant précisé en annexe I que ce seuil est relevé à 26 t lorsque :

« l'essieu moteur est équipé de doubles pneus et de suspensions pneumatiques ou reconnues équivalentes sur le plan communautaire, selon la définition de l'annexe II, ou lorsque chaque essieu moteur est équipé de doubles pneus et que le poids maximal de chaque essieu n'excède pas 9,5 tonnes ».

Dès lors, il est utile de lire dans l'annexe II de la même directive la définition de la notion de suspension pneumatique. L'annexe II donne la définition suivante : « un système de suspension est dit pneumatique lorsque l'effet de ressort est assuré à au moins 75 % par un dispositif pneumatique ». Les données techniques contenues dans l'annexe II sont reproduites en annexe du présent document.

En ce qui concerne la réglementation française, la partie réglementaire du code de la Route (art R 312-1 à 312-9) précise les poids maximum autorisés des véhicules et ensembles de véhicules. Il n'est toutefois pas fait de distinction entre véhicules équipés de suspensions pneumatiques ou mécaniques. Les tolérances données dans la directive européenne semblent avoir été intégrées par défaut en droit français. Ainsi, reprenant l'exemple utilisé auparavant, l'article R 312-4 du code de la route stipule que :

« Le poids total autorisé en charge d'un véhicule ne doit pas dépasser les limites suivantes : [...] 26 tonnes pour un véhicule à moteur à trois essieux, ou véhicule remorqué à trois essieux ou plus ».

### 3. Suspensions et impact sur les infrastructures

La préservation des infrastructures est un enjeu majeur des politiques des transports, généralement justifiée par la valeur du patrimoine routier. A titre d'exemple, la valeur des actifs d'un réseau routier représente en moyenne de une et demie à trois fois le PNB annuel dans les pays de l'OCDE. C'est pourquoi les dépenses d'entretien et de remise en état représentent une part importante des crédits budgétaires annuels alloués aux réseaux routiers dans ces pays.

Les constructeurs améliorant les performances des véhicules depuis plusieurs décennies, notamment sur les techniques de suspension, les détériorations subies par les chaussées suite au passage d'un poids lourd se sont atténuées. L'intervention du politique dans le champ technique a contribué à cette amélioration. Ainsi l'Europe a-t-elle adopté des mesures préférentielles concernant le poids maximum autorisé des véhicules équipés de suspensions pneumatiques ou équivalentes ; ces dernières étant supposées causer moins de dommages aux routes. Les avantages scientifiques et techniques de ces suspensions n'étaient pas clairement démontrés jusqu'à la réalisation d'expériences poussées à ce sujet dans le cadre du Programme de recherche de l'OCDE sur les transports routiers et les liaisons intermodales.

#### 3.1. Le projet DIVINE

Le projet DIVINE (Dynamic Interaction between Vehicles and Infrastructure Experiment) a permis la collaboration au sein d'un projet de recherche international d'experts de 17 pays, occupant des positions très diverses dans leurs pays respectifs (secteurs public/privé, spécialistes des véhicules/ chaussées/ ouvrages d'art, gestionnaires de réseaux routiers, etc.). La gestion du budget a été opérée par l'OCDE. Le lancement du projet a eu lieu en 1993. Les principaux résultats ont été présentés au cours de plusieurs conférences dès 1997 et un rapport final a été publié au cours du mois d'octobre 1998.

#### 3.2 Résultats scientifiques

##### 3.2.1 - Charges dynamiques et impact sur les infrastructures

Les expériences menées dans le cadre du projet DIVINE ont montré que les contraintes horizontales mesurées à la base de la couche bitumineuse des chaussées routières étaient presque directement proportionnelles aux forces générées par les pneumatiques sur la surface de la chaussée. Il existerait ainsi une relation entre le dommage subi par les chaussées et l'intensité et la nature du trafic empruntant cette chaussée.

Dans des conditions de circulation habituelles, le passage des véhicules se traduit par des concentrations spatiales de charges dynamiques sur la chaussée tous les 8-10 mètres environ. Il a été observé que l'intensité de la concentration spatiale des charges était deux fois moins importante lorsque les véhicules sont équipés en suspensions pneumatiques plutôt qu'en suspensions mécaniques. Ces résultats dépendent cependant de nombreux paramètres (profil en long de la route, combinaison de différents types de suspension sur un même véhicule, empatement des véhicules et leur vitesse, etc.).

### 3.2.2 - Impact du type de suspension sur la charge dynamique

Le facteur d'impact est utilisé pour comparer les effets du passage des essieux dans différentes configurations. Ce facteur d'impact pour un essieu  $i$  est défini comme :

$$F_i = \frac{N_i}{P_i} \quad \text{où :}$$

- $N_i$  est la force dynamique mesurée au niveau de la chaussée lors du passage de l'essieu  $i$
- $P_i$  est le poids statique de l'essieu  $i$

De même, le facteur d'impact d'un véhicule est défini comme suit :

$$F_{veh} = \frac{\sum_i N_i}{\sum_i P_i} \quad \text{où :}$$

- $N_i$  est la force dynamique mesurée au niveau de la chaussée lors du passage de l'essieu  $i$
- $P_i$  est le poids statique de l'essieu  $i$

Selon le rapport DIVINE, sur des routes quasi-planes, il a été mesuré que le facteur d'impact d'un essieu tandem d'une semi-remorque équipée de suspensions mécaniques était approximativement égal à 1,3 tandis que le même tandem équipé de suspensions pneumatiques avait un facteur d'impact compris entre 1,1 et 1,15. A l'opposé, le facteur d'impact d'un essieu simple situé sur un porteur ou un tracteur ne varie que faiblement lorsque le type de suspension change. Sur les routes moins planes (nombreuses aspérités), le même tandem équipé de suspension mécaniques possède un facteur d'impact compris entre 1,4 et 1,5 alors que ce tandem équipé de suspensions pneumatiques possède un facteur d'impact égal à 1,2.

### 3.2.3 - Usure des chaussées

En ce qui concerne l'usure des chaussées, les résultats des expériences menées pour DIVINE ont montré que les chaussées s'usent plus rapidement lors du passage de véhicules équipés de suspensions mécaniques que lors du passage de véhicules équipés de suspensions pneumatiques, à charges transportées égales. Par ailleurs, les expériences ont aussi montré que les suspensions mécaniques avaient des conséquences plus fortes en termes d'orniérage et de fissuration. L'usure des chaussées subissant un trafic de véhicules équipés de suspensions mécaniques serait donc au moins 15 % plus importante que celle résultant d'un trafic de véhicules équipés de suspensions pneumatiques.

### 3.2.4 - Dynamique du véhicule et impact sur les ponts

Les tests menés pour simuler l'impact sur les ponts ont montré que les profils en long des ponts et des voies d'accès qui y mènent jouent un rôle essentiel dans le comportement des véhicules et en retour dans la réponse dynamique du pont aux sollicitations du trafic. Dans le cas de profils peu accidentés, l'influence de la suspension des poids lourds reste faible, mais elle s'accroît dès que profil montre quelques irrégularités. Pour les ponts à moyenne et longue portée (20-70 m), avec des profils qualifiés de lisse ou régulier, les réponses dynamiques sont faibles autant pour les véhicules équipés de suspensions mécaniques que les autres. Pour des ponts aux profils moins réguliers, d'importantes réponses dynamiques sont observés au passage des véhicules, quelque soit le type de suspension utilisé.

### 3.2.5 - Avantages des suspensions pneumatiques

Concernant les chaussées, le projet DIVINE a démontré que la réponse des chaussées au passage des véhicules lourds peut être diminuée grâce à un contrôle des oscillations du véhicule (oscillations à basse-fréquence du châssis du véhicule et à haute-fréquence des essieux). Les oscillations à basse fréquence ont en particulier un impact sur les chaussées qui peut prendre la forme d'une modification locale du profil en long ou de l'orniérage. Lorsque les véhicules équipés de suspensions pneumatiques oscillent à basse fréquence, les amortisseurs permettent une diminution plus importante de la charge dynamique, par rapport aux mêmes véhicules équipés de suspensions mécaniques, et donc une usure moindre des chaussées. Pour les oscillations à haute fréquence, les mesures réalisées dans le cadre de l'opération DIVINE ne permettent pas de conclure sur l'usure des chaussées.

Concernant maintenant les ponts, des cas particuliers peuvent se révéler très défavorables à la préservation de ces ouvrages, en particulier lorsque les essieux oscillent à haute-fréquence sur des ponts à courte portée. Dans certaines conditions, les véhicules, quelles que soient leurs suspensions, peuvent entrer en résonance avec les oscillations du pont.

### 3.2.6 - Test des suspensions

Les systèmes de suspension les moins agressifs vis-à-vis de la chaussée ont les caractéristiques suivantes :

- ressorts à faible raideur ;
- faible coefficient de frottement de Coulomb ;
- amortissement visqueux non-négligeable.

Ces caractéristiques se rencontrent généralement dans les véhicules équipés de suspensions pneumatiques bien conçues et bien entretenues et il est très peu probable que ces conditions soient réalisées par des systèmes équipés de suspension mécanique. Par ailleurs, l'égalisation des performances des suspensions est essentielle pour les groupes d'essieux (tandem ou tridem).

Il a été vérifié que les exigences de la Commission Européenne ( a. fréquence maximale de la masse suspendue sur l'essieu moteur ou l'essieu couplé lors d'une oscillation verticale libre et passagère inférieure à 2 Hz et b. facteur d'amortissement moyen supérieur à 20 % de l'amortissement critique pour une suspension équipée d'amortisseurs hydrauliques) permettaient de différencier les véhicules équipés de suspensions pneumatiques des autres véhicules.

Le projet DIVINE a également proposé une méthode de test des suspensions qui pourrait être plus précise et plus pertinente que celle proposée dans l'annexe II de la directive 96/53/EC. Cependant, DIVINE propose de conserver la méthode de la Directive en lui appliquant des exigences plus strictes afin d'identifier les configurations les moins agressives ; ces critères seraient : une fréquence inférieure à 1,5 Hz et un facteur d'amortissement moyen supérieur à 20 %.

DIVINE a confirmé le besoin de considérer le système {pont, chaussée, masse du véhicule, sa silhouette, sa vitesse et sa suspension} pour comprendre la réponse dynamique des ponts au passage des véhicules lourds. Dans le contexte actuel, la préservation des ouvrages existants est primordiale. A ce titre, l'usage des suspensions les moins agressives est largement souhaitable.

## 4. Conclusions

De nombreux systèmes de suspension peuvent munir les véhicules lourds. Leurs effets sur les infrastructures routières semblent tout aussi multiples, ce que semblent confirmer les résultats d'une étude menée par un groupe de travail de l'OCDE. Les résultats de cette étude intitulée DIVINE ont été publiés en 1998 et cette étude demeure depuis cette date la référence sur ce sujet.

L'enjeu est de taille puisque du choix des suspensions dépend l'agressivité associée au passage des véhicules sur les chaussées comme sur les ouvrages d'art. D'après les estimations calculées dans le cadre de cette recherche, les suspensions peu agressives pour les routes sont susceptibles de prolonger la durée de vie des chaussées d'au moins 15 %; le type de revêtement étant un paramètre déterminant. Les suspensions les moins agressives étant dans l'ensemble les suspensions pneumatiques, la Commission Européenne a relevé le poids maximum autorisé pour les véhicules équipés de ces suspensions, améliorant ainsi l'efficacité du transport sans accroître l'usure des chaussées.

Alors que le facteur d'impact varie de manière significative pour un tandem ou un tridem en fonction du type de suspension utilisée, le facteur d'impact d'un essieu simple situé sur un porteur ou un tracteur ne varie que faiblement lorsque le type de suspension change.

Les résultats de l'étude tendent à prouver qu'une généralisation des suspensions pneumatiques aux essieux tandems et tridems de l'ensemble des véhicules lourds serait bénéfique à la préservation des infrastructures.

## 5. Remerciements

Le Sétra tient à remercier pour la relecture de cette synthèse et pour leurs conseils :

- M. Bouteldja (Cete de Lyon)
- B. Jacob (Lcpc)
- V. Dolcemascolo (DIRIF)

## 6. Traduction de quelques termes techniques

- Essieu moteur : drive axle
- Essieu porteur : dead axle
- Essieu directeur : steering axle
- Amortisseur : shock absorber
- Ressort hélicoïdal : coil spring
- Ressort à lames : leaf spring
- Barres de torsion : torsion bars
- Suspension pneumatique : air suspension
- Suspension mécanique (~acier) : steel suspension

## 7. Bibliographie

1. BOUTELDJA, M. (2005) *Modélisation des interactions dynamiques poids lourd/infrastructures pour la sécurité et les alertes*. Thèse présentée à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, soutenue le 22 novembre 2005.
2. Directive européenne 96/53/EC du Conseil fixant pour certains véhicules routiers circulant dans la Communauté, les dimensions maximales autorisées en trafic national et international et les poids maximaux autorisés en trafic international. Consultable à l'adresse : [Hhttp://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0053:FR:HTML](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31996L0053:FR:HTML). Visité le 1<sup>er</sup> septembre 2008.
3. INRETS (septembre 1980). *Le poids lourd, conception et fonctionnement*. Note d'information n°18.
4. LEVINS, C et OCKWELL, A. (Direction de la science, de la technologie et de l'industrie). Article non daté de l'observateur de l'OCDE. Poids lourds: la technologie au secours des routes. Consultable à l'adresse : [http://www.observateurocde.org/news/fullstory.php/aid/216/Poids\\_lourds:\\_la\\_technologie\\_au\\_secours\\_des\\_routes.html](http://www.observateurocde.org/news/fullstory.php/aid/216/Poids_lourds:_la_technologie_au_secours_des_routes.html). Visité le 1<sup>er</sup> septembre 2008.
5. LONGHURST, C. Site internet <http://www.carbibles.com>. Visité le 1<sup>er</sup> septembre 2008.
6. OECD (octobre 1998). *Dynamic interaction between vehicles and infrastructure experiment (DIVINE). Technical report*.

## ANNEXE II

## 8. Annexe II de la directive 96/53/CE

### CONDITIONS RELATIVES À L'ÉQUIVALENCE ENTRE CERTAINES SUSPENSIONS NON PNEUMATIQUES ET LES SUSPENSIONS PNEUMATIQUES POUR L'ESSIEU MOTEUR OU LES ESSIEUX MOTEURS DU VÉHICULE

#### 1. DÉFINITION DE LA NOTION DE SUSPENSION PNEUMATIQUE

Un système de suspension est dit pneumatique lorsque l'effet de ressort est assuré à au moins 75 % par un dispositif pneumatique.

#### 2. ÉQUIVALENCE

Pour être reconnue équivalente à une suspension pneumatique, une suspension doit répondre aux critères suivants:

- 2.1. lorsque la masse suspendue sur un essieu moteur ou un essieu couplé subit de manière passagère une oscillation verticale libre de faible fréquence, la fréquence et l'amortissement, mesurés lorsque le dispositif de suspension supporte la charge maximale, doivent se situer dans les limites définies aux points 2.2 à 2.5;
- 2.2. chaque essieu doit être équipé d'amortisseurs hydrauliques. Sur les essieux tandems, les amortisseurs hydrauliques doivent être positionnés de façon à réduire à un minimum l'oscillation des essieux couplés;
- 2.3. le facteur d'amortissement moyen D doit être supérieur à 20 % de l'amortissement critique pour une suspension équipée d'amortisseurs hydrauliques en état de fonctionnement normal;
- 2.4. le niveau maximal d'amortissement de la suspension, après dépose ou neutralisation de tous les amortisseurs hydrauliques, ne doit pas dépasser 50 % du facteur d'amortissement moyen D;
- 2.5. la fréquence maximale de la masse suspendue sur l'essieu moteur ou l'essieu couplé lors d'une oscillation verticale libre et passagère ne doit pas dépasser 2 hertz;
- 2.6. la fréquence et l'amortissement de la suspension sont définis au point 3. Les procédures d'essai pour le mesurage de la fréquence et de l'amortissement sont décrites au point 4.

#### 3. DÉFINITION DE LA FRÉQUENCE ET DE L'AMORTISSEMENT

Dans cette définition, il est supposé une masse suspendue M (kg) sur un essieu moteur ou couplé. Celui-ci présente, entre le revêtement routier et la masse suspendue, une raideur verticale totale de K newtons/mètre (N/m) et un coefficient d'amortissement total de C newtons/mètre par seconde (N/ms), Z étant égal au déplacement vertical de la masse suspendue. L'équation de mouvement de l'oscillation libre de la masse suspendue est la suivante:

$$M \frac{d^2 Z}{dt^2} + C \frac{dZ}{dt} + kZ = 0.$$

La fréquence de l'oscillation de la masse suspendue F (radian par seconde) est:

$$F = \sqrt{\frac{K}{M} - \frac{C^2}{4M^2}}.$$

L'amortissement est critique lorsque  $C = C_o$ ,

où:

$$C_o = 2\sqrt{KM}.$$

Le facteur d'amortissement en tant que fraction de l'amortissement critique est  $C/C_o$ .

Lors de l'oscillation libre et passagère de la masse suspendue, le mouvement vertical de la masse suivra une courbe sinusoïdale écrasée (figure 2).

On peut évaluer la fréquence en mesurant le temps aussi longtemps que les cycles d'oscillation sont observables. On peut évaluer l'amortissement en mesurant la hauteur des pics d'oscillation successifs qui se produisent dans la même direction. En supposant que les amplitudes des pics des premier et second cycles d'oscillation soient  $A_1$  et  $A_2$ , le facteur d'amortissement  $D$  est:

$$D = \frac{C}{C_0} = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{A_1}{A_2}$$

«ln» étant le logarithme naturel du coefficient d'amplitude.

#### 4. PROCÉDURE D'ESSAI

Pour établir expérimentalement le facteur d'amortissement  $D$ , le facteur d'amortissement après dépose des amortisseurs hydrauliques et la fréquence  $F$  de la suspension, le véhicule chargé doit:

a) descendre à faible vitesse (5 km/h + 1 km/h) une marche de 80 mm présentant le profil indiqué à la figure 1. L'oscillation passagère à analyser sur le plan de la fréquence et de l'amortissement se produit après que les roues de l'essieu moteur ont quitté la marche

ou

b) être écrasé par le châssis de manière que la charge de l'essieu moteur atteigne une fois et demie sa valeur statique maximale. Dès libération du véhicule, il convient d'analyser l'oscillation résultante

ou

c) être relevé par le châssis de manière que la masse suspendue s'élève de 80 mm de l'essieu moteur. Dès libération du véhicule, il convient d'analyser l'oscillation résultante

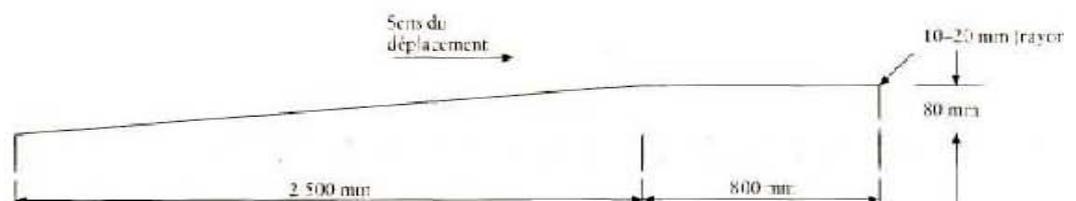
ou

d) être soumis à d'autres procédures dans la mesure où leur équivalence aura été démontrée par le constructeur à la satisfaction du service technique.

Le véhicule doit être équipé d'un transducteur de déplacement vertical monté entre l'essieu moteur et le châssis, immédiatement au-dessus de l'essieu moteur. La lecture de la trace permet, d'une part, de mesurer le temps qui s'est écoulé entre les pics de la première et de la seconde compression afin d'obtenir la fréquence  $F$  et, d'autre part, de mesurer le coefficient d'amplitude afin d'obtenir l'amortissement. Pour les essieux moteurs doubles, il convient de monter des transducteurs entre chaque essieu moteur et le châssis se trouvant immédiatement au-dessus.

Figure 1

#### Marche pour tests de suspension



---

---

## Rédacteur

Matthieu BERENI – Sétra

## Correspondant technique

Bruno MEIGNIEN – Sétra

téléphone : 33 (0)1 46 11 36 37 – télécopie : 33 (0)1 45 36 87 37

mél : [bruno.meignien@developpement-durable.gouv.fr](mailto:bruno.meignien@developpement-durable.gouv.fr)

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements  
46, avenue Aristide Briand – BP 100 – 92225 Bagneux Cedex – France  
téléphone : 33 (0)1 46 11 31 31 – télécopie : 33 (0)1 46 11 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :

- Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
- Intranet (Réseau ministère) : <http://intra.setra.i2>

*Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.  
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.  
© 2010 Sétra – Référence : 1042w – ISRN : EQ-SETRA--10-ED27--FR*

Le Sétra appartient  
au Réseau Scientifique  
et Technique  
du MEDDTL

