Titre IV

ACTIONS SUR LES POIDS ET DIMENSIONS

Augmentation de la largeur hors tout

Allongement de la longueur hors tout autorisée pour les attelages tracteur + semi-remorque

Adoption d'une charge élevée à l'essieu

Augmentation du poids total roulant maximum autorisé

Conclusion

Les représentants de l'Administration ne se sont pas associés à cette partie du rapport.

Ceci ne préjuge pas de la position de l'Administration à l'égard des propositions exprimées.

PREAMBULE

En premier lieu il est important de préciser ce que la Règlementation devrait fixer et ce qu'elle devrait laisser à l'initiative du transporteur. A cette fin il est tout d'abord bon de se remémorer les grands objectifs que le législateur doit chercher à atteindre, tout en sachant qu'il y a contradiction partielle entre les solutions susceptibles de les satisfaire en totalité, et que de ce fait la synthèse entre celles-ci ne peut être qu'un compromis :

- Le coût direct de transport le plus faible possible de l'unité transportée qui passe par le transport du maximum de marchandises (en tonnes, en mètres cubes ou en fardeaux) pour la consommation minimale d'énergie.

Il en découle qu'il serait intéressant, si l'on ne considère que le seul aspect énergétique du transport routier :
- en matière de maximisation de la quantité transportée, d'être suffisamment libéral pour :
  - la longueur, la largeur et la hauteur du véhicule,
  - le poids total roulant du véhicule,
  - la charge par essieu qui, en déterminant le nombre d'essieux, intervient sur le poids mort du véhicule et donc à poids total roulant donné sur sa charge utile,
- en matière de minimisation de la consommation d'énergie, d'être suffisamment libéral sur la charge par essieu qui, en déterminant le nombre d'essieux, intervient sur la résistance de roulement et la résistance aérodynamique.

- La dégradation minimale de l'infrastructure routière à l'unité transportée qui passe par la circulation du minimum de tonnes de poids total roulant pour un fret donné, c'est-à-dire par un poids mort minimum du parc et par la recherche du rapport charge dynamique/charge statique le plus bas, tout en minimisant le plus possible les effets d'arrachements en surface.

Il en découle qu'il serait intéressant d'abandonner progressivement la notion de charge statique par essieu au profit de celle de charge dynamique,et de prendre en compte le type et la pression des pneumatiques. Quant au cas des groupements d'essieux, il y aurait lieu de penser, lors de la détermination de la distance minimale entre ceux-ci autorisant à porter leur charge totale à son maximum, que leur espacement, dit-on, bénéfique sur le plan de la résistance du fond de chaussée,est néfaste pour la tenue de la couche superficielle,du fait de l'augmentation du ripage qui en résulte et accroît la résistance au roulement.

- La sécurité maximale tant des conducteurs des véhicules concernés que des autres usagers qui passe par :
- le nombre et la position des essieux qui interviennent sur la répartition du poids en charge et à vide, l'efficacité du freinage et la stabilité du véhicule lors de celui-ci;

- la largeur de la voie qui conditionne la stabilité en virage;
- la cinématique en virage qui conditionne l'inscription en courbe.

Par contre il est des caractéristiques dont la détermination apparaît paralysante pour l'évolution technologique au détriment de l'intérêt général, sans que celui-ci puisse en tirer une contrepartie positive notable; c'est par exemple le cas :
- de la longueur maximale d'une semi-remorque,
- du porte à faux avant maximal d'une semi-remorque,
- du rapport poids total/poids adhérent, etc.

Le présent rapport ne peut avoir l'ambition de traiter de l'ensemble de ce problème qui n'est pas son objectif, car compte tenu des conséquences d'une quantification précise de chacune des données précitées, il faudrait procéder à une étude approfondie de la question avant de pouvoir se prononcer sur toutes.

Le voeu de la Commission est que les règles de poids et dimensions facilitent la réalisation de deux silhouettes constituant d'excellents compromis entre les objectifs qui viennent d'être énoncés:
- le camion de 19 t de PTC à deux essieux,
- les ensembles de 45 t de PTRA à cinq essieux (1),

tout en levant deux actuels verrous dimensionnels, l'un en largeur, l'autre en longueur, qui constituent un grave handicap en matière de transport d'unités de charge normalisées sur le plan international.

Ceci étant, la Commission s'est penchée seulement sur les grandes règles à composante politique qui peuvent faire obstacle au maintien ou à la promotion de ces silhouettes.

---

(1) Les considérations de sécurité du roulage à vide et en charge pousseraient plutôt à une répartition de trois essieux sur le tracteur et deux sur la semi-remorque qu'à la répartition inverse.

AUGMENTATION DE LA LARGEUR HORS TOUT AUTORISÉE

L'intérêt énergétique d'un élargissement du véhicule pour le transport de frets volumineux est évident, et par ailleurs, du fait que cette mesure permettrait une augmentation de la voie des roues, elle améliorerait la stabilité et donc la sécurité des poids lourds.

L'accroîssement minimum demandé de 2,50 m à 2,55 m, soit 2%, peut être considéré comme présentant un intérêt très limité.

La raison de cette suggestion très précise se trouve dans les problèmes que pose le transport de palettes.

En effet, dans ce cas de plus en plus fréquent, la productivité maximale d'un matériel de transport de marchandises, aussi bien d'ailleurs, que la stabilité longitudinale de son chargement qui constitue un facteur très important de la sécurité, ne peuvent être obtenues qu'à la condition que la largeur intérieure de la carrosserie soit un multiple de la largeur des palettes chargées augmentée des jeux nécessaires à leur manutention tant à l'entrée qu'à la sortie.

Or actuellement les types de palettes normalisées ou fréquemment rencontrés en transport routier sont le 80 x 120, le 100 x 120 et le 120 x 120.

Il apparaît tout de suite qu'avec la 80 x 120 et la 120 x 120 une seule largeur théorique est satisfaisante, à savoir 2,40 m égale soit à 3 x 80, soit à 2 x 120. Quant à la 100 x 120, il n'est certes pas a priori impossible d'envisager avec elle des largeurs théoriques soit de 2,00 m, soit de 2,20 m, mais cette thèse ne résiste pas à la critique. En effet, soit le transporteur concerné prend le risque de construire des carrosseries de largeur intérieure 2,07 m (environ) ou 2,27 m (environ), mais alors son véhicule est d'une part spécialisé, d'autre part de rendement volumique définitivement réduit, soit il utilise les 2,50 m extérieurs et la stabilité de la charge est alors très difficile à assurer et il y a gâchis de volume disponible. Donc là également, seule la largeur théorique de 2,40 m peut raisonnablement être retenue.

A quelle cote pratique doivent passer les 2,40 m théoriques? Les tolérances sur la construction des palettes, les inévitables débordements des colis par rapport à celles-ci et les jeux de manutention dans le cas d'entrées et sorties par l'arrière du véhicule rendent nécessaire une largeur intérieure continue de 2,47 m, qui n'est accessible dans de bonnes conditions qu'avec une largeur extérieure de 2,55 m.

Quel est le point actuel de la situation ?

- Quelques rares transporteurs optent pour le fourgon et obtiennent

à coup de prouesses techniques 2,43 m à 2,44 m intérieurs, ce qui a pour conséquence d'une part des carrosseries chères et fragiles, d'autre part la nécessité, tant à la constitution des palettes qu'à leur chargement et à leur déchargement, d'une minutie d'horloger dont on imagine aisément les incidences sur la productivité des opérations.

• La plupart optent pour la carrosserie savoyarde équipée de ridelles rabattables ayant une longueur multiple de celle des palettes qu'il est prévu de transporter afin de pouvoir charger ces palettes par les côtés. Il en résulte :

- un mauvais rendement volumique sur le plan de l'utilisation de la longueur, car d'une part les tronçons de longueur situés derrière les poteaux sont systématiquement perdus, d'autre part si la longueur des ridelles est de l'ordre de 2,40 m (soit 2 x 1,20 m) il y a une perte de 0,40 m par pas dans le cas de palettes de 100 x 120 et si la longueur des ridelles est de l'ordre de 2,00 m (soit 2 x 100 m) il y a une perte de 0,80 m par pas dans le cas de palettes de 120 x 120 et 0,40 m par pas dans le cas de palettes de 80 x 120;

- un mauvais Cx de carrosserie résultant tant des ridelles que de la bâche, contestable dans son principe, et rarement bien tendue, ce qui empire les choses, et ceci pendant toute la vie du véhicule concerné;

- une très mauvaise stabilité longitudinale du chargement à laquelle il n'est possible de remédier qu'en interposant entre les rangs de palettes des "matelas", solution dont on imagine le coût d'investissement et de mise en place ainsi que la sujétion d'encombrement dans le cas d'un retour avec fret en vrac volumineux;

- dans le cas des semi-remorques, une augmentation de poids mort du fait qu'une carrosserie savoyarde ne peut bien évidemment en aucun cas constituer caisse poutre, avec correlativement réduction de charge utile et augmentation de consommation à la tonne transportée.

Ce sont toutes ces considérations qui conduisent à la suggestion d'accroîssement de la largeur maximale de 5 cm figurant en titre de ce chapitre qui amènerait des économies de gasole importantes sur les transports de palettes, plus faibles, tout en restant notables, sur les transports de frets volumineux non palettisés.

A ce sujet il y a lieu de préciser qu'au Canada et dans six Etats des USA la largeur maximale a été portée à 102", soit 2,59 m, et qu'il est fortement question outre Atlantique d'étendre cette norme à tous les USA à partir de 1980.

En effet c'est la préconisation en la matière d'une étude récemment effectuée conjointement par des agences fédérales américaines représentant toutes les disciplines concernées de près ou de loin par la circulation routière, à savoir Recherche scientifique, Recherche et développement en matière d'énergie, Protection de l'environnement, Promotion du commerce entre Etats, Service postal et Promotion de la sécurité des moyens de transport à moteur.

Pour permettre une productivité élevée dans le chargement et le

déchargement des palettes, il faudrait souhaiter un développement rapide de la solution de rails longitudinaux encastrés dans le plancher nécessitant le passage de deux palettes de 120 (ou trois palettes de 80) *de front au niveau des portes arrière* , et ce avec un jeu suffisant. Compte tenu de l'épaisseur des montants de portes à cet endroit, c'est *cette cote hors tout de 2,59 m qui constituerait également pour l'Europe la norme optimale.*

NOTE SUR LA LARGEUR HORS TOUT ACTUELLE DE 2,50 m

C'est un décret du 10 août 1852 relatif à la police du roulage qui a limité à 2,50 m "la longueur des essieux".

A cette époque, les voitures publiques,malles-poste et autres diligences à traction animale connurent une forte expansion numérique liée à l'avènement de l'ère industrielle en France, mais par ailleurs la concurrence naissante des chemins de fer conduisit à un accroîssement des dimensions des diligences. Les croisements sur les étroites voies routières posant alors des problèmes, il devint nécessaire de "réglementer" en limitant la "longueur des essieux" qui correspondait en fait à la "largeur hors tout" des véhicules de l'époque.

Le premier "véritable" code de la Route a été publié dans le cadre du décret du 27 mai 1921 qui dans son article 3 précise que : "Dans une section transversale , la largeur d'un véhicule, toutes saillies comprises, ne doit nulle part être supérieure à 2,50 m".

Cet article précise également que :
"l'extrémité de la fusée et le moyeu, toutes pièces accessoires comprises, ne doivent pas faire saillie sur le reste du contour extérieur du véhicule".

Ainsi la largeur "hors tout" des véhicules routiers est-elle fixée à 2,50 m depuis 124 ans. Depuis cette époque, la largeur des routes a considérablement augmenté alors que la cote de 2,50 m est restée figée.

ALLONGEMENT DE LA LONGUEUR HORS TOUT AUTORISÉE POUR LES ATTELAGES TRACTEUR + SEMI-REMORQUE

Depuis de nombreuses années il est question d'allonger de 0,50 m l'actuelle longueur maximale de 15 m de ces ensembles pour permettre le transport avec tous types de tracteurs des conteneurs ISO de longueur 40 pieds.

Certes une dérogation existe actuellement pour la traction de ce fret particulier, mais elle handicape la semi-remorque classique par rapport au conteneur ISO, et elle crée un obstacle supplémentaire aux tentatives de normalisation des semi-remorques par les constructeurs.

Par ailleurs on ne peut pas avancer comme argument militant contre cet éventuel allongement l'accroîssement des difficultés de dépassement par les autres usagers de la route qui en résulterait, car rien n'empêche le transporteur actuellement insatisfait de la longueur de plateau que lui offre la solution tracteur + semi-remorque de lui préférer la formule camion + remorque pouvant atteindre une longueur de 18 m.

On peut penser au contraire que le passage à 15,50 m amorcerait un renversement de tendance au profit de l'attelage tracteur + semi-remorque qui deviendrait très important pour le cas où l'on irait jusqu'aux 16 mètres demandés par l'IRU, car l'écart de longueur du plateau entre les deux silhouettes deviendrait alors très faible en valeur relative.

Contrairement aux apparences cette mesure irait donc dans le sens de l'accroîssement de la fluidité du trafic.

Il faudrait seulement définir une couronne minimale de braquage afin de ne pas autoriser n'importe quelles caractéristiques géométriques.

Quant à l'aspect énergétique d'une telle mesure qui nous préoccupe en premier lieu dans le présent travail, il en découlerait une économie de gasole, pour les transports en attelages maxi-code à chaque fois que la marchandise concernée permet de remplir le volume disponible, de 4% en 15,50 m et 8% en 16 m, gain obtenu sans action sur le PTR pour les frets ne le saturant pas, gain soumis à une augmentation du PTR pour les frets qui le saturent.

Pour situer l'ordre de grandeur des présentes suggestions par rapport à ce qui est envisagé outre Atlantique, il est une nouvelle fois intéressant de consulter la récente étude américaine précitée. Elle préconise une longueur maximale de semi-remorque de 13,80 m, ce qui

correspond aux USA à une longueur d'attelage de 16,30 m à 16,50 m plus ambitieuse que les propositions ci-dessus.

Par ailleurs elle demande la même longueur de 13,80 m pour les camions solos (11 m en France actuellement) et 25,60 m pour les trains routiers (18 m en France actuellement).

ADOPTION D'UNE CHARGE ÉLEVÉE A L'ESSIEU

Il faut se réjouir du maintien de la norme intérieure de 13 t malgré toutes les attaques dont elle a été l'objet, car l'étude(figurant en annexe 2) fournissant le supplément de consommation qui résulterait respectivement d'un passage à 12 t, 11 t, 10 t de la charge par essieu, nous montre que la "facture" découlant de sa remise en cause serait lourde pour notre économie nationale, et cela bien évidemment d'autant plus que l'abattement serait plus important.

Dans une telle éventualité, deux facteurs interviennent en effet pour accroître la consommation de carburant à l'unité transportée :
- d'une part une augmentation du coefficient de résistance au roulement; en effet celui-ci croît lorsqu'on déleste l'essieu;
- d'autre part un accroîssement de poids mort puisqu'on est alors contraint de multiplier le nombre d'essieux; il en résulte dans tous les cas un transport permanent de matière non indispensable et, si le véhicule est au poids total roulant maximum autorisé, il en découle en sus une diminution corrélative de la charge utile, d'où une augmentation du nombre de véhicules pour transporter un fret donné.

La conjonction de ces diverses composantes de l'augmentation de consommation conduirait dans le cas de l'adoption d'un code à 10 t par essieu à un préoccupant surcroît de consommation de l'ordre de 25%.

Dans l'hypothèse d'une volonté de promotion de l'attelage tracteur + semi-remorque 45 t à cinq essieux à longueur supérieure aux actuels 15 m, il serait cependant souhaitable d'apporter un aménagement à notre règle intérieure actuelle relative aux groupements d'essieux.

La manoeuvrabilité des ensembles gagnerait à un passage de la charge maximale sur tandem à 22, voire 23 t. Quant à la distance entre essieux consécutifs nécessaire pour atteindre ce maximum, dans sa détermination il ne faut pas oublier que lorsqu'on l'accroît au-delà du minimum technique indispensable pour que les pneumatiques ne puissent pas se toucher, on déclenche une augmentation de consommation résultant d'un accroîssement notable du ripage. Il semble que la réduction de fatigue en profondeur de la chaussée résultant d'une distance accrue entre essieux ne soit pas unanimement considéréecomme suffisamment notable pour contrebalancer les avantages résultant du maintien du ripage à une faible valeur.

A ce point de vue de la charge par essieu, il est significatif que le Parlement italien avant sa dissolution en avril 1976, en pleine crise économique due pour partie au problème énergétique, ait voté une nouvelle norme en la matière, à savoir 12 t, en accroîssement important sur la précédente.

Les deux motivations de cette décision semblent bien avoir été :
- la réduction du total des produits pétroliers importés (produits légers pour les moteurs + produits lourds pour les chaussées);
- l'abaissement du coût global des transports pour l'économie nationale, (coûtsdirects + coûtsd'infrastructures).

Le projet des USA en la matière apparaissant dans l'étude précitée est également très significatif. En effet celle-ci préconise une nouvelle ascension à partir de 1980 du poids par essieu récemment parvenu à 9 t, ascension spectaculaire de 31% qui porterait cette charge à 11,8 t.

C'est dans ce même esprit qu'il serait vivement souhaitable que les gouvernements des pays membres de la CEE adoptent rapidement, d'une part l'essieu de 13 tonnes, conformément à la demande qui leur est d'ailleurs exprimée par l'IRU, d'autre part la charge sur tandem précitée, car, leur capacité de production pétrolière étant très inférieure à leurs besoins, ils ont le plus grand intérêt à optimiser au plus vite la gestion énergétique de leurs transports routiers.

En ce qui concerne l'agressivité de cet essieu vis-à-vis des chaussées, il y a lieu de rappeler que de nombreux progrès techniques concernant tant les matériels (amélioration de la qualité des suspensions, "radialisation" des pneumatiques : cette structure a été la seule à venir à bout du phénomène de formation de "tôle ondulée" sur les pistes sahariennes) que les chaussées elles-mêmes (amélioration spectaculaire de la planéité des revêtements par le recours aux enrobés) ont apporté depuis 1946 une véritable révolution qui a pour conséquence, selon les spécialistes en la matière, une moindre agressivité d'un essieu de 13 t de 1976 qu'un essieu de 10 t d'alors.

A ce sujet, il est intéressant de citer les propositions d'un ingénieur appartenant à un important constructeur allemand de poids lourdsne traitant que d'un de ces progrès :

"Les charges dynamiques aux essieux, c'est-à-dire les variations de charges aux essieux qui déterminent en fait la sollicitation de la route, peuvent être sensiblement réduites par des moyens économiquement acceptables, comme par exemple le montage d'amortisseurs.

"Il serait donc tout à fait raisonnable que le législateur autorise des charges statiques plus élevées aux essieux tout en imposant certaines obligations correspondantes en matière de construction. C'est ainsi par exemple que la variation de la charge dynamique d'un essieu de 10 t (norme allemande) à suspension et amortissement optimaux peut être inférieure à celle d'un essieu de 8 t à suspension dure et amortissement insuffisant.

"En outre, surtout avec les essieux sans amortissement hydraulique qui sont autorisés, le genre de suspension exerce une grande influence. Par exemple, à une vitesse de 80 km/h, la charge dynamique effective d'un essieu tandem pendulaire est de 80% supérieure à celle d'essieux indépendants. Avec l'amortissement, les charges aux essieux sont ramenées

dans les deux cas aux même valeurs minimes.

"L'économie d'énergie par l'autorisation de charges statiques plus élevées aux essieux et de poids totaux admis plus élevés est donc possible sans pour autant entraîner une plus grande sollicitation des routes".

Nota : les constructeurs français et certains importateurs équipent les véhicules vendus en France (essieu de 13 t) d'amortisseurs hydrauliques, ce qui corrobore le raisonnement ci-dessus et tendrait à affirmer qu'un essieu de 13 t ainsi équipé n'est pas plus agressif qu'un essieu de 10 t à suspension dure.

Dans cette optique on pourrait d'ailleurs souhaiter la substitution progressive de la notion de charge dynamique à celle de charge statique dont le rapport peut varier d'un véhicule à un autre. La détermination de la charge dynamique pourrait s'effectuer au cours d'essais de l'ensemble suspension + pneumatique par un organisme agréé.

Il ne manquerait pas d'en découler une promotion du marché tant du pneumatique radial que des suspensions élaborées, ce qui encouragerait les industries concernées à continuer à investir dans ces produits.

Avant de conclure sur cet important sujet de la charge à l'essieu, il y a lieu d'indiquer que nombre d'auteurs spécialistes en matière de construction de chaussée affirment que, toutes choses égales par ailleurs, l'écart d'investissement entre une route conçue pour le passage d'essieux de 10 tonnes et une route conçue pour le passage d'essieux de 13 tonnes reste très limité.

AUGMENTATION DU POIDS TOTAL ROULANT MAXIMUM AUTORISÉ

Beaucoup de personnes et d'organismes considèrent de plus en plus que la PTMA de 38 t actuellement permis aux véhicules à quatre essieux sous condition d'acquittement de la taxe à l'essieu est une solution médiocre tant pour le transporteur que pour son personnel et les usagers de la route aussi bien d'ailleurs que pour la longévité de l'infrastructure.

Des études trop longues à développer ici prouvent qu'un ensemble de 45 t reposant sur cinq essieux lui serait nettement préférable sur le plan de la sécurité, de la longévité des chaussées et du prix de revient technique de roulage, dont bien entendu le coût énergétique. En effet, sur ce dernier point le gain à l'unité transportée serait de l'ordre de 4% par rapport à 38 t de PTR lorsque le fret à transporter permet la saturation de la charge utile.

Le seuil de rentabilité du passage à cinq essieux se situe aux alentours de 42 t, ce qui veut dire qu'en dessous de ce poids total le recours à cinq essieux n'est pas rentable, mais l'optimisation de cette silhouette est obtenue pour 45 t.

L'Italie en est désormais très proche puisqu'à l'occasion de la réforme mentionnée au chapitre précédent elle a passé son PTMA à 44 t.

Le projet américain auquel il a déjà été fait référence prévoit, quant à lui, 54,4 t.

Un avantage complémentaire d'un code à 45 t est qu'il débouchera pour les ensembles articulés courants sur une charge utile correspondant à une coupure de poids "ronde" de 30 t, ce qui montre par ailleurs que l'essentiel du gain de poids total se transforme en accroîssement de charge utile, conséquence particulièrement bénéfique à l'économie générale.

CONCLUSION SUR LE SUJET DES POIDS ET DIMENSIONS

Les répercussions cumulées des mesures suggérées pourraient être extrêmement positives sur le plan énergétique. Au niveau de la CEE, il est possible que s'avère nécessaire un renforcement des chaussées d'un certain nombre d'itinéraires, mais ceux-ci ne devraient représenter qu'une faible minorité compte tenu de l'atténuation des charges dynamiques résultant des progrès technologiques intervenus sur les véhicules modernes. A ce point de vue il est significatif qu'il ne semble pas être question en Italie d'investissements routiers spécifiques consécutifs aux récentes mesures précitées.

En finale, la vraie question qui se pose est, en langage très direct , la suivante : "les gouvernements concernés préfèrent-ils investir plus en produits pétroliers lourds pour constituer des chaussées résistantes sur lesquelles il sera dépensé beaucoup moins de gasole en roulage, ou bien l'inverse ?". La première solution semble mieux préparer l'avenir.

En ce qui concerne maintenant la négociation européenne, il y a lieu de rappeler que la France dispose d'un atout spécifique pour faire valoir son point de vue : du fait qu'elle représente le premier marché européen de véhicules utilitaires, une fermeté de sa part sur ses règles internes contraindrait les constructeurs étrangers à concevoir des modèles appropriés qu'ils seraient alors bien tentés de faire bénéficier des mêmes libéralités dans leur pays respectifs, aidant ainsi à la promotion de ces normes près de leurs gouvernements dans l'intérêt bien compris de toute la CEE. Une telle primauté de fait, de son point de vue, ne serait que justice car c'est bien son économie qui est le plus concernée.

ANNEXES

1. **Incidence d'une éventuelle augmentation de PTR sur la consommation de combustible**
2. **Influence de la charge par essieu sur l'économie du transport routier français (résumé)**

Annexe 1

Incidence d'une éventuelle augmentation de PTR sur la consommation de combustible

Par Yves BONNETAIN
Automobiles M. Berliet

L'activité globale d'un type de transport s'exprime en tonnes-kilomètres. C'est un travail, au sens physique. Les combustibles brûlés pour effectuer ce transport, par route dans le cas qui nous préoccupe, sont essentiellement des produits pétroliers. Pour les maxi-codes, il s'agit de gasole uniquement. Sa densité et son pouvoir calorifique étant fixés, la consommation, en litres, exprime le travail « consommé ».

Un critère de « rendement énergétique des transports routiers » peut donc s'exprimer par :

$$\eta' = \frac{\text{PTR x distance parcourue}}{\text{énergie consommée}}$$

Cependant le travail *utile* effectué est égal à charge utile x distance parcourue et non à PTR x distance parcourue qui est le travail global effectué.

On considérera donc plutôt :

$$\boxed{\eta = \frac{\text{charge utile x distance parcourue}}{\text{énergie consommée}}}$$

or, $\dfrac{\text{énergie consommée}}{\text{distance parcourue}}$ = consommation, par ex. en l/100 km

si CU est la charge utile,
Q la consommation en l/100 km,
on a, à un cœfficient de dimensions près :

$$\eta = \frac{CU}{Q}$$

Pour un réseau donné (routier, autoroutier et urbain), pour un parc de véhicules et un ensemble donné de chauffeurs, la consommation n'est fonction que du PTR et de la vitesse.

L'influence de la vitesse maximale a été traitée séparément. Rappelons seulement qu'une réduction de 10 km/h de la vitesse maximale réglementaire (autour de 80 km/h) entraîne une économie de combustible de 2 l/100 km.

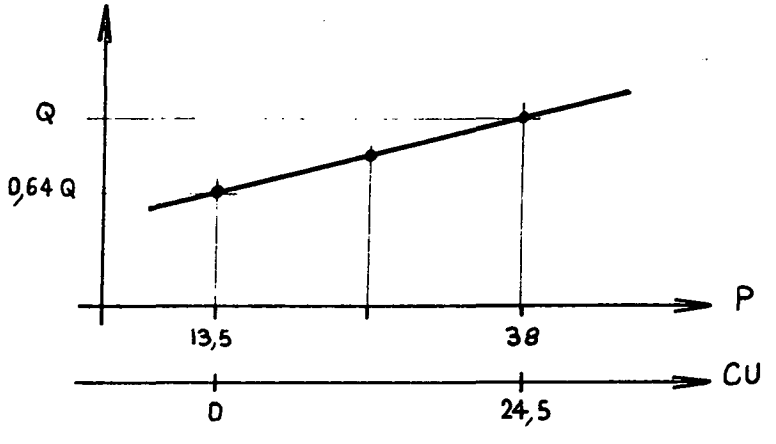
Donc, pour une vitesse maximale fixée, et dans les conditions ci-dessus, la consommation varie seulement avec le PTR.

Un calcul sur ordinateur, recoupé par de nombreux essais routiers, a permis d'obtenir les résultats suivants, pour un véhicule de PTR 38 t (tracteur 4 x 2) :

Consommation sur	*Véhicule*		
	pleine charge	*1/2 charge utile*	*à vide*
parcours facile parcours difficile	Q' Q''	0,86 Q' 0,79 Q''	0,72 Q' 0,55 Q''
moyenne	Q	0,82 Q	0,64 Q

Poids à vide : 13 500 kg (tracteur 7 000 kg ; semi-Savoyarde 6 500 kg).

Cette loi est linéaire



On peut considérer que jusqu'à 40 t cette loi est conservée (tracteur 4 x 2 - même poids à vide).

La comparaison de rendements de 2 voyages, l'un effectué à PTR 38 t et l'autre à PTR 40 t donne :

$$\left.\begin{aligned} \eta\,38 &= \frac{38 - 13{,}5}{Q} \\ \eta\,40 &= \frac{40 - 13{,}5}{1{,}03\,Q} \end{aligned}\right\} \quad \frac{\eta\,40}{\eta\,38} = 1{,}05$$

Donc, dans le 2e cas (PTR 40 t) on consomme 3 % de combustible en plus mais on transporte 8 % de marchandises en plus. Le *rendement* du transport est donc amélioré de 5 % c'est-à-dire : *pour transporter une masse donnée en milliers de tonnes d'un point à un autre on consommera 5 % d'énergie en moins.*

Influence de la charge par essieu

Le chiffrage précédent a été effectué à partir d'un tracteur 4 x 2, configuration valable en code 13 t que ce soit à 38 ou 40 t.

Les figurines ci-après montrent les configurations correspondant, pour ces 2 PTR, à des codes à 12, 11 et 10 t (en admettant la loi PTR/Poids sur essieu moteur $\leqslant 3{,}5$).

Nous avons supposé :

— qu'un essieu supplémentaire (cas du 6 x 2) pesait 1 300 kg,
— qu'un pont supplémentaire pesait 1 800 kg,
— que la consommation d'un 6 x 4 est supérieure (à même PTR) de 6 % à celle d'un 4 x 2.

Résultats d'essais routiers :

Consommation sur	*4 x 2*	*6 x 4*
parcours facile parcours difficile	Q' Q"	1,04 Q' 1,09 Q"
moyenne	Q	1,06 Q

Ceci est dû :

— à l'augmentation de la résistance au roulement,
— au glissement latéral des roues arrière du 6 x 4 en virage,
— à des résistances passives de transmission supérieures en 6 x 4.

Ces résultats et les hypothèses précédentes conduisent aux calculs suivants :

PTR	*38 t*			*40 t*	
Configuration tracteur	4 x 2	6 x 2	6 x 4	4 x 2	6 x 4
Charge utile	24,5	23,2	22,7	26,5	24,7
Consommation	Q	1,06 Q	1,06 Q	1,03 Q	1,09 Q
Rendement	η_0	0,894 η_0	0,874 η_0	1,05 η_0	0,926 η_0

Un transport 6 x 4 à 38 t consomme 6 % de combustible de plus qu'un 4 x 2 à 38 t et transporte 7 % de marchandises en moins.

Pour transporter une masse donnée en milliers de tonnes d'un point à un autre :

— des tracteurs 6 x 4 à 38 t consommeront *14 % d'énergie en plus* que des tracteurs 4 x 2 à 38 t,

— des tracteurs 6 x 4 à 40 t consommeront *8 % d'énergie en plus* que des tracteurs 4 x 2 à 38 t.

On voit donc, que l'intérêt du passage de PTR 38 t à PTR 40 t est complètement neutralisé si cette mesure s'accompagne d'une imposition de tracteurs 6 x 4 ce qui serait le cas pour un code à 11 ou 10 t.

Remarques :

Les calculs précédents ont été effectués véhicules à pleine charge.

Répartitions possibles

Charge par essieu	PTR 38 t	PTR 40 t
13 t	CU = 24,5 6 13 19	CU = 26,5 6 13 21
12 t	CU = 24,5 6 12 20	CU = 26,5 6 12 22 (*)
11 t	CU = 23,2 6 16 16	CU = 24,7 6 17 17
10 t	CU = 22,7 6 16 16	CU = 24,7 6 16 18 (*)

(*) avec essieux écartés
○ essieu porteur
● essieu porteur - tracteur

Si on admet un cœfficient λ de charge défini par :

$$\lambda = \frac{N_1}{N_1 + N_2}$$

N_1 nombre de voyages effectués à pleine charge.
N_2 nombre de voyages effectués à vide.

On peut calculer dans chaque cas, le rendement en fonction de λ.

$$\eta = \left(\frac{\text{CU transportée dans les } N_1 \text{ voyages}}{\text{combustible consommé dans les } (N_1 + N_2) \text{ voyages}} \right)$$

par exemple, pour $\lambda = 0{,}5$ (1 aller pleine charge et 1 retour à vide).

PTR	*38 t*			*40 t*	
	4 x 2	6 x 2	6 x 4	4 x 2	6 x 4
rendement	0,61 η_o = η_1	0,538 η_o 0,884 η_1	0,526 η_o 0,864 η_1	0,648 η_o 1,065 η_1	0,563 η_o 0,925 η_1

à1 % près, la dernière ligne est comparable aux résultats du tableau précédent.

Les calculs ont été effectués pour des porteurs-tracteurs maxicodes.

L'effet du code se ferait sentir également sur les *porteurs.*

	Code 13 t		Code 10 t	
PTC	19	26	16	22
	4 x 2	6 x 4	4 x 2	6 x 4
poids mort	8	9,8	7,5	9,1
CU	11	16,2	8,5	12,9
Consommation	0,72 Q	0,87 1,21 Q	0,68 0,945 Q	0,81 1,125 Q
η	η_o	1,22 η_o	0,82 η_o	1,043 η_o

Le rapport des rendements pondéraux de 2 véhicules maxicodes, respectivement code 13 t et code 10 t est :

véhicules 4 x 2 : $\dfrac{CU_{13\,t}}{CU_{10\,t}} = \dfrac{11}{8{,}5} \simeq 1{,}30$

véhicules 6 x 4 : $\dfrac{CU_{13\,t}}{CU_{10\,t}} = \dfrac{16{,}2}{12{,}9} \simeq 1{,}26$

Pour un même travail effectué, le parc de camions de PTC maxi est de 26 à 30 % supérieur en code 10 t à celui du code 13 t.

La consommation d'huiles de graissage et de pneumatiques (dérivés du pétrole) des camions de 19 t code 13 t est inférieure de près de 30 % à la consommation des camions de 16 t code 10 t pour le même travail effectué.

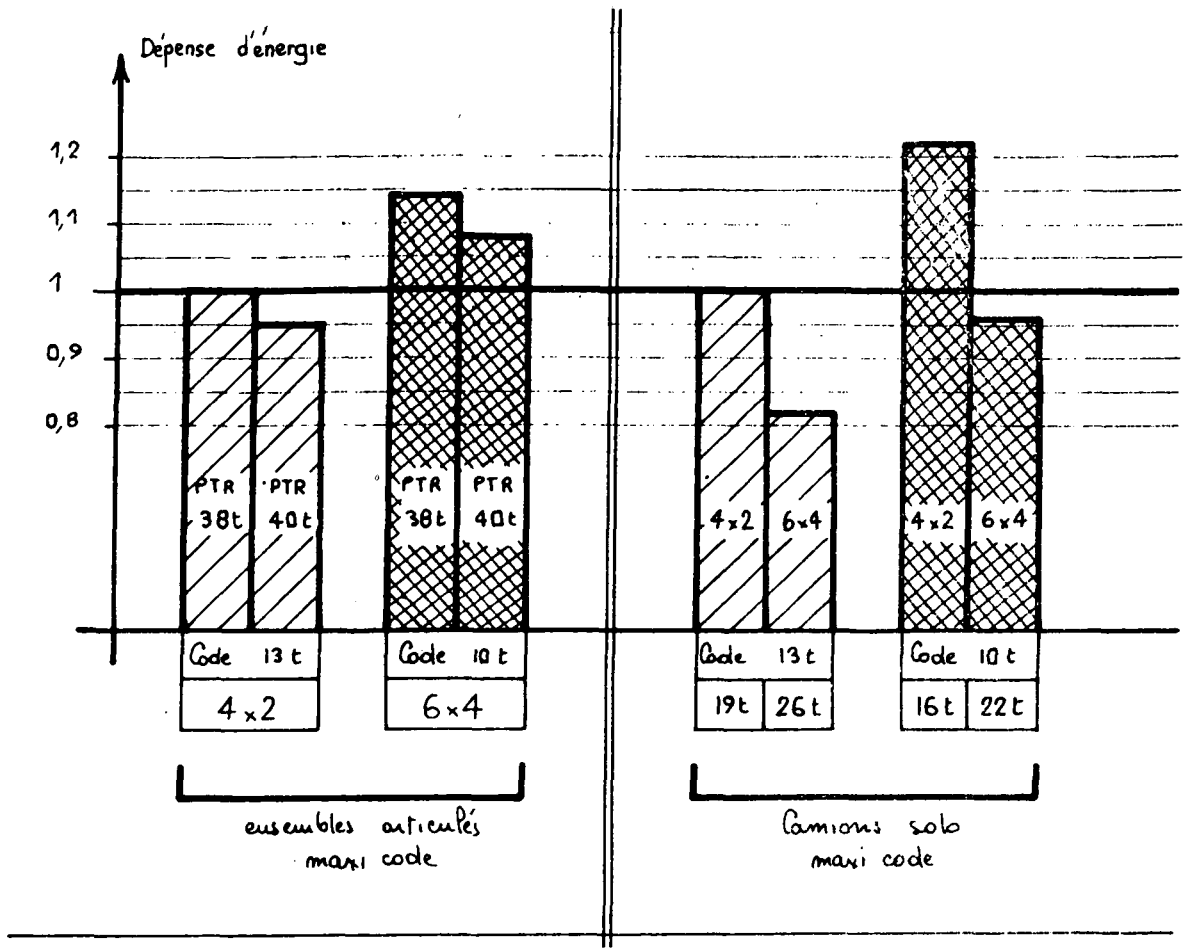
Pour transporter une masse donnée X milliers de tonnes d'un point à un autre, par rapport à des camions 4 x 2 code 13 t :

– des camions 4 x 2 code 10 t consomment *22 % d'énergie en plus* (et 30 % d'huile en plus) ;

– des camions 6 x 4 code 10 t consomment *4 % d'énergie en moins* (et 15 % d'huile en moins),

alors que des camions 6 x 4 code 13 t consomment *18 % d'énergie en moins* (et 32 % d'huile en moins).

Le graphique, ci-après, résume ces constatations.



Annexe 2

Influence de la charge par essieu sur l'économie du transport routier français

(résumé)

Sous ce titre, M. BONNETAIN des Automobiles M. Berliet, a publié une étude très exhaustive. Trop volumineuse pour être reproduite intégralement, nous en publions seulement les conclusions en précisant que les valeurs indiquées en francs correspondent à décembre 1974, le trafic routier servant de référence étant celui de l'année 1972.

Conclusion de l'étude

Si un changement de code était imposé, en France, par exemple avec des charges maximales par essieu simple de 10, 11 ou 12 tonnes, pour effectuer le trafic français de 1972 des maxicodes, il faudrait, pour une physionomie de parc moyen entre le parc allemand et le parc français :

	Code 10 t	*Code 11 t*	*Code 12 t*	*Code 13 t*
Nombre de véhicules en circulation	240 000 (+ 30 %)	216 000 (+ 17 %)	200 000 (+ 8 %)	185 000
Dépense en produits pétroliers (10^6 F/an)	4 700 (+ 23 %)	4 370 (+ 14 %)	4 035 (+ 6 %)	3 815
Dépenses d'amortissement, entretien, carburant, pneus et personnel roulant (10^6 F/an)	30 330 (+ 28 %)	27 440 (+ 16 %)	25 260 (+ 7 %)	23 690

Le cumul des écarts constatés entre code 10 t et code 13 t atteint 100 . 10^9 F en 10 ans avec l'hypothèse d'un taux d'expansion de 6 %.

De plus, il faut tenir compte de la gêne occasionnée par les véhicules en circulation, qui croît sensiblement comme leur nombre :
— ralentissement du trafic, encombrements,
— accidents de la route,
— bruit et pollution de l'air.

Compte non tenu de l'incidence de ces nuisances sur le bilan économique global des transports, *si, en 1972 en France, le transport avait été assuré par un parc à 10 t/essieu, le coût des transports eut été majoré de l'ordre de 6,6 10^9 F/an.*

Il est probable que ces sommes compensent largement les suppléments de frais d'entretien des routes qu'occasionne le code 13 t par rapport aux codes 10 ou 11 tonnes. Les dépenses de l'Etat pour entretien, fonctionnement et renforcement des routes, investissement autoroutes exclu (puisque de toutes façons capables de 13 t/essieu) étaient de l'ordre de 2,5. 10^9 F/an en 1972 et une part seulement de ces dépenses est occasionnée par l'essieu 13 t.

Nous concluerons en préconisant :

— le statu quo en matière de code pour trafics nationaux, c'est-à-dire maintien de l'essieu 13 t en France ;

— le passage au PTR de 40 t, admis, en principe à Bruxelles ;

— la mise au point d'un code communautaire pour le trafic international (qui représente en France, moins de 7 % du trafic routier). Ce code ne peut, pour des raisons d'économie évidentes au niveau de la Communauté, être envisagé à une charge inférieure à *11 t/essieu.*

Titre V

ACTIONS SUR LA CONDUITE ET L'ENTRETIEN

Prise en mains d'un véhicule neuf
Conduite proprement dite
Conseils pour une conduite économique
Surveillance accrue du matériel
Entretien courant du matériel
Stockage et pleins de gasole
Interventions préventives sur organes
Exploitation des disques de chronotachygraphe
Limiteur de vitesse
Indicateur de consommation
Choix des itinéraires

PREAMBULE

Tous les efforts des constructeurs dépensés pour améliorer le rendement des véhicules de transport routier, peuvent demeurer vains si les utilisateurs ne mettent pas en pratique les conseils qui leurs sont prodigués au niveau de la conduite et de la maintenance de ces véhicules.

Les constructeurs de véhicules dotent chacun de leurs modèles d'un "carnet de conduite et d'entretien" appelé aussi "livret de bord", qui donne l'essentiel des prescriptions que le conducteur doit observer pour la bonne marche de son véhicule et de ses divers équipements et son entretien journalier. Hélas, bien souvent, ce carnet échoue dans un vide poche dès la mise en service et il est rarement consulté.

Or, il est essentiel que le conducteur fasse vraiment connaissance avec son nouveau véhicule. Concernant les économies d'énergie qui pourraient découler d'une meilleure information des conducteurs en matière de prise en mains d'un véhicule neuf, il serait souhaitable que les manuels de véhicules importés soient toujours rédigés en langue française et que certains importateurs ne se contentent pas de joindre au manuel rédigé dans une langue étrangère, une traduction résumée.

Revenant maintenant au cas de tous les constructeurs. Il serait souhaitable que la rédaction du carnet soit adaptée au niveau de l'utilisateur, avec des illustrations "parlantes". Par ailleurs, il y a lieu d'indiquer qu'à l'époque où l'image a pris une place primordiale dans la communication, il est très regrettable qu'il n'existe pas, par modèle de véhicule, un montage audiovisuel que le concessionnaire pourrait prêter, louer ou vendre à ses clients. Mais ceci supposerait probablement une stabilité des modèles dans les moindres détails qui ne se rencontre que sur bien peu d'entre eux.

PRISE EN MAINS D'UN VÉHICULE NEUF

La prise en mains d'un véhicule neuf et son rodage appellent, du point de vue des économies d'énergie, plusieurs commentaires.

IDENTIFICATION DES COMMANDES

Tous les postes de conduite se ressemblent, diront certains. Ceci est vrai pour les commandes à emplacement "normalisé" comme le volant, les pédales et certaines autres. Pour le reste, chaque constructeur dispose de la plus grande liberté pour disposer les manettes et leviers de commandes selon ses habitudes, ses exigences techniques et le goût de ses stylistes.

A court terme il importe donc que le conducteur se familiarise très vite avec son nouveau tableau de bord afin de ne pas "chercher" telle ou telle commande. Un seul exemple : la grille des rapports de la boîte de vitesses, souvent différente d'un type de véhicule à un autre. La connaître "par coeur" ne peut qu'avoir une incidence bénéfique sur l'économie d'énergie. A cet effet les constructeurs ont pris l'habitude de graver cette grille sur le pommeau du changement de vitesses ou sur une plaque bien visible du conducteur.

Il serait souhaitable que les constructeurs généralisent le zonage des compte-tours en indiquant de façon visible la plage économique sur les cadrans. Sur les petits utilitaires qui ne sont pas dotés d'un compte-tours, il serait souhaitable d'indiquer sur le cadran de l'indicateur de vitesses -généralement incorporé au chronotachygraphe- les vitesses limites correspondant à chaque rapport de la boîte de vitesses, afin d'éviter les hauts régimes générateurs d'une consommation accrue.

A plus long terme, il faudrait, sans qu'il puisse en découler une rigidité paralysante vis-à-vis des évolutions technologiques à venir, procéder à une certaine normalisation des tableaux de bord qui mettrait fin à de nombreuses erreurs de conduite génératrices de dégradations des véhicules et d'accidents.

A titre d'exemple, il a été relevé dans une entreprise importante, sur une longue période, une moyenne d'une déclaration d'accident par conducteur intérimaire et par mois. Une explication partielle à cette constatation se trouve dans une moindre qualité moyenne (qui s'explique) de ce type de conducteur, mais le dépaysement au changement de véhicule entre certainement pour une part notable dans l'explication de ce regrettable phénomène. Tout porte à penser que dans ces conditions la gestion énergétique est également loin d'être des meilleures.

MEILLEURE INFORMATION SUR LES CARACTERISTIQUES ET SUR LES POSSIBILITES DU VEHICULE

Un bon conducteur doit connaître les caractéristiques essentielles du moteur et de la chaîne cinématique ainsi que d'autres renseignements ayant un rapport avec la gestion énergétique.

Les caractéristiques essentielles sont :
- le régime maximal du moteur et la vitesse kilométrique correspondante dans le rapport de boîte le plus "haut";
- le régime moteur correspondant à la vitesse limite réglementaire auquel est autorisé à circuler le véhicule (voir plus loin) dans le rapport de boîte le plus "haut";
- le régime moteur correspondant au couple maximal;
- la plage de régime correspondant à la consommation la plus économique;
- éventuellement le recouvrement des rapports de boîte.

Le "mode d'emploi" de ces caractéristiques, pour obtenir une conduite économique, est donné ci-après.

Autre renseignement à lui fournir : la valeur de la pression des pneumatiques. Elle est généralement affichée sur le véhicule. Encore faut-il lui préciser l'emplacement de la plaque indicatrice.

Tous ces renseignements figurent dans les notices des constructeurs. Il serait souhaitable que ceux-ci les mettent bien en évidence, soit au tableau de bord, soit dans le carnet de conduite et d'entretien.

Concernant les possibilités des véhicules, il ne s'agit pas seulement des possibilités techniques mais aussi des possibilités dimensionnelles et pondérales, lesquelles sont davantage du ressort du carrossier.

Le conducteur doit connaître le volume utile du compartiment de chargement, la charge utile à ne pas dépasser et la répartition de cette charge.

CONSEILS POUR LE RODAGE

Bien que les consignes de rodage ne soient pas si impératives qu'autrefois, tout véhicule neuf (ou équipé d'un nouveau moteur) nécessite des précautions particulières d'utilisation : *ne jamais demander à un véhicule non rodé le maximum de ses performances. Un moteur "sonné" au cours du rodage peut durant toute sa vie consommer 5 à 10% de plus de carburant et de lubrifiant.*

Il existe maintenant des additifs de rodage commercialisés par des sociétés importantes et compétentes qui, jusqu'à ce jour, semblent apporter la plus grande satisfaction aux entreprises utilisatrices. En quelques heures au "point fixe" le moteur est entièrement libéré avec toutes les conséquences heureuses qui en découlent.

Cependant certains constructeurs n'accordent pas leur garantie si le moteur a été rôdé suivant cette méthode dite de "rodage rapide". Dans ce cas pendant la période de rodage "classique" (véhicule neuf, moteur neuf ou rénové), le conducteur doit éviter les hauts régimes, notamment sur les rapports intermédiaires de la boîte de vitesses. Il évitera aussi de faire "peiner" le moteur et pour cela n'hésitera pas à changer souvent de vitesse. Le véhicule ne devra pas être chargé au maximum de son poids total autorisé (trois quarts de la charge environ) et l'exploitant évitera les itinéraires trop accidentés.

Voir annexe 1 : Comment interpréter les indications du compte-tours.

CONDUITE PROPREMENT DITE

AMELIORATION DU STYLE DE CONDUITE
MODIFICATION DU COMPORTEMENT DU CONDUCTEUR
(vitesse, double débrayage, conduite coulée, etc.).

Bien avant que se déclenche "la crise de l'énergie", les constructeurs de véhicules utilitaires avaient pour objectif la diminution de la consommation de carburant. Depuis 1973, ils ont accentué leurs efforts pour optimiser davantage la consommation des véhicules. Toutes ces actions ont conduit à la mise en circulation de véhicules plus perfectionnés réclamant une véritable formation professionnelle pour leur conduite. On ne s'improvise pas "conducteur routier" même si l'on possède le "permis poids lourd".

Le comportement du conducteur est un facteur capital non seulement de la consommation du véhicule qui lui est confié, mais aussi de la durée de vie de celui-ci.

Sont publiés en annexe les résultats obtenus par l'AFT (Association pour le développement de la formation professionnelle dans les transports) lors de stages axés sur "la conduite économique". Ces résultats prouvent que la conduite de nombreux conducteurs professionnels est perfectible.

Il est bien évident que les conseils prodigués lors de ces stages, comme ceux qui figurent dans le présent titre, sont destinés à changer les habitudes des conducteurs. Ceux-ci peuvent "se corriger" un jour, une semaine, un mois. Mais l'expérience prouve que de nombreux conducteurs reviennent à leur ancien style de conduite au bout de quelques semaines, d'une part du fait de l'inertie de la routine, d'autre part parce qu'une conduite de qualité exige une discipline qui n'est pas naturelle, enfin parce qu'ils peuvent être l'objet de propos "démobilisants" de la part de leurs collègues n'ayant pas reçu, en même temps qu'eux, le même enseignement ce qui les amène consciemment ou inconsciemment à "rentrer rapidement dans le rang".

Deux actions s'imposent donc pour appliquer les méthodes de style économique de conduite :
- les appliquer lors de la formation des jeunes conducteurs;
- pratiquer des "piqûres de rappel" à tous les niveaux et dans toutes les entreprises en traitant dans un temps aussi bref que possible tous les conducteurs relevant d'un même établissement.

CONSEILS POUR UNE CONDUITE ÉCONOMIQUE

LANCEMENT DU MOTEUR ET MISE EN VITESSE

A) Le moteur une fois lancé et réchauffé, le conducteur peut régler judicieusement le régime de ralenti, généralement entre 600 et 800 tr/mn (sur les véhicules à moteur Diesel, le régime du ralenti est réglable du tableau de bord au moyen d'une manette).

B) Connaissant le régime maximal du moteur, le conducteur peut effectuer la mise en vitesse; si le moteur n'est pas doté d'un régulateur, *il ne doit sous aucun prétexte dépasser ce régime maximal lors des accélérations sur les rapports intermédiaires.*

C) Si le véhicule est à son maximum de poids total autorisé, le conducteur doit utiliser tous les rapports de boîte. Véhicule à vide ou peu chargé, il peut "sauter" le premier rapport principal (ou deux demi-rapports dans le cas d'une boîte avec relais) mais à la condition que le moteur ne peine pas.

D) Sur un véhicule circulant à vide, il est inutile - lors de la mise en vitesse d'atteindre le régime maximal avant de passer le rapport suivant. Cela économisera du carburant. S'en tenir à 12 à 15% en deçà du régime maximal.

CONDUITE EN PALIER ET SUR AUTOROUTE

En restant sur le rapport de boîte le moins élevé, qui correspond à la vitesse engagée la plus haute (6ème pour une boîte à 6 rapports, 10ème pour 10 rapports, etc.) le conducteur, grâce à la lecture du compte-tours, se maintient dans la plage du régime de croisière déterminé par la position entre la mi-course et les trois quarts de la course de la pédale de l'accélérateur.

Ainsi le moteur est utilisé sans forcer, la vitesse maximale autoriséepeut être serrée au plus près, la consommation est raisonnable et le conducteur dispose d'une réserve de puissance de plusieurs dizaines de chevaux pour franchir d'éventuelles pentes.

Incidence d'un pont "long"

Pour ne pas tenter le conducteur de dépasser les vitesses autorisées, l'exploitant peut être amené à choisir des véhicules qui dépassent peu ou pas la limite réglementaire. Mais dans ce cas, le moteur tournera en permanence aux environs du régime maximal, d'où une consom-

mation importante et une usure accélérée du matériel.

Si, par contre, avec un pont "long" permettant, à régime maximal autorisé par construction, une vitesse maximale théorique plus élevée que la vitesse maximale réglementaire, le conducteur se limite volontairement - et il le doit - à la vitesse permise (par exemple "pont 100 km/h" et "vitesse limite 80 km/h"), son moteur tournera moins vite et consommera beaucoup moins. L'économie de combustible peut atteindre 20%.

Bien entendu, dans ce cas, le conducteur doit être d'autant plus discipliné et ne pas se laisser entraîner à dépasser la vitesse autorisée.

CONDUITE DANS LES PENTES LONGUES ET (OU) A FORT POURCENTAGE

C'est en côte et plus particulièrement dans les fortes rampes de parfois plusieurs kilomètres, avec des pourcentages allant de 5 à 10%, plus en montagne, que les variations de régime sont les plus importantes et que le moteur fonctionne à "pleine charge" et dans des conditions difficiles.

En palier, on recherche la "vélocité", en côte on lui préfère la "force" (voir en annexe le rappel des définitions "puissance" et "couple" et les applications différentes comme la voiture de compétition et le poids lourd).

Or, la "force maximale" d'un moteur correspond au "couple maximal".

Le conducteur doit décider du changement de vitesse en fonction du couple maximal, et l'aiguille du compte-tours doit se maintenir impérativement dans la plage du couple maximal. Ainsi, bien que subissant une charge accrue, le moteur tournera au régime le plus favorable à une consommation optimale, sans chauffer, sans s'emballer, tout en permettant au véhicule de vaincre une pente importante.

Les trois séries de croquis A, B, C illustrent schématiquement les différentes façons d'utiliser un moteur et une boîte de vitesses pour franchir une rampe de 8%. Nous avons choisi un véhicule de moyen tonnage doté d'une boîte à 6 rapports. Le moteur de ce véhicule développe son couple maxi. à 1 500 tr/mn et le régime maxi. est de 2 500 tr/mn *(voir page ci-contre)*.

CONDUITE EN DESCENTE

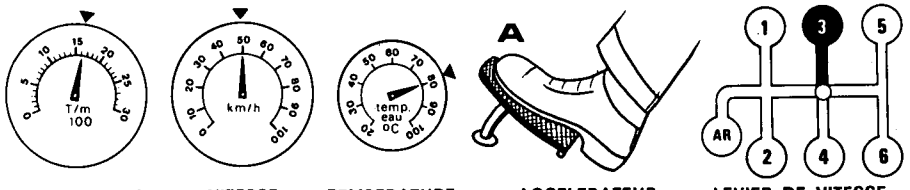
Pour ménager les freins de roues, le conducteur doit utiliser au maximum le "frein-moteur" qui est important dans un moteur Diesel du fait des fortes compressions établies dans les cylindres. La présence du compte-tours permet à tout moment de connaître le régime du moteur

SERIE A

La 3ème vitesse est engagée, le véhicule roule à la vitesse moyenne de 50 km/h. Le compte-tours indique 1 500 tr/mn ce qui correspond au « couple maximal » et à la moindre consommation. Le conducteur a le pied « léger » sur la pédale. La température d'eau se maintient à 80° C.

C'est la méthode la meilleure pour ménager la mécanique, consommer *le moins possible et garder une réserve de puissance toujours disponible.*

CE QU'IL FAUT FAIRE

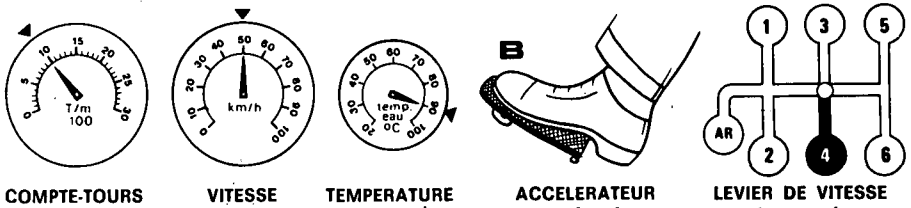


COMPTE-TOURS	VITESSE	TEMPERATURE	ACCELERATEUR	LEVIER DE VITESSE
1 600 tr/mn	50 km/h	80 °C	mi-course	3ᵉ engagée

SERIE B

La 4ème vitesse est engagée, et pédale « au plancher », le véhicule roule cependant à la même allure : 50 km/h. Cette position de l'accélérateur fait débiter les injecteurs au maximum. Pourtant, le moteur peine et chauffe : la température atteindra rapidement 90° C, le régime va baisser jusqu'à 1 000 tr/mn. La consommation est élevée.
Si le conducteur veut terminer la montée sans faire baisser la vitesse moyenne, il devra passer la 3ème et peut-être la 2ème pour que le moteur « reprenne son souffle ».

CE QU'IL NE FAUT PAS FAIRE

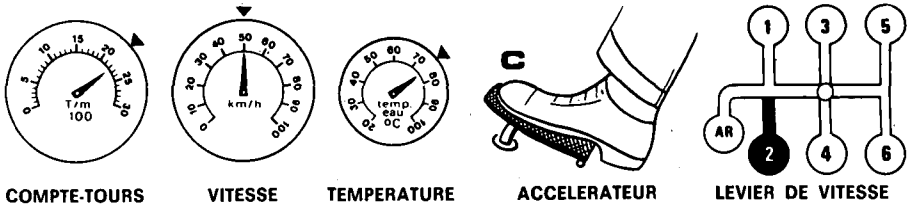


COMPTE-TOURS	VITESSE	TEMPERATURE	ACCELERATEUR	LEVIER DE VITESSE
1 000 tr/mn	50 km/h	90 °C	enfoncé	4ᵉ engagée

SERIE C

La 2ème vitesse est engagée, le véhicule roule toujours à 50 km/h alors que le moteur a atteint son régime maximal de 2 500 tr/mn. La pédale d'accélérateur est enfoncée aux 3/4. L'eau est énergiquement brassée et le ventilateur tourne à plein régime. Ce n'est pas le « couple maximal » qui permet de vaincre la rampe, mais la puissance maximale engendrée par le haut régime du moteur. Bien que l'accélérateur ne soit pas à fond, la consommation est plus importante qu'à 1 500 tr/mn et la température moteur baisse.
Toutes les conditions sont réunies pour favoriser l'usure prématurée du moteur.
En outre, les organes tournants de la boîte sont au régime maxi. Et son huile chauffe. La mécanique est sollicitée au maximum.

CE QU'IL NE FAUT PAS FAIRE



COMPTE-TOURS	VITESSE	TEMPERATURE	ACCELERATEUR	LEVIER DE VITESSE
2 200 tr/mn	50 km/h	75 °	enfoncé aux trois quarts	2ᵉ engagée

et d'éviter -notamment en rétrogradant les vitesses- que le moteur ne s'emballe.

Suivant l'exemple ci-dessus (couple maxi. à 1 500 tr/mn, régime maxi. à 2 500 tr/mn), le bon "descendeur" sera celui qui maniera les rapports de boîte de façon à ce que -accélérateur lâché- le compte-tours indique toujours un régime inférieur à 1 800 tr/mn (entre 1 500 et 1 800 tr/mn est l'idéal à rechercher).

CONDUITE URBAINE

Les démarrages, accélérations, mises en vitesse sont la cause d'une consommation accrue. Ainsi, en ville ou en circulation suburbaine, un véhicule lourd consomme-t-il davantage de combustible : de 50 à 100% (pour un même kilométrage) que sur autoroute où la vitesse est pratiquement constante.

Pour limiter cette consommation, il existe peu de moyens ; cependant le conducteur doit s'efforcer d'éviter :
- les accélérations brutales;
- les régimes élevés, notamment lors du passage des vitesses (effectuer les remises en vitesse après un arrêt comme indiqué plus haut à la rubrique "lancement du moteur et mise en vitesse");
- à l'approche d'un feu au rouge ou à l'orange, le conducteur doit lâcher l'accélérateur, utiliser le frein-moteur et, si le véhicule en est doté, le ralentisseur électrique sur transmission et (ou) sur échappement.

Si le véhicule est chargé aux trois quarts ou au maximum de son poids total autorisé, utiliser le compte-tours comme on le fait dans les montées. Si le véhicule est à vide ou peu chargé, on peut sauter les demi-rapports d'une boîte à relais lors de chaque démarrage.

Sur les "périphériques" et les "voies rapides", et lorsque la fluidité de la circulation le permet, adopter une vitesse de croisière inférieure de 5 à 10 km/h à celle autorisée, sinon lors des ralentissements, on devra freiner, puis rétrograder un rapport de boîte, d'où la nécessité d'une accélération qui fera consommer davantage.

D'une manière générale, adopter une conduite aussi coulée que possible et notamment, pour cela, ne pas "coller" aux véhicules qui précèdent. Les changements d'allure qui en résultent provoquent relativement une consommation élevée pour les véhicules Diesel, car leurs conducteurs doivent changer plus souvent de vitesse.

LES BOITES DE VITESSES SYNCHRONISEES ET LE DOUBLE DEBRAYAGE

Une question se pose : faut-il effectuer la manoeuvre du double débrayage pour rétrograder les vitesses sur une boîte à rapports "synchronisés" ?

Les constructeurs estiment que, sur les véhicules modernes, cette manoeuvre, effectuée dans les mêmes conditions que sur les véhicules anciens, est à la fois inutile et doublement néfaste : elle provoque une consommation de carburant superflue et elle accélère l'usure des synchroniseurs.

Cependant, "les vieux conducteurs", ceux "formés sur le tas" au volant de véhicules dotés de boîtes sans synchroniseurs, nécessitant obligatoirement un double débrayage pour rétrograder une vitesse, admettent difficilement de changer leurs habitudes.

De plus, tant que les moniteurs d'auto-école et les examinateurs civils et militaires exigeront des candidats aux permis C et D l'obligation d'effectuer les manoeuvres de double débrayage et de double pédalage, il sera pratiquement impossible de demander à ces conducteurs "d'oublier" l'usage de ces manoeuvres une fois le permis obtenu.

Il faut toutefois signaler que le règlement des épreuves pratiques du nouveau permis C1 prévoit que"... les deux opérations du double pédalage et du double débrayage ne seront pas exigées si le type de véhicule utilisé ne nécessite pas leur exécution pour le passage correct des vitesses...".

Il existe une solution qui satisfait à la fois les constructeurs et les fervents du double débrayage et qui évite une consommation inutile de carburant.

Nous expliquons, annexe 2, comment il faut procéder pour la mise en vitesse et les rétrogradations des boîtes synchronisées, à la manière des essayeurs, des démonstrateurs, des constructeurs et des instructeurs de l'AFT qui ont découvert cette nouvelle méthode du double débrayage, plus subtile que l'ancienne du fait que l'action du pied droit sur l'accélérateur est modulée en fonction de la vitesse de régime moteur lue au compte-tours.

SURVEILLANCE ACCRUE DU MATÉRIEL

Les véhicules utilitaires modernes n'exigent pas, comme c'était le cas autrefois, une surveillance de tous les instants. Cette "tranquillité technique" fait que, souvent, certains conducteurs négligent les plus élémentaires visites journalières. Or un bon rodage, une visite de routine quotidienne, un entretien effectué selon les préconisations du constructeur et des révisions périodiques sérieuses sont la garantie d'une utilisation optimale et d'une moindre consommation. On ne demande plus au conducteur d'être un parfait mécanicien. Mais on doit exiger d'un professionnel du volant un minimum de connaissances dans le diagnostic, afin de déceler les prémices d'une panne et de fournir à l'atelier d'entretien des indications propres à orienter les recherches des mécaniciens.

• *Pour ce qui est du moteur*, quatre points essentiels sont à surveiller :
- le bon réglage de la pompe d'injection, du régulateur et des injecteurs (aptitude à la reprise, coloration de la fumée, température du moteur),
- le bon réglage du jeu aux culbuteurs (décelable au bruit),
- la propreté du filtre d'admission d'air (souvent présence d'un indicateur de colmatage),
- la propreté et le bon état du circuit de refroidissement (décelable visuellement).

Tous ces organes conditionnent la qualité de la combustion, laquelle a une influence directe sur la consommation.

Le moteur doit rester propre extérieurement. La poussière, le cambouis accumulés sur le moteur empêchent le refroidissement naturel par évacuation de la chaleur. *Un mauvais refroidissement a souvent pour conséquence une plus grande consommation.*

Il appartient au constructeur de réaliser un moteur parfaitement étanche tant à l'huile qu'au liquide de refroidissement, et au personnel du transporteur d'éviter toute coulée de liquide tant lors des appoints que lors des remplissages après vidange, ceci n'étant bien entendu possible que si le constructeur a mis en place des orifices d'introduction suffisamment dimensionnés et très accessibles.

Un point souvent négligé est la qualité de l'eau de refroidissement. Contrairement à une opinion largement répandue, il ne faut utiliser ni de l'eau de pluie, ni de l'eau décarbonatée, ni de l'eau distillée ou épurée par échange d'ions. Ces eaux possèdent une agressivité plus accentuée que l'eau du robinet additionnée d'inhibiteurs de corrosion.

• *Mais le moteur n'est pas le seul élément à vérifier périodiquement.*

- Un roulement de roue trop serré;
- des ressorts de suspension mal lubrifiés;
- un pont arrière et/ou une boîte de vitesses fatigués, peuvent être la cause *d'un durcissement dans les suspensions et dans les transmissions qui conduit à une consommation plus élevée;*
- l'état des mâchoires et des tambours de freins est aussi à surveiller : des tambours voilés, des mâchoires qui reviennent mal durcissent la rotation des roues, ce qui exige une demande de puissance supplémentaire, donc un accroîssement de la consommation.

Ces remarques s'appliquent également aux suspensions, aux essieux et aux roues de remorques et de semi-remorques.

INFLUENCE DE LA PRESSION DES PNEUMATIQUES SUR LA CONSOMMATION DE CARBURANT

Souvent négligée, la pression des pneumatiques a une forte incidence -non seulement sur leur usure- mais aussi sur la consommation de carburant.

Cette incidence est d'autant plus grande que la pression est plus faible.

Pour les vitesses moyennes des maxi-codes (50 à 70 km/h), les manufacturiers préconisent une pression comprise, suivant la dimension des pneus, entre 7 et 8,5 bars. Si la pression des pneus est inférieure à cette norme, la résistance au roulement augmente fortement. Il faudra donc davantage de puissance, donc d'énergie pour vaincre l'accroîssement de cette résistance. Par exemple à 50 km/h de vitesse moyenne, si la pression descend de 8,5 bars à 6,5 bars, la puissance nécessaire pour conserver cette vitesse devra augmenter d'environ 12% soit un accroîssement de la consommation d'un pourcentage sensiblement du même ordre.

Il convient donc de vérifier "à froid" -au moins chaque semaine- la pression des pneumatiques, de la rétablir au besoin et surtout de respecter les préconisations de pressions du constructeur ou du manufacturier.

L'ENTRETIEN DE ROUTINE

L'entretien journalier dit "entretien de routine" est généralement effectué par le conducteur. Il porte sur les opérations suivantes :

Niveaux à vérifier et à parfaire éventuellement :
- gasole, huile moteur, transmission et direction assistée,
- eau du circuit de refroidissement, du lave-glace, de la batterie,
- fluide de frein pour les petits tonnages.

Vérifications mécaniques et électriques :
- moteur, transmission, direction, (détection de fuites éventuelles),
- état de colmatage des filtres à air,
- purge des réservoirs d'air comprimé,

- circuit électrique,
- enclenchement du ventilateur si celui-ci est débrayable.

Si le moteur est doté d'un dispositif de suralimentation, lequel permet de moins consommer à puissance égale, il convient de suivre à la lettre les conseils d'entretien qui sont donnés à son sujet.

Une ou deux fois par jour, le conducteur est appelé à vérifier l'arrimage de son chargement. Il doit en profiter pour "tâter" l'échauffement des moyeux, du pont arrière et des pneus. Il peut ainsi déceler une anomalie pouvant avoir une influence néfaste sur la consommation.

ENTRETIEN COURANT DU MATÉRIEL

Le poste "entretien et réparation" peut représenter jusqu'à 20% des frais d'exploitation d'un véhicule. Pour éviter les immobilisations prolongées à l'atelier souvent précédées d'un arrêt intempestif sur le bord de la route, il est indispensable de programmer à l'avance les opérations d'entretien, de respecter les fréquences et la nature des interventions préconisées par le constructeur et inscrites sur le manuel d'entretien. Dans la mesure du possible, il est recommandé de pratiquer "l'entretien préventif" qui permet de "prévenir" une irrégularité de fonctionnement ou une panne.

Il serait souhaitable que les utilisateurs qui ne l'appliquent pas encore, mettent en place au plus vite un véritable entretien préventif dont la rentabilité, bien que non chiffrable, est évidente tant sur le plan énergétique que sur celui de la longévité du matériel.

Les livrets d'entretien sont le plus généralement rédigés pour une utilisation intensive du matériel, avec une marge de sécurité qui réduit les incidents entre deux opérations d'entretien. Dans une optique d'économie, les constructeurs pourraient "personnaliser" ces livrets en prévoyant 3 catégories d'utilisation :
1) Service "léger";
2) Service "normal";
3) Service "dur";
ce qui permettrait d'allonger les kilométrages entre opérations préventives pour les services "léger" et "normal" sans préjudice pour la longévité du matériel.

STOCKAGE ET PLEINS DE GASOLE

Une action directe pour économiser le gasole est d'éviter son gaspillage. Pour être efficace, une lutte contre le gaspillage implique un minimum d'organisation au sein d'une entreprise de transport pour surveiller et contrôler :
- le stockage,
- les livraisons des fournisseurs,
- la distribution aux véhicules,
- les consommations des véhicules.

La mise en place systématique de compteurs de consommation de carburant aux tableaux de bord des véhicules (dont il est question ci-après au chapitre "Indicateurs de consommation") permettrait de supprimer une source de gaspillage dans la distribution aux véhicules de la façon suivante.

Actuellement les entreprises qui suivent les consommations de leurs poids lourds n'ont d'autre moyen de les connaître avec précision que de faire exécuter un plein complet à chaque passage en station service. Or d'une part il est difficile d'exécuter celui-ci, quelles que soient les précautions prises, sans qu'il y ait débordement de gasole à cette occasion; d'autre part, du fait de la présence d'une prise d'air sur le bouchon, toute inclinaison du véhicule ou tout échauffement de son réservoir, avant que le niveau ait suffisamment baissé, se traduit par un débordement en pure perte, et l'accumulation de ces deux facteurs l'été entraîne des gachis notables.

Si tous les véhicules étaient dotés d'un compteur de carburant, la consigne des transporteurs ne serait plus le plein complet, mais l'arrêt impératif du remplissage en bas du col du réservoir, col qu'il suffit de réaliser suffisamment haut et large pour pallier totalement les inconvénients qui viennent d'être évoqués.

La publication "Promotion-Transports" du CPT et de l'AFT, a objectivement dressé le catalogue des économies qui pourraient être dégagées dans ce domaine particulier.

Nous publions ce texte en annexe 4.

INTERVENTIONS PRÉVENTIVES SUR ORGANES

Les interventions préventives évoquées dans un chapitre précédent, et dont il a été indiqué qu'elles peuvent avoir une incidence positive notable sur la consommation de carburant, peuvent revêtir deux formes :

- *Détermination des fréquences d'intervention par les utilisateurs.*

Le planning de telles interventions ne peut être mis au point qu'après plusieurs années d'expérience par l'utilisateur d'un nombre suffisant de véhicules appartenant à la famille considérée.

Cette façon d'opérer présente l'avantage d'une excellente adéquation de ce planning au cas particulier d'exploitation du modèle concerné, mais il est produit tard et souvent trop tard par rapport à la durée de vie de ce type de véhicule dans l'entreprise.

- *Indication par les constructeurs et les fabricants d'équipements de la durée prévisionnelle, en kilomètres ou en heures, des organes d'usure compte tenu de l'usage normalement prévu pour le type de véhicule.*

L'indication de la durée prévisionnelle des organes d'usure est courante dans l'industrie aéronautique. Sur le plan des économies indirectes,sa généralisation aux véhicules de transport routier est souhaitée par de nombreux utilisateurs et notamment ceux dont l'activité est la location de véhicules.

Les constructeurs, malgré les nombreux problèmes que cela pose -notamment au niveau des sous-traitants- ont entrepris des études pour déterminer la durée prévisionnelle des principaux organes qu'ils construisent en fonction du type de trafic auquel ils seront affectés. C'est pratiquement chose faite pour les moteurs et pour les éléments de la chaîne cinématique. Il serait souhaitable d'une part que les résultats soient portés systématiquement à la connaissance des clients, d'autre part que ces travaux soient étendus au plus vite aux divers équipements tels que génératrices, démarreurs, centrale de freinage, pompes d'injection, turbo-compresseurs, etc.

EXPLOITATION DES DISQUES DE CHRONOTACHYGRAPHE

Le chronotachygraphe est un moyen d'enregistrer les composantes du style de conduite du conducteur et de décompter certaines données quantitatives.

D'autre part, s'il procure des informations réglementaires, il est aussi susceptible d'en fournir d'autres complétant les premières pour permettre un jugement synthétique sur la qualité de la gestion, par le conducteur, du matériel qui lui est confié.

INFORMATIONS REGLEMENTAIRES

Il y a tout d'abord lieu de préciser que le chronotachygraphe ne pourra jamais être considéré par les transporteurs comme un instrument efficace de gestion technique tant qu'une solution matérielle ou (et) réglementaire ne sera pas apportée aux problèmes suivants :

• *L'enregistrement de kilométrages en moyenne aussi "vrais" que possible.*

En effet la méthode actuelle du réglage du correcteur sur piste prend en compte la circonférence moyenne (1) des pneumatiques en place sur le pont arrière du véhicule le jour de l'essai, pneumatiques qui, dans la plupart des cas, sont neufs. Or au fur et à mesure de l'usure de ceux-ci, à une même distance parcourue, correspond un plus grand nombre de tours de roues, d'où une exagération des distances et vitesses affichées par le chronotachygraphe par rapport aux distances et vitesses réelles. Pour certaines enveloppes cet écart entre la circonférence sous charge du pneumatique neuf et du pneumatique recreusé, usé, prêt à partir au rebut, atteint une valeur située entre 3 et 4%, ce qui entraîne bien entendu la même erreur sur les consommations.

Un tel niveau d'approximation est inacceptable compte tenu de la faible portée de beaucoup de mesures d'économies suggérées dans ce rapport dont le transporteur doit pouvoir vérifier l'incidence quantitative.

Une réforme s'impose donc et elle est aisée. Elle consiste à demander au manufacturier de fournir pour chaque pneumatique de son catalogue sa circonférence moyenne, c'est-à-dire celle qui, prise en compte pour le réglage du correcteur, conduira à faire apparaître sur le chronotachygraphe, au cours de la vie complète de l'enveloppe concernée,

(1) entre les pneumatiques du côté droit et du côté gauche.

kilométrage identique au kilométrage effectivement parcouru. Il y aura prise de retard au cours de la première moitié de la vie du pneumatique et rattrapage au cours de la seconde moitié.

Certes on pourra toujours opposer à cette proposition que cette circonférence moyenne résulte d'un calcul théorique et que la pratique fera apparaître des aléas perturbateurs. On peut y répondre que, sur la vie d'un véhicule, cette méthode apporterait un net progrès par rapport à la procédure actuelle qui introduit de façon certaine une erreur importante toujours dans le même sens.

• *La suppression du risque de superposition des enregistrements.*
C'est une carence grave du règlement européen de juillet 1970 qui, par le biais de certaines de ses exigences, conduisait à l'abandon des disques hebdomadaires et à leur remplacement par des disques journaliers, de ne pas avoir fait une obligation aux constructeurs de concevoir un système d'alerte du conducteur lorsque l'enregistrement est sur le point de se surimprimer sur celui inscrit 24 heures auparavant. En effet la superposition des enregistrements rend les lectures difficiles et ne permet pas aux disques de jouer le rôle important qui pourrait être le leur en matière de gestion.

Une mesure réglementaire devrait intervenir sur ce point, mais elle est à prendre au plan communautaire.

Dans ces conditions, il convient que les chefs d'entreprises de transports soient conscients de l'intérêt que présenterait d'ores et déjà un chronotachygraphe muni de ce système d'alerte, rendant négligeable le léger supplément du coût qui en résulterait.

• *Le dépouillement automatique des disques.*
A partir d'un certain parc de véhicules et d'un certain niveau qualitatif d'exploitation des données enregistrées sur les disques (voir suggestions d'enrichissement ci-après), le dépouillement humain devient irréaliste, et le recours à une lecture par équipement spécialisé s'impose.

Les Pouvoirs Publics ont pris conscience de ce problème et font réaliser un prototype de lecteur automatique de disques.

Dès que cet équipement aura été réalisé et s'avèrera fiable, il est souhaitable que se développe l'utilisation de systèmes similaires adaptés à la gestion de parcs de véhicules, notamment dans une optique d'économie d'énergie.

Si ces problèmes reçoivent une solution, le transporteur se trouvera bien armé pour :
- mettre sur pied un entretien préventif de son parc dont les intérêts ont été développés ci-dessus;
- analyser la courbe de la vitesse de chacun de ses véhicules en fonction du temps, décelant ainsi les conducteurs réalisant des excès de vitesse ou ayant une conduite à l'accélérateur et au frein, comportements l'un et l'autre très dispendieux en carburant.

INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

Le règlement communautaire de juillet 1970 a provoqué indirectement par le biais de ses faibles tolérances en matière de déformations du support de l'enregistrement, la disparition des appareils à bande qui permettaient a priori l'enregistrement d'autant de données que souhaité, et notamment du groupe de celles permettant de cerner la forte majorité des facteurs du coût technique de roulage des poids lourds, à savoir :
- les régimes moteur,
- l'usage des freins et du ralentisseur,
- la température d'huile moteur,
- la consommation de carburant.

Ceci est très regrettable, car préjudiciable à l'optimisation de la gestion des poids lourds, mais il serait possible sur les appareils actuels d'appréhender encore relativement bien la gestion énergétique des véhicules.

Une piste supplémentaire à deux voies permettrait en effet d'enregistrer (en "tout ou rien") deux facteurs de la consommation de carburant et une simple augmentation de la course du stylet des natures de temps à chaque fois qu'un litre vient d'être consommé (se reporter au chapitre "Indicateur de consommation" ci-après) procurerait la connaissance de la consommation par véhicule, par conducteur, par type de trafic, par tronçon de parcours, la lecture automatique des disques fournissant ces informations systématiquement.

Il faut bien être conscient que les efforts d'amélioration du style de conduite des conducteurs routiers ne donneront leur plein effet, et même un effet notable, qu'à partir du moment où ceux-ci et leurs entreprises pourront évaluer avec précision les résultats de leurs efforts et les expliquer. Ceci n'est que normal.

Par ailleurs, cette connaissance très analytique des consommations permettrait de détecter en temps utile toutes les éventuelles anomalies imputables au matériel et de déclencher les interventions préventives nécessaires, amélioration dont les répercussions sur le plan énergétique ont déjà été évoquées.

Compte tenu de la marge d'économie escomptable de ce perfectionnement, c'est dire que le budget en jeu au niveau national est très important. Tout doit donc être mis en oeuvre pour aboutir rapidement en la matière.

LIMITEUR DE VITESSE

Certains constructeurs et plusieurs fabricants d'équipements proposent un limiteur de vitesse agissant seulement quand le dernier rapport de boîte -celui qui donne la plus grande vitesse- est enclanché. Le limiteur agit alors sur le débit de la pompe d'injection et une vitesse kilométrique déterminée à l'avance ne peut être dépassée.

Précisons que ce dispositif est inopérant dans les descentes et qu'il est impossible de le généraliser sur tous les véhicules étant donné l'état actuel des techniques de régulation des pompes d'injection.

Son efficacité est surtout réelle sur autoroutes et sur voies rapides car il oblige le conducteur à respecter les vitesses limites réglementaires. Dans ce cas l'économie de carburant peut atteindre 17%, mais une enquête récente a montré que peu de conducteurs français dépassaient de plus de 5 km/h les vitesses limites autorisées. Or 5 km/h est sensiblement la valeur de la marge supérieure de réglage du limiteur (réglage à 85 km/h pour une vitesse limite de 80 km/h).

Cependant, pour une entreprise de transport, le limiteur de vitesse, lorsque techniquement il est adaptable à un ou plusieurs véhicules, peut s'avérer un excellent moyen de contrôle ou de dissuasion pour les conducteurs au "pied lourd".

Pour les conducteurs qui ne respecteraient pas les vitesses limites, un stage de plusieurs semaines sur un véhicule limité en vitesse par construction, constitue un "avertissement" et un moyen de formation. Le conducteur concerné s'apercevra très vite qu'en respectant la vitesse limite, donc en conduisant selon un régime moteur situé dans la plage économique, il réalise des économies, préserve la vie des organes d'usure et conduit dans des meilleures conditions (moindre tension nerveuse, moindre fatigue).

Voir annexe 5 : Essai routier d'un limiteur de vitesse et comparaison des performances avec un véhicule sans limiteur.

INDICATEUR DE CONSOMMATION

Une incitation certaine à consommer moins serait la présence permanente à bord des véhicules d'un "indicateur de consommation", en quelque sorte un "compteur de gasole". Il existe sur le marché des appareils de ce genre. D'origine étrangère, ils s'adaptent plus ou moins aisément sur les véhicules disponibles sur le marché français.

Des essais sont en cours chez les constructeurs de véhicules et chez des transporteurs "pilotes" pour définir un dispositif qui d'une part alimenterait un compteur des litres consommés incorporé dans le tableau de bord, d'autre part, jumelé avec le chronotachygraphe, inscrirait sur le disque une impulsion par litre consommé.

La généralisation d'un tel appareil apporterait d'incontestables résultats très bénéfiques sur le plan de la consommation du parc national de poids lourds, mais elle suppose que soient réunies deux conditions :
- la mise au point du dispositif de comptage (actuellement en bonne voie);
- la préparation des circuits d'alimentation en gasole des moteurs à l'insertion aisée d'un tel système, ce qui s'avère maintenant constituer le problème principal, les divers "retours" existant sur les circuits posant des problèmes spécifiques.

En laissant bien entendu aux constructeurs le temps de préavis nécessaire, l'intérêt national ne pourrait que tirer un grand profit d'une recommandation qui leur serait faite de prévoir ce montage en option. Rendu à ce point, on est fondé à se demander si ce n'est pas le compteur lui-même au moins sous sa forme répétiteur au tableau de bord qui devrait figurer en option au catalogue du constructeur, le choix de l'appareil étant laissé à l'initiative de l'acheteur.

CHOIX DES ITINÉRAIRES

Certains gains de consommation seraient possibles pour certains trafics "à la demande" si l'itinéraire était choisi plus judicieusement avec de nécessaires variantes suivant les conditions climatiques et l'importance du trafic routier selon les différentes époques de l'année.

C'est un point à ne pas négliger surtout lorsque des travaux et des déviations sont annoncées à l'avance. Les membres de la Commission pensent qu'une campagne d'information pourrait être lancée dans cette optique auprès des transporteurs et des conducteurs, notamment aux frontières pour les véhicules entrant en France.

INCITATION A L'USAGE DES AUTOROUTES

Ce point est traité dans le titre VI "Actions sur les infrastructures routières".

Pour mémoire, il est précisé que,à kilométrage égal, l'utilisation de l'autoroute procure une économie de carburant de l'ordre de 10% par rapport à la route "Nationale" classique.

ANNEXES

1. Comment interpréter les indications du compte-tours, suivi du : « Rappel théorique sur le couple, la puissance, le rendement et la consommation »
2. Le double débrayage et la conduite économique
3. Un an de stages de « conduite économique » à l'A F T
4. Comment éviter le gaspillage de carburant
5. Essai routier d'un limiteur de vitesse et comparaison des performances avec un véhicule sans limiteur

Annexe 1

Comment interpréter les indications du compte-tours

L'évolution du style de conduite doit suivre l'évolution de la technique des véhicules : le conducteur ne change plus les vitesses « à l'oreille » mais au compte-tours.

« L'ancienne génération » des conducteurs routiers, ceux qui ont atteint la cinquantaine en 1975 se souviennent de leurs débuts sur des véhicules rustiques, assis sur les banquettes en crin qui recouvraient les batteries, avec en mains un énorme volant, levier puissant de la direction qui n'était pas assistée. Les compte-tours moteur étaient alors pratiquement inexistants. Les rapports de vitesses se changaient « à l'oreille ».

Les temps ont changé. Le gasole est cher, les moteurs puissants ont un appétit en rapport avec leurs performances. Le confort des cabines a évolué, notamment dans le domaine de l'isolation phonique ; on entend à peine le bruit des moteurs - plus du tout sur les autocars à moteur arrière - la conduite « à l'oreille » n'est plus possible.

Autrefois, « l'indicateur » était le niveau du bruit du moteur dont la graduation permettait à l'oreille de percevoir « le moment » où le changement de vitesse s'imposait.

Aujourd'hui, d'auditive cette indication est devenue « visuelle » grâce à la présence d'un compte-tours qui précise le niveau du régime de rotation du moteur auquel doit correspondre un changement de vitesse .

Le conducteur qui passe d'un véhicule « essence » à un véhicule « Diesel » doit adopter un style de conduite différent.

Les véhicules de transport de marchandises et les autocars - et autobus - de plus de 6 t de poids total sont maintenant tous équipés de moteurs Diesel.

A même vitesse du véhicule et dans les mêmes conditions, le moteur Diesel tourne moins vite que le moteur à essence : parce qu'il faut entraîner un poids plus lourd, il faut - pour une même puissance - un couple moteur plus important avec un régime de rotation plus lent (voir la sous-annexe).

Sur un moteur à essence pour véhicule utilitaire dont le régime maximal par construction est fixé à 4 000 tr/mn, supposons que le couple maximal soit obtenu à 2 800 tr/mn, la forme de la courbe de couple est dite « plate ». En conséquence une valeur sensiblement égale à la valeur du couple maximal sera relevée sur une « plage de régime » d'environ 800 tr/mn (400 tr/mn avant et 400 tr/mn après le point 2 800 tr/mn).

Sur un moteur Diesel équivalent, le régime maximal par construction ne dépasse pas 2 400 tr/mn et la forme de la courbe de couple sera plus « pointue ». Supposons que le couple maximal soit obtenu à 1 500 tr/mn, la plage dite de couple maximal sera plus réduite que pour le moteur à essence ; pour le moteur Diesel considéré celle-ci s'étalera sur seulement 400 tr/mn (200 tr/mn de part et d'autre du point de couple maximal) ; *or à cette plage de couple maximal correspond sensiblement la plage de meilleur rendement, donc de moindre consommation* (voir la sous-annexe).

Ainsi s'explique le nombre élevé des rapports de boîte sur un véhicule « Diesel » (6, 8, 10 voire 12 rapports) alors qu'un véhicule « essence » équivalent n'aura que 5 rapports au plus.

La conformation du moteur Diesel et sa boîte à rapports serrés vont donc nécessiter de nombreux changements de vitesses. Pour des raisons évidentes d'économie de carburant, *le conducteur doit faire tourner son moteur dans la plage de régimes qui correspond à la zone de moindre consommation, c'est-à-dire, en général, aux régimes les plus bas compatibles avec un couple disponible encore suffisant, d'où l'intérêt du compte-tours qui indique en permanence le régime de rotation du moteur, le régime maximal autorisé par construction et la plage dite de régimes de couple maximal à laquelle correspond sensiblement la plage de meilleur rendement en palier ou en côte et aussi le meilleur frein-moteur* (1).

« Pour conduire au compte-tours », il est indispensable de bien comprendre ce que sont puissance, couple, régime et rendement d'un moteur.

Il convient aussi de bien saisir la différence qui existe entre, d'une part la puissance et le couple-moteur et d'autre part la puissance et le rendement. Ces deux dernières définitions sont souvent confondues, comme si elles voulaient exprimer la même chose, alors qu'au contraire elles désignent deux caractéristiques bien différentes (2).

La conduite au compte-tours

Si le conducteur réussit à maintenir le régime de rotation du moteur dans la plage de régimes correspondant au couple maximal, il bénéficie du meilleur rendement ce qui se traduit par une consommation raisonnable et des performances optimales sans fatigue excessive des organes mécaniques.

Cette façon de conduire en utilisant en permanence le moteur en-deça du régime maximal autorisé par construction procure une réserve de puissance à tout moment disponible, par exemple pour le franchissement d'une faible pente, pour doubler ou pour se tirer d'une situation délicate, là où la puissance maximale est nécessaire.

Le conducteur adoptera donc un régime de croisière qui se situe dans la plage de régimes de meilleur rendement.

Pour pouvoir interpréter au mieux les indications du compte-tours, le conducteur doit connaître trois caractéristiques essentielles de son moteur.

1. Le régime maximal autorisé par construction

C'est en somme celui qui correspond au nombre de tours par minute qu'on ne doit jamais dépasser. Généralement ce régime est le même que celui où intervient le régulateur qui coupe le débit de la pompe d'injection. Mais lors des montées en vitesse et au cours d'une descente, il se peut que le point soit dépassé. Il y a alors un « surrégime » appelé « emballement ». Rouler alors que le moteur tourne au-delà de son régime maximal aurait des conséquences les plus désastreuses : risque de casse d'organes moteur et transmission, risque d'accident. Le conducteur doit donc l'éviter.

2. La plage de régimes correspondant au couple maximal

Le « régime de couple maximal » ne doit pas être confondu avec le « régime de vitesse maximale » (voir la sous-annexe).

(1) En descente, le conducteur doit faire tourner son moteur au régime qui correspond au meilleur frein-moteur, les freins de roues ne devant être sollicités que pour les arrêts d'urgence et l'arrêt définitif.

(2) A l'aide d'exemples concrets et sans faire appel à des formules mathématiques compliquées, on trouvera plus loin le rappel des définitions fondamentales qui lorsqu'elles sont bien connues, permettent au conducteur d'interpréter toutes les indications du compte-tours et d'en tirer les meilleurs enseignements pour l'utilisation rationnelle du changement de vitesse donc du moteur avec, par voie de conséquence, une moindre consommation.

Le « régime de couple maximal » est celui où le rendement du moteur est le meilleur, donc celui qui procure le plus d'économie de consommation.

Comme on ne peut prétendre se situer à tout instant avec exactitude sur le régime de couple maximal, on doit en tout cas s'imposer de rester toujours dans la plage de consommation optimale. Généralement - nous l'avons vu plus haut - celle-ci s'étale sur environ 400 tr/mn, soit 200 tr/mn au-dessous et 200 tr/mn au-dessus du couple maximal.

Souvent cette plage est zonée sur le cadran du compte-tours. A défaut, on trouvera toujours sur la fiche d'identification du véhicule le niveau du couple maximal et la valeur (nombre de tours/minute) du régime qui y correspond. On peut alors coller sur le cadran une bande adhésive qui s'étend sur 200 tr/mn de part et d'autre du couple maximal.

3. Le régime de croisière

Comme il est dit plus haut, le «régime de croisière » doit se situer dans la plage de meilleur rendement, laquelle correspond « sensiblement » à celle où le couple maximal est développé par le moteur.

C'est au conducteur de fixer « le régime de croisière » en fonction des impératifs de circulation et de la nature de la voie routière. Un moteur Diesel est suffisamment « souple » pour s'adapter, selon les efforts plus ou moins importants qui lui sont imposés, à des conditions différentes de fonctionnement.

Ainsi sur autoroute ou sur voie rapide dégagée, là où la vitesse maximale autorisée par le Code de la Route peut être serrée au plus près, le moteur Diesel « respire » normalement. Si le couple de pont a été bien choisi, comme il a été expliqué plus haut, le conducteur peut fixer son régime de croisière un peu au-delà de la plage de couple maximal : le moteur ne travaillant pas à pleine charge (accélérateur enfoncé à demi ou aux trois quarts de sa course) la consommation restera basse. Dans ces conditions le régime de croisière peut être fixé à un régime inférieur de 12 à 15 % au régime maximal autorisé par construction. Sur certains moteurs où le couple maximal est situé à bas régime, le régime de croisière se situera nettement au-delà (200 à 300 tr/mn) de la plage de consommation optimale à pleine charge, ceci sans effet sensible sur la consommation réelle qui restera basse si le véhicule est utilisé comme expliqué plus haut. Enfin, avec des moteurs du type « maxi-couple » le régime de croisière pourra se situer à une valeur inférieure de l'ordre de 20 % au régime maximal, ce qui permet une utilisation dans la plage des plus basses consommations.

Sur route sinueuse et sur un itinéraire accidenté, le moteur peine davantage et travaille plus souvent à pleine charge, ce qui se traduit par un besoin accru de calories. Le conducteur adoptera dans ce cas un régime de croisière se situant dans la plage du couple maximal, ce qui lui permettra d'atteindre le rendement optimal du moteur à pleine charge.

Sous-annexe

RAPPEL THEORIQUE SUR LE COUPLE, LA PUISSANCE LE RENDEMENT ET LA CONSOMMATION

Sont rappelés ci-après certaines notions sur le couple, la puissance, le rendement et la consommation. Bien souvent les indications qui suivent apparaîtront évidentes parce qu'elles sont naturelles à l'utilisateur dans son comportement pratique quotidien. Ainsi sait-il que la longueur du levier diminue la force que l'on doit exercer sur lui. Mais en rappelant les notions théoriques qui ont conduit à ces conclusions et à ces pratiques, on étendra la compréhension à des phénomènes plus complexes et moins évidents.

LE COUPLE

La fiche technique qui accompagne un véhicule réserve la plus large place à l'énoncé des caractéristiques et des performances du moteur. Il y a quelques années, seule la puissance maximale réelle en chevaux DIN ou SAE (1) et le régime correspondant (en nombre de tours/minute) figuraient sur les notices. A côté de cette puissance maximale on trouve maintenant indiqué le « couple maximal » ou « meilleur couple » et le régime auquel celui-ci a été mesuré.

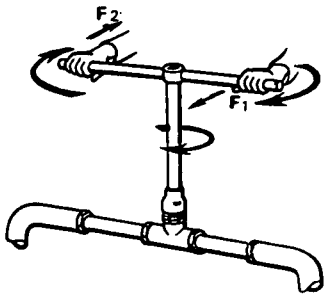
Généralement le « couple » s'exprime en « mkg » (mètre kilogramme) bien que l'unité officielle soit le « m daN » (mètre déca Newton). Equivalence : 1 mkg = 0,98 m daN. Par simplicité, nous exprimerons le couple en mkg, exemple un couple maximal de 103 mkg à 1 600 tr/mn.

Théoriquement, lorsque deux forces égales s'exercent parallèlement et en sens contraire, le « couple » est le produit d'une de ces forces par la distance qui sépare leurs points d'application.

Pratiquement, par des gestes journaliers on peut exercer un couple de différentes façons. Nous avons retenu un exemple général et trois exemples particuliers à l'automobile.

(1) La puissance « réelle » peut être exprimée en chevaux SAE ou en chevaux DIN.
Si le moteur est essayé « nu », c'est-à-dire sans les servitudes habituelles telles que pompe à eau, ventilateur, génératrice électrique, etc. la puissance est dite SAE.
Si le moteur est essayé « complet », c'est-à-dire dans les mêmes conditions que celles réunies sur le véhicule avec notamment le même système de refroidissement et d'échappement et toutes les servitudes, la puissance est dite DIN.
En moyenne, on évalue à 10 % la différence entre les ch SAE et les ch DIN d'un même moteur (200 ch SAE = 180 ch DIN).

LA CLE DE FONTAINIER

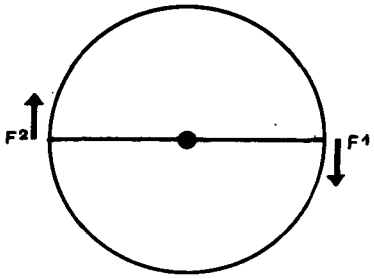


1er exemple :

Les forces parallèles F1 et F2, qui s'exercent en sens contraire, provoquent la rotation de la clé.

De même, la clé en Y du mécanicien permet de serrer ou de desserrer un écrou de roue, grâce aux forces qui s'exercent sur les deux branches.

LE VOLANT DE DIRECTION

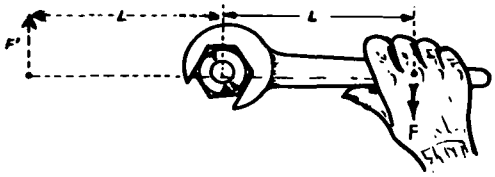


2e exemple :

Quand les deux mains tournent le volant, les forces F1 et F2 s'exercent sur le bras transversal et provoquent la rotation de la colonne de direction.

« L'assistance » de la direction permet de diminuer le diamètre du volant.

LA CLE PLATE

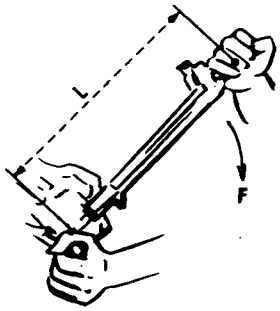


3e exemple :

Cet exemple est plus difficile à comprendre bien que procédant du principe précédent. Une seule force F est exercée sur la clé, mais la résistance due au serrage de l'écrou fait que cette force s'exerce également en sens contraire en F'. Le couple est alors égal à L x F.

Il en est de même pour une clé à tube, un vilebrequin ou une manivelle de serrage d'un écrou de roue.

LA CLE DYNAMOMETRIQUE



4e exemple :

La clé dynamométrique est utilisée pour serrer avec une valeur déterminée certaines pièces mécaniques : culasses, ligne d'arbre par exemple. Elle utilise, comme la simple clé plate, le principe du couple. Son intérêt est que dès que le « couple de serrage » est atteint, elle se déclenche et cesse de serrer.

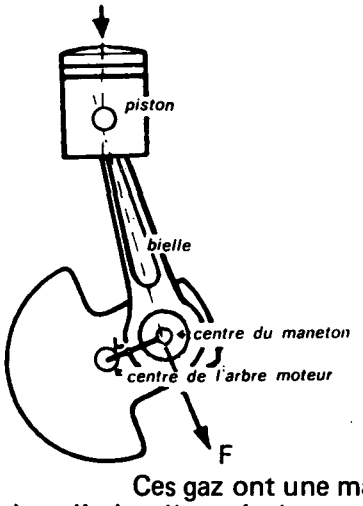
Si l'on exerce une force de 8 kg sur un bras de levier de 1 mètre à la clé on serrera l'écrou à une valeur de 8 mkg. Si le bras de levier ne mesure que 50 cm, il faudra une force de 16 kg pour vaincre le « couple résistant » qui est de 8 mkg.

LE COUPLE MOTEUR

L'énergie développée dans un moteur thermique produit sur les pistons une « *force* » qui se transmet à la bielle, elle-même attelée au vilebrequin prolongé par l'arbre moteur. *Le mouvement alternatif des pistons est ainsi transformé en mouvement circulaire.* Cette transformation d'un mouvement de va-et-vient en mouvement tournant est l'application *d'un système de « forces » agissant sur des « leviers »* selon la définition du couple.

La « force motrice » recueillie sur l'arbre moteur produit une rotation continue et est acheminée aux roues par le système de transmission d'où, pour qualifier cette force, le nom de « couple de torsion » ou de « couple moteur » ou tout simplement de « couple ».

Le couple moteur doit vaincre toutes les résistances qui s'opposent à l'avancement du véhicule. La somme de ces résistances forme la « force parallèle de sens contraire » F2 qui s'oppose à la force développée au niveau des pistons F1, d'où la naissance du « couple moteur » qui, en annulant toutes ces résistances, provoque la rotation de l'arbre moteur.



La poussée des gaz sur le piston provoque le déplacement de celui-ci. Par le système bielle-manivelle, la force F est transmise à la bielle attelée au maneton. Le bras de levier L est égal à la valeur mesurée entre le centre de l'arbre-moteur et le centre du maneton du vilebrequin.

Le couple moteur est égal à

L x F (en mkg)

(L en mètre, F en kg).

Le couple d'un moteur thermique à pistons alternatifs est soumis aux lois de la thermodynamique. La valeur du couple variera donc en fonction de la masse de gaz qui, en brûlant, produit la pression exercée sur le piston.

Ces gaz ont une masse variable qui dépend en grande partie du taux de remplissage du cylindre. Il en résulte que pratiquement nulle au voisinage du ralenti, la valeur du couple augmente d'abord au fur et à mesure que la vitesse de rotation du moteur croît. Cette valeur passe par un maximum, puis va en diminuant alors que le régime augmente encore. La valeur du couple s'accompagne donc de l'indication de la vitesse de rotation correspondante.

C'est précisément le « couple maximal » et son régime correspondant qui sont mentionnés dans les spécifications techniques d'un moteur. La forme de la courbe caractéristique du couple varie suivant que le moteur est à aspiration naturelle ou qu'il est suralimenté par un turbo-compresseur. Suivant le genre de cette suralimentation, la forme de la courbe du couple varie encore suivant que l'on recherche soit du couple à moyen régime, soit de la puissance à régime maximal.

En effet, la « puissance » - nous le verrons plus loin - est fonction du couple et du régime. Le régime étant une variable, le couple aussi, la puissance ne peut donc pas être proportionnelle au couple d'où la faculté de « travailler » soit le couple d'un moteur - un Diesel routier : exemple A - soit la puissance de pointe - un moteur de course : exemple B -

Exemple A : Un moteur Diesel routier de 350 ch à 2 400 tr/mn a un couple correspondant de 104,4 mkg au même régime de 2 400 tr/mn.

Exemple B : Un moteur de course de 350 ch à 9 000 tr/mn a un couple correspondant de 27,8 mkg au même régime de 9 000 tr/mn.

Les deux puissances sont identiques : 350 ch mais elles ne sont pas utilisées aux mêmes fins. Le moteur Diesel routier peut être comparé à un cheval de trait et le moteur de course à un pur-sang ; ces deux chevaux peuvent avoir la même puissance mais ils n'effectuent pas le même « travail ». Le cheval de trait a toute sa puissance « au collier » mais n'est pas rapide ; le cheval de course est incapable de tirer une lourde charge car il a toute sa puissance dans les jambes, ce qui le rend véloce.

LA PUISSANCE

Les forces particulières qui s'exercent sur les pistons d'un moteur sont transmises à l'arbre de transmission par le système bielle-manivelle. Si le couple moteur réussit à vaincre le couple résistant, le véhicule se déplace.

Pour mesurer le couple moteur, on utilise un banc d'essai dont le but est de « freiner » le moteur à essayer (d'où le nom d'essai au frein) en opposant un couple résistant au couple développé par le moteur. On mesure alors la valeur du couple moteur en mètre kilogramme et la valeur correspondante du régime en nombre de tours à la minute.

Connaissant la valeur du couple et son régime, on peut aisément calculer la puissance réelle ou effective ou puissance au frein suivant la formule bien connue (ne pas confondre avec la puissance fiscale ou administrative qui,elle,ne relève pas de la même formule et dont l'abréviation est CV alors que l'abréviation de la puissance réelle est ch) :

$$\text{Puissance en chevaux} : \frac{\text{couple en mkg} \times \text{régime en tr/mn}}{716{,}2}$$

La formule de la puissance (W) est en effet :

$$W \text{ (en ch)} = \frac{L \times F \times 2\pi \times N}{60 \times 75}$$

où :

L : longueur du bras de levier du moteur (c'est l'entraxe bielle vilebrequin),

F : force appliquée au levier (c'est la résultante des forces appliquées sur le piston et transmises par la bielle),

L x F = couple instantané, abréviation C,

$2\pi = 2$ fois 3,14 = 6,28,

(le couple s'applique en un point de la circonférence décrite par le maneton du vilebrequin, le levier représente le « rayon » de cette circonférence, d'où un « travail » du couple pour un tour = L x F x 6,28).

N : nombre de tours du vilebrequin à la minute.

60 : l'unité de puissance étant le kilogrammètre par seconde on divise par 60 les tours/minute pour obtenir des tours/seconde.

75 : un cheval puissance étant égal à 75 kilogrammètres/seconde, on divise par 75 pour obtenir des chevaux (ch), soit la formule simplifiée :

L x F = C

$2\pi = 6{,}28$

60 x 75 = 4 500

$$\text{soit} : W = \frac{C \times 6{,}28 \times N}{4\,500} = \frac{C \times 1 \times N}{716{,}2}$$

$$\text{d'où} : W = \frac{C \times N}{716{,}2}$$

Exemple chiffré :

Soit, par exemple, un moteur ayant un couple maximal de 46 mkg à 1 500 tr/mn. Sa puissance à 1 500 tr/mn est de

$$\frac{46 \times 1\,500}{716{,}2} = 96 \text{ ch}$$

Supposons que ce moteur ait un régime maximal de 2 400 tr/mn et qu'à cette vitesse de rotation corresponde un couple de 41 mkg. A ce régime maximal correspond la puissance maximale qui est de :

$$\frac{41 \times 2\,400}{716{,}2} = 137 \text{ ch}$$

- Pour une différence de moins de 5 mkg, la puissance est cependant supérieure de 41 ch. Ceci est dû au facteur « régime » puisqu'on est passé de 1 500 tr/mn à 2 400 tr/mn, soit 900 tours de plus.

- Pour une voiture particulière, on recherchera une puissance maximale élevée correspondant à un régime se situant aux environs de 5 000 tr/mn (à ce régime correspond un couple de 20 mkg) alors que pour un véhicule utilitaire de fort tonnage la même puissance est obtenue à un régime moteur de moitié moins élevé, ici 2 400 tr/mn (à ce régime correspond un couple de 41 mkg). En effet, la force tangentielle aux roues nécessaire pour déplacer le véhicule est bien plus importante pour un poids lourd que pour une voiture particulière d'où la nécessité d'avoir un couple moteur plus élevé et un régime plus lent.

LE RENDEMENT

Toute machine thermique qui utilise ou transforme une énergie quelconque ne peut restituer intégralement en travail l'énergie fournie. Dans un moteur Diesel deux sortes de « pertes » se produisent :

- *Les pertes thermiques* par l'échappement et le refroidissement. Certaines de ces pertes pouvant d'ailleurs être « récupérées » en partie pour faire fonctionner, par exemple, un turbo-compresseur de suralimentation (échappement) ou pour produire une chaleur ambiante dans le poste de conduite (chauffage utilisant l'eau ou l'air de refroidissement).

- *Les pertes mécaniques* qui sont dues aux divers frottements des pistons, paliers, roulements, engrenages et aux levées de soupapes (pression des ressorts, entraînement de l'arbre à cames) etc..

Le rendement global d'un moteur est le produit du rendement thermique par le rendement mécanique. Le rendement global d'un moteur Diesel est supérieur à celui d'un moteur à essence : de 20 à 30 % selon les modèles commerciaux.

COURBES CARACTERISTIQUES

Les courbes caractéristiques d'un moteur donnent, en fonction du régime, donc de la vitesse de rotation :

— le couple moteur,
— la puissance,
— la consommation spécifique en grammes par cheval fourni pendant une heure.

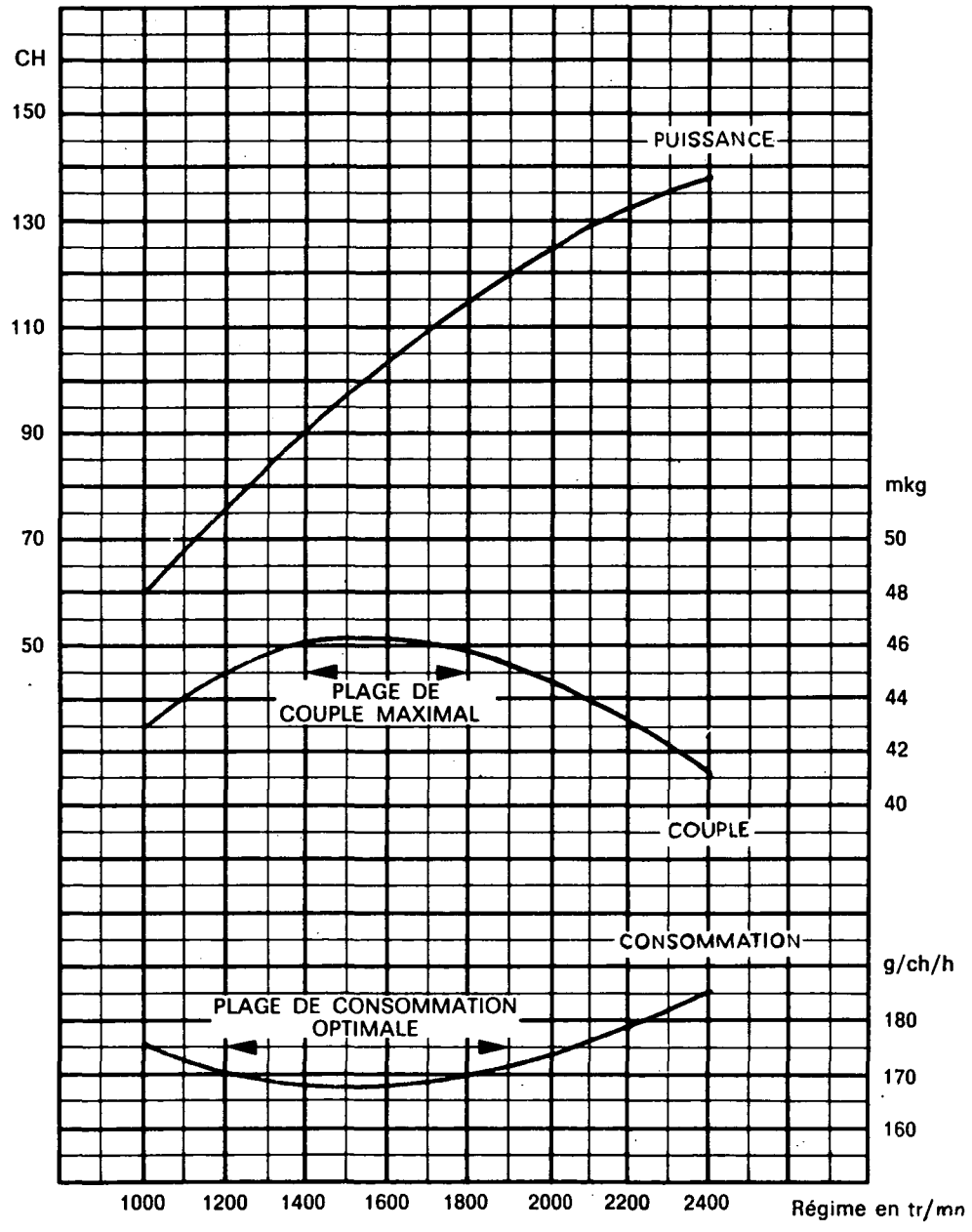
COURBE DE CONSOMMATION A PLEINE CHARGE

La relation entre la puissance, le couple et le régime a été expliquée plus haut.

Concernant la consommation « spécifique » à pleine charge, on remarquera que celle-ci varie en fonction de la puissance et surtout en fonction du couple et que notamment le creux de la courbe qui correspond à la consommation minimale réelle du moteur correspond sensiblement à la plage de meilleur couple (voir graphique des courbes de puissance, de couple et de consommation spécifique à pleine charge ci-dessous).

Nota : La courbe de consommation spécifique à pleine charge est intéressante en elle-même, mais elle ne détermine pas à elle seule le point de consommation optimale.

Exemple de courbes caractéristiques



- Moteur de 137 ch à 2 400 tr/mn. A ce régime maxi correspond un couple de 41 mkg, alors que le couple maxi développé à 1 500 tr/mn est légèrement supérieur à 46 mkg, soit seulement 96 chevaux de puissance.

La consommation spécifique est inférieure à 170 g/ch.h entre 1 200 et 1 800 tr/mn, alors qu'elle est de 185 g/ch.h au régime de puissance maximale.

Les croquis qui illustrent cette étude nous ont été aimablement communiqués par l'Association pour le développement de la formation professionnelle dans les transports (AFT).

Annexe 2

Le "double débrayage" et la conduite "économique"

ROLE D'UN SYNCHRONISEUR

Si l'on veut engrener deux pignons d'inégale grandeur il est impératif que ceux-ci ci tournent à la même vitesse périphérique d'où, sur une boîte élémentaire, la nécessité du double débrayage. Sur les modèles anciens, le « coup d'accélérateur » donné alors que le levier de vitesse est au point mort, relance le régime du moteur et amène sa vitesse sensiblement au même niveau que celle de l'arbre secondaire de la boîte de vitesses, ce qui facilite l'engrènement de la vitesse sans faire « grogner » la boîte.

Le « synchroniseur », que l'on trouve sur les modèles récents, est en fait un petit embrayage à cône, incorporé au baladeur et agissant préalablement au passage du rapport choisi au moyen du levier de vitesse. Le synchroniseur agit donc en deux temps et réalise deux fonctions :

1. Accélérateur lâché, pédale d'embrayage enfoncée, la manœuvre du levier de vitesse provoque le déplacement latéral du baladeur/synchroniseur (coulissant sur l'arbre secondaire). Le cône femelle du synchroniseur vient coiffer le cône mâle de l'arbre à engrener et amène celui-ci à la même vitesse de rotation que le synchroniseur par suite du glissement cône sur cône.

2. Les deux arbres tournant à la même vitesse, le rapport est immédiatement et automatiquement verrouillé par le baladeur à billes qui coulisse dans le corps du synchroniseur.

La boîte se trouvant sur le rapport choisi il suffit ensuite de lâcher la pédale d'embrayage et d'accélérer à nouveau.

Lors des montées en vitesse, l'action du synchroniseur assure un passage des rapports dans un temps très court, mais c'est surtout lors des rétrogradations que son action est primordiale : en effet le synchroniseur se substitue en fait au rôle que l'on faisait jouer à l'accélérateur entre deux débrayages, levier de vitesse au point mort.

Ainsi le conducteur qui, sur une boîte synchronisée, levier au point mort, relance son moteur, consomme inutilement du carburant et, comme généralement le moteur est ainsi relancé à son régime maximal - donc à un régime excessif pour le besoin du moment - les synchroniseurs sont soumis, au moment de l'embrayage, à des contraintes inutiles qui peuvent accélérer leur usure.

Les constructeurs recommandent donc d'éviter le double débrayage « ancienne manière », c'est-à-dire l'accélération brutale au point mort, dans l'utilisation des boîtes et des relais à pignons « synchronisés ». De même le passage d'une vitesse ne doit pas s'effectuer lorsque la prise de mouvement est enclenchée.

CHANGER LES HABITUDES

Des conducteurs chevronnés, formés à la vieille école du « double débrayage », sont devenus essayeurs ou démonstrateurs chez les constructeurs, d'autres, après avoir reçu

une formation pédagogique, enseignent la conduite dans les centres de formation et de perfectionnement de l'A F T. Ces conducteurs ont vite compris que le double débrayage, tel qu'ils l'effectuaient sur les boîtes à baladeurs était néfaste pour les boîtes à rapports synchronisés. Leur longue expérience de la conduite et une connaissance parfaite du matériel roulant leur ont permis de découvrir que la conduite des véhicules à boîte synchronisée pouvait parfaitement s'accomoder de « certaines manœuvres des pédales pour accompagner et soulager le travail des synchroniseurs ». Ces manœuvres, admises par les constructeurs, s'apparentent au double débrayage et au double pédalage sans présenter d'inconvénients pour la durée de vie des synchroniseurs et sans provoquer une consommation supplémentaire.

Nous comparerons ci-après les deux méthodes - aussi bien pour le double débrayage que pour le double pédalage - afin de mieux dégager ce qui diffère dans les manœuvres.

Précisons que pour la nouvelle méthode, il est indispensable que le véhicule soit doté d'un compte-tours avec zone de moindre consommation. Rappelons que cette zone correspond sensiblement à la plage de régime qui « sépare » deux rapports de vitesse (de 400 à 600 tr/mn sur les véhicules de plus de 16 t de PTRA).

Pour nos exemples (ancienne et nouvelle méthodes) nous supposons le véhicule à sa charge maxi, ce qui impose des changements de vitesse effectués au régime de coupure (régime maximal du moteur - ici 2 400 tr/mn - pour la montée en vitesse et au régime voisin du couple maximal pour les rétrogradations - ici 1 500 tr/mn).

Pour la *montée en vitesse,* on supposera le véhicule lancé après que la première ou la deuxième vitesse ait été engagée. *Pour les rétrogradations,* on supposera le véhicule à son régime de croisière, le conducteur se trouvant dans l'obligation de rétrograder rapidement sur un faux plat amorçant une pente.

AVANTAGES DE LA NOUVELLE METHODE

Montée des vitesses

Les boîtes de vitesses *non synchronisées des véhicules anciens* avaient des trains de pignons à grande inertie, d'où la nécessité, lors des montées en vitesse, de la manœuvre du double pédalage avec lâcher total de l'accélérateur pour ralentir le plus rapidement possible les pignons de l'arbre primaire, solidaire - avec interposition de l'embrayage - de l'arbre-moteur, avant de les engrener avec les pignons correspondants sur l'arbre secondaire.

Les boîtes de vitesses *synchronisées des véhicules modernes* ont des trains d'engrenage plus légers avec des pignons à prise constante, l'engrènement se faisant de façon plus rapide, au niveau des arbres cannelés qui les supportent et les entraînent avec l'intervention des synchroniseurs.

Le fait de ne pas relâcher la pression du pied sur l'accélérateur mais au contraire de seulement faire « tomber » le régime du moteur au nombre de tours juste nécessaire pour amener arbre primaire et arbre secondaire sensiblement à la même vitesse, soulage les synchroniseurs et permet une mise en vitesse plus rapide, sans consommation complémentaire une fois le rapport de vitesse verrouillé.

Le double pédalage peut être utilement conservé, afin que, levier au point mort et accélérateur réglé pour assurer au moteur le régime idéal de passage de vitesse, le second embrayage imprime à l'arbre primaire de la boîte la valeur exacte de la vitesse de rotation du moteur juste avant le passage du rapport supérieur qui suit immédiatement.

Rétrogradation des vitesses

Dans le cas d'une *boîte non synchronisée,* le conducteur, levier au point mort, relance de façon aveugle le régime du moteur pour atteindre le maxima. *Si cette manœuvre était conservée pour la conduite d'un véhicule à boîte synchronisée,* elle aurait pour effet, au moment de l'embrayage qui suit le coup d'accélérateur, de lancer les synchroniseurs à une vitesse excessive qui accèlère leur usure. De plus, ce « coup » d'accélérateur provoque le déplacement total de la crémaillère de la pompe d'injection d'où un débit important de carburant consommé inutilement et, souvent, une bouffée de fumée colorée à l'échappement.

Par contre, le fait de ne pas lâcher complètement l'accélérateur avant le premier débrayage, évite le retour de la crémaillère de la pompe d'injection à zéro. La pression légère exercée sur l'accélérateur pour augmenter le régime du moteur de quelque 600 tr/mn fait moins consommer de carburant que la « remise en vitesse » après le passage d'un rapport « rétrogradé » sans double débrayage.

Pour les conducteurs parfaitement rompus à la pratique du double pédalage et du double débrayage conventionnels, il leur sera facile de s'adapter à cette nouvelle méthode qui ménage la mécanique et économise du carburant.

	ANCIENNE METHODE (boîtes à baladeurs)	*NOUVELLE METHODE (boîtes synchronisées)*	*DIFFERENCE*
MONTEE DES VITESSES : double pédalage	*Pour monter les vitesses,* le conducteur effectue la manœuvre dite du « double pédalage » en agissant *deux fois* sur la pédale d'embrayage *sans toucher la pédale d'accélérateur.*	*Pour monter les vitesses,* le conducteur effectue la manœuvre du double pédalage en agissant *deux fois* sur la pédale d'embrayage mais son pied droit diminue plus ou moins sa pression sur la pédale de l'accélérateur en fonction de la vitesse de régime du moteur lue au compte-tours	*Pied gauche :* action identique dans les deux méthodes. *Levier de vitesse :* ramené au point mort de façon identique dans les deux méthodes.
	Il opère ainsi : 1) *Lâcher la pédale de l'accélérateur,* enfoncer la pédale d'embrayage et amener le levier de vitesse au point mort.	*Il opère ainsi :* 1) Enfoncer la pédale d'embrayage et placer le levier des vitesses au point mort *tout en diminuant la pression du pied droit sur l'accélérateur pour atteindre au compte-tours le nombre de tours-moteur correspondant au rapport supérieur à engager.* (Si le régime maximal du moteur est de 2400 tr/mn et que la différence de régime est de 600 tr/mn entre les deux rapports de vitesse, le conducteur diminue la pression du pied sur l'accélérateur pour faire tomber le régime moteur à 2 400 – 600 = 1 800 tr/mn, ce qui correspond sensiblement à la limite supérieure de la partie zonée - consommation économique - lisible au compte-tours).	*Pied droit, ancienne méthode :* lâche totalement l'accélérateur pendant les deux manœuvres de l'embrayage et le changement de rapport. *Nouvelle méthode :* diminue sa pression sur l'accélérateur en fonction de la vitesse de régime du moteur, ce qui fait intervenir l'œil pour la lecture du compte-tours et le cerveau pour calculer la vitesse de régime à respecter et commander la modulation du pied droit sur l'accélérateur d'après l'interprétation de ces valeurs.
	2) Lâcher la pédale d'embrayage puis l'enfoncer à nouveau et passer la vitesse supérieure.	2) Lâcher la pédale d'embrayage puis l'enfoncer à nouveau et passer la vitesse supérieure.	2) Sans changement.
	3) Lâcher la pédale d'embrayage puis accélérer	2) Lâcher la pédale d'embrayage puis accélérer.	3) Sans changement.
RETROGRADATION DES VITESSES : double débrayage	*Pour rétrograder les vitesses,* le conducteur effectue la manœuvre dite du « double débrayage » en agissant sur les deux pédales : embrayage et accélérateur.	*Pour rétrograder les vitesses,* le conducteur effectue la manœuvre du double débrayage mais l'action de son pied droit est différente de ce qu'elle était dans l'ancienne méthode.	*Pied gauche :* action identique dans les deux méthodes. *Levier de vitesse :* ramené au point mort de façon identique dans les deux méthodes.
	Il opère ainsi : 1) *Lâcher la pédale de l'accélérateur,* enfoncer la pédale d'embrayage et ramener le levier de vitesse au point mort (même opération que pour la montée en vitesse).	*Il opère ainsi :* 1) Enfoncer la pédale d'embrayage et placer le levier des vitesses au point mort *tout en manœuvrant la pédale de l'accélérateur pour amener le régime du moteur (à lire au compte-tours) au nombre de tours correspondant au rapport inférieur à engager.* (Le conducteur doit connaître la valeur du régime moteur correspondant au couple maximal ; ici 1500 tr/mn. Le conducteur doit amener le régime moteur à 1500 + 600 = 2100 tr/mn, régime favorable au bon enclenchement du rapport inférieur).	*Pied droit, ancienne méthode :* lâche l'accélérateur avant le premier débrayage ; enfonce l'accélérateur, levier au point mort, pour relancer le régime du moteur entre les deux débrayages ; reprend l'accélérateur une fois la vitesse passée et le moteur embrayé. *Nouvelle méthode :* module sa pression sur l'accélérateur pour amener le régime du moteur au niveau correspondant au rapport inférieur à engager,ce qui fait intervenir l'œil pour la lecture au compte-tours et le cerveau pour le calcul de la vitesse de régime à ne pas dépasser.
	2) Lâcher la pédale de l'embrayage puis *accélérer à vide. Lâcher l'accélérateur* et enfoncer la pédale d'embrayage rapidement pour engager le rapport de vitesse inférieur.	2) *Sans changer la position du pied sur l'accélérateur,* lâcher rapidement la pédale d'embrayage, puis l'enfoncer à nouveau pour engager le rapport de vitesse inférieur.	2) Il n'y a plus d'accélération à vide, génératrice d'une consommation inutile et néfaste pour la durée de vie des synchroniseurs.
	3) Lâcher la pédale d'embrayage puis enfoncer à nouveau, cette fois légèrement, l'accélérateur pour maintenir le régime.	3) Lâcher la pédale d'embrayage puis maintenir le régime en modulant la pression du pied sur l'accélérateur.	3) La position du pied droit sur l'accélérateur varie très peu, le régime d'utilisation propre au nouveau rapport de boîte étant pratiquement atteint.

Annexe 3

Un an de stages de "conduite économique" à l'AFT

Le premier stage de « conduite économique » organisée par l'A F T a débuté le 28 novembre 1974 à Poitiers.

Un an après, l'A F T faisait état de l'organisation de 97 stages regroupant 754 conducteurs répartis de la façon suivante :

— 95 stages pour des entreprises de transport et
— 2 pour les entreprises privées (35 stages sur autocars, 19 sur porteurs et 43 sur véhicules articulés).

Par centre A F T, le bilan est le suivant :

— Poitiers : 51 stages - 429 participants ;
— Toulouse : 12 stages - 81 participants ;
— Monchy-Saint-Eloi : 9 stages - 91 participants ;
— Marseille : 8 stages - 49 participants ;
— Nancy : 8 stages - 45 participants ;
— Le Tremblay : 5 stages - 39 participants ;
— Lyon : 4 stages - 30 participants.

Ne figurent pas ici les stages organisés depuis le 1er janvier 1976.

Les économies de carburant enregistrées sont de 9,5 % (porteurs) ; 11,2 % (véhicules articulés) et 13,6 % (autocars).

Autres résultats positifs enregistrés : diminution des manœuvres de pédale de frein (40 %) et d'embrayage (23 %).

PROGRAMME TYPE D'UN STAGE

Réservé à des conducteurs routiers (employés par des entreprises de transport ou des entreprises industrielles ou commerciales), ce stage d'une durée limitée à 40 heures (5 jours) a pour objet à la fois :

— de sensibiliser les intéressés aux économies de matériel et de carburant ;
— de leur permettre de se situer eux-mêmes de ce point de vue et partant de modifier, en les améliorant, leurs attitudes et comportements au volant.

Les exercices pratiques de conduite de véhicules poids lourds sont accompagnés d'enregistrements comparatifs d'une conduite irréfléchie, puis rationnelle : consommation de gasole, utilisation de l'embrayage, de la pédale de freins, de la boîte de vitesses, temps de parcours, etc.

- **Lieu du déroulement des stages**

Ces stages ont lieu dans les centres spécialisés de l'A F T ou à la demande des entreprises, soit chez elles, soit dans un lieu de leur choix.

- **Le matériel nécessaire**

Le matériel indispensable pour la bonne efficacité du stage doit être un car, un camion, un véhicule articulé avec semi-remorque classique, au moins à mi-charge, et équipé de moyens d'enregistrement : chronotachygraphe, compteur de tours moteur, compteur gasole (vérification au 10e de litre), à ceci, il faut ajouter, installés dans une salle, des moyens audio-visuels peu importants.

- **Le coût du stage (au 1.1.76)**

Pour un groupe interentreprise le stage coûte 1 550 F HT par conducteur. Cette somme est déductible de la contribution de formation continue.

Les statistiques établies dans les entreprises montrent que le véhicule qui consomme le plus est celui qui se détériore le plus.

- **Programme du stage**

1er jour : découverte du circuit et mise en commun des connaissances.

2e jour : test de conduite libre.

3e jour : étude du comportement que doit avoir le conducteur dans l'exercice de son métier, modifications à apporter dans les attitudes constatées, communication des informations techniques indispensables (plage de régimes, etc.)

4e jour : mise en pratique des techniques étudiées la veille, enregistrement des résultats.

5e jour : conclusion du stage.

- **Quelques conseils pour arriver à ces résultats**

Entre les deux expériences, un cours théorique a permis aux conducteurs de recevoir les conseils suivants :

— bien connaître le fonctionnement d'un moteur et la nécessité de l'alimenter convenablement ;
— suivre une plage située entre 1200 et 1800 tours et non 2300 (ainsi qu'il avait été pratiqué lors du premier parcours) ;
— considérer comme plus avantageux de passer la 5e au lieu de rester en 4e à 1 900 tours ;
— ne pas juger utile de rétrograder toutes les vitesses à un feu rouge (il faut prévoir sa conduite) ;
— ne pas se livrer à une conduite « en accordéon » (accélération-frein).

- **Une conduite économique**

Il est inévitable que les stagiaires mis au courant des objectifs de cette démonstration et sachant qu'ils venaient pour un stage de conduite économique, ont en conséquence dès le premier test de conduite modifié leur comportement, réduisant la frange d'économie constatable entre les deux passages en conduite.

L'expérience montre que l'on peut obtenir une économie immédiate de carburant de l'ordre de 5 % par rapport à la consommation normale, dès que les conducteurs sont sensibilisés au thème économique, et de l'ordre de 12 % après une formation plus spécifique.

- **Une conduite plus sûre**

Personne ne peut dire qu'une conduite économique telle qu'elle est démontrée au cours de ce stage est plus dangereuse qu'une autre conduite. Bien au contraire, cette

conduite correspondant à l'utilisation optimale de la mécanique est la plus sûre et la moins fatigante. L'intérêt du conducteur sur le plan fatigue et sécurité rejoint celui du transporteur et de l'industriel sur le plan de la recherche du plus bas prix de revient et celui de la Nation sur le plan de l'économie d'énergie.

- **Des chiffres qui parlent, des chiffres qui paient**

Si l'économie constatée de carburant n'était que de 10 % mais qu'elle soit réalisée sur l'ensemble du parc PL on obtiendrait une économie de 700 millions de litres, soit 994 millions (presque un milliard prix de vente à la pompe).

Annexe 4

Comment éviter le gaspillage de carburant

D'après « Promotion-transports »

SURVEILLANCE ET CONTROLE DES LIVRAISONS DES FOURNISSEURS

Les livraisons de carburant doivent se faire sous le contrôle effectif du responsable désigné.

Le jaugeage de la cuve, avant et après la livraison, permet de comparer les quantités livrées :

— avec celles qui sont inscrites sur les bons de livraison,
— et celles qui sont indiquées par le volucompteur du véhicule de livraison, ou qui résultent du jaugeage de la citerne de celui-ci avant et après livraison.

Il est regrettable de constater des débordements lorsqu'on fait le plein d'une cuve. Cet inconvénient est supprimé si la quantité à livrer est bien définie par la fiche de stock de la cuve.

CONTROLE DE LA DISTRIBUTION A L'INTERIEUR DE L'ENTREPRISE

Le contrôle de la distribution diffère selon que celle-ci est effectuée à l'intérieur de l'entreprise ou qu'il s'agit d'achats à l'extérieur.

La distribution de carburant peut s'effectuer de deux manières :

1er cas : un responsable est chargé de distribuer le carburant. La distribution est faite sous sa seule responsabilité. Il doit donc utiliser une *méthode* qui lui permette de :
— mentionner journellement les quantités distribuées,
— noter le numéro du véhicule approvisionné et le kilométrage inscrit au compteur,
— faire émarger le conducteur,
— contrôler en fin de journée la concordance entre les indications du volucompteur et le total des livraisons,
— mettre à jour la fiche de stock de la cuve,
— déclencher au vu de cette fiche l'approvisionnement du fournisseur.

2e cas : les conducteurs s'approvisionnent eux-mêmes en carburant au volucompteur.

Chaque conducteur est tenu de porter sur un registre à date :
— le nombre inscrit au volucompteur avant sa prise de carburant,
— la quantité qu'il s'est délivrée
— le nombre inscrit au volucompteur après sa prise de carburant,
— le numéro du véhicule et le kilométrage du compteur,
— son nom et sa signature.

Il s'établit ainsi un *auto-contrôle ;* toute anomalie constatée au compteur avant la prise de carburant doit être signalée. En fin de journée, le responsable désigné établit le solde de la contenance de la cuve.

SURVEILLANCE DU STOCKAGE

Les citernes

Lorsqu'une entreprise dispose d'une ou plusieurs cuves de stockage de gasole et quelquefois d'essence, il est recommandé d'assurer la *surveillance* des stocks d'une manière rigoureuse tant pour la sécurité générale que pour une bonne gestion de l'entreprise.

L'accès des cuves de stockage est rigoureusement interdit à toute personne qui n'est pas désignée pour en assurer la garde, l'entretien et le remplissage.

Les commandes de carburant sont déclenchées à temps et en quantités suffisantes. Pour ce faire, le responsable tient une *fiche de stock* sur laquelle sont inscrites les entrées (livraisons des fournisseurs), les sorties (livraisons aux véhicules) et le solde.

La détermination journalière du solde est importante pour deux raisons principales :

— elle permet de définir la quantité à commander au fournisseur, ainsi que la cadence des livraisons, pour assurer le maintien d'un stock minimum ;
— elle supprime le risque d'être à court de carburant et de ravitailler les véhicules à l'extérieur de l'entreprise, ce qui entraîne généralement une augmentation du coût du carburant.

Les appareils de distribution

Les appareils doivent être maintenus en bon état.

— Si les appareils de distribution sont *en location,* il est utile de connaître les clauses du contrat d'entretien et de s'assurer que celui-ci est correctement exécuté.

— Si les appareils sont la *propriété* de l'entreprise, un responsable de l'atelier doit être capable d'assurer les réparations nécessaires en cas de panne. Il serait dommage de devoir s'approvisionner à l'extérieur à cause d'une panne du volucompteur.

— Les compteurs sont à vérifier périodiquement ; leur mauvais fonctionnement perturberait le contrôle qui est leur fonction essentielle.

Les réservoirs des véhicules

Les réservoirs des véhicules doivent être *verrouillés,* leur accès n'étant possible qu'en la présence du conducteur.

Dans la mesure du possible, l'accès aux canalisations est empêché ou rendu difficile par des fermetures ou des plombages ; des contrôles sont effectués de manière à décourager les fraudes éventuelles.

CONTROLE DES ACHATS DE CARBURANT A L'EXTERIEUR DES ENTREPRISES

Chaque prise de carburant effectuée à l'extérieur de l'entreprise doit être signalée d'une manière claire et précise. Différentes méthodes peuvent être utilisées : carnet de consommation se trouvant à bord du véhicule, collationnement des bons de livraison des fournisseurs, cartes et carnets de crédit carburant, etc. Il importe avant tout que les prises de carburant soient *enregistrées systématiquement* avec les renseignements suivants :

— date de la prise de carburant ;
— nom du fournisseur ;
— quantitée livrée ;
— numéro du véhicule et kilométrage du compteur ;
— coût de l'achat;
— nom et signature du conducteur.

SURVEILLANCE ET ENREGISTREMENT DES CONSOMMATIONS

Le carburant entre pour une part importante dans les coûts d'exploitation. La constatation des consommations des véhicules constitue donc un des éléments essentiels de la gestion. En pratique l'effet des suggestions précédentes ne peut être apprécié que si la consommation réelle des véhicules est régulièrement constatée.

Le relevé mensuel de la consommation de l'ensemble du parc ne fournit qu'un renseignement insuffisant. Il est nécessaire de mettre en place une méthode qui permette de calculer la consommation réelle de chaque véhicule pour une période déterminée, le mois par exemple.

Pour ce faire, il reste à :

— totaliser les prises de carburant mensuellement et par véhicule ;
— déterminer le total des kilomètres parcourus mensuellement par chaque véhicule.

Le quotient de ces deux nombres, multiplié par 100, donne pour chaque véhicule la *consommation mensuelle aux 100 kilomètres.* Compte tenu des indications du constructeur et surtout de l'expérience des matériels dans l'entreprise, il devient ainsi possible de constater pour chaque véhicule les *dépassements anormaux de consommation.*

Ces dépassements peuvent provenir soit de manipulations sur les livraisons de carburant, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'entreprise, soit des mauvaises conditions d'utilisation des véhicules, en particulier d'une conduite irrationnelle et de mauvais réglages.

Annexe 5

Essai routier d'un limiteur de vitesse

Dans son numéro du 20 décembre 1975, l'hebdomadaire « *La Vie des Transports* » a publié les résultats d'une expérience à laquelle avaient pris part trois véhicules de types identiques quant à la structure, la puissance, le couple moteur, le nombre de vitesses et la carrosserie. L'un de ces véhicules (A) était doté d'un limiteur de vitesse, un autre (C) était limité en vitesse par son couple de pont (pont court), le troisième (B), était conduit en appliquant la méthode dite de « conduite économique » telle qu'elle est pratiquée à l'AFT, mais sans limiter sa vitesse en deça de la vitesse maximale qui était de 100 km/h.

Nous publions ci-après les résultats et les conclusions de cette expérience.

Véhicule A, avec limiteur de vitesse

Pont : 14 x 41 x 0,5 = R : 5,86.

Vitesse maxi théorique : 100 km/h.

Vitesse maxi possible : 86 km/h environ :
— avec limiteur de débit sur pompe d'injection,
— le limiteur agit seulement en huitième vitesse:

Régime maxi utilisable : 1900 tr/mn en huitième vitesse - 2200 tr/mn dans les autres rapports.

Véhicule B, sans limiteur de vitesse

Pont : 14 x 41 x 0,5 = R : 5, 86.

Vitesse maxi théorique : 100 km/h.

Vitesse maxi possible : 100 km/h environ.

Régime maxi utilisable : 2 200 tr/mn dans tous les rapports de boîte.

Véhicule C, limitation au niveau du couple de pont (pont court)

Pont : 12 x 41 x 0,5 = 6,83 .

Vitesse maxi théorique : 86 km/h.

Vitesse maxi possible : 86 km/h environ.

Régime maxi utilisable : 2 200 tr/mn dans tous les rapports de boîte.

Résultats « bruts » de l'expérience

Cette expérience s'est déroulée le 4 décembre 1975 par un temps clément, sur l'autoroute A6 entre Rungis et Limonest près de Lyon, soit un parcours de 437 km.

VEHICULES	*VEHICULE A* *Vitesse maxi théorique de 100 km/h limitée à 86 km/h par montage du limiteur de débit*	*VEHICULE B* *Vitesse maxi théorique et possible de 100 km/h sans limiteur de débit*	*VEHICULE C* *Vitesse maxi théorique et possible de 86 km/h sans limiteur mais pont court*
PTRA	38 t	37,9 t	38,4 t
Nombre de km (1)	437	438,5	437
Temps de roulage (2)	5 h 56	5 h 06	5 h 51
Consommation totale	167,9 l	197,4 l	183,9 l
Vitesse moyenne (2)	73,65 km/h	85,98 km/h	74,70 km/h
Consommation 100 km	38,42 l	45,01 l	42,08 l
Dépense en gasole (3)	209,87 F	246,75 F	229,87 F

(1) La différence du kilométrage tient au fait que le véhicule B a eu à doubler de nombreux véhicules et a déboîté plus souvent que les deux autres.
(2) Temps de roulage et moyenne « arrêts déduits ».
(3) Dépense calculée sur la base de 1,25 F le litre de gasole prix à Paris le 15 décembre 1975.

Résultats commentés

• *Le véhicule A limité à 86 km/h* par montage d'un limiteur de débit a réalisé une vitesse moyenne plus qu'honorable de 73,65 km/h sur autoroute sans jamais dépasser la vitesse limite réglementaire. A cette vitesse « moyenne » correspond en huitième vitesse, un régime « moyen » de 1 620 tr/mn, soit, le plus souvent une utilisation du moteur dans la plage d'usure minimale et de consommation optimale se situant en deça, d'environ 35 % du régime maximal. Aussi n'est-il pas étonnant que la consommation moyenne ressorte à seulement 38, 42 l pour 100 km. Certains trouveront cette consommation très basse pour 38 t de PTRA. Il faut préciser que nous avons eu des conditions favorables de circulation (fluidité et beau temps) et que nous avons exclusivement utilisé l'autoroute.

Ajoutons que sans limiteur et avec le même conducteur « au pied léger » les mêmes performances ont été réalisées dans des conditions identiques de roulage lors du premier stade de l'expérience.

• *Le véhicule B pouvant rouler à 100 km/h* a réalisé une vitesse moyenne de près de 86 km/h... montrant ainsi qu'il avait utilisé toutes les possibilités qui lui étaient offertes.

Sa vitesse moyenne a été supérieure de 16,7 % à celle du véhicule limité, mais sa consommation a aussi été supérieure, ici de 17 % soit une dépense supplémentaire, pour 437 km, de 36,88 F. Sur une utilisation de 100 000 km, cela fait une dépense de gasole supplémentaire, au tarif actuel, de 8 439 F, sans préjudice des risques encourus sur les plans de la sécurité et des infractions et de l'usure forcément accélérée du matériel. Rien que pour le moteur le régime moyen d'utilisation qui découle d'une moyenne de 86 km/h est d'environ 300 tr/mn supérieur à celui du véhicule A.

• *Le véhicule C limité par construction à 86 km/h* (pont court) a réalisé une moyenne un peu supérieure à celle du véhicule A limité, lui, soit par le pied du conducteur, soit par un limiteur de débit : 74,7 km/h au lieu de 73,65 km/h, soit sensiblement 1 km/h de mieux, ce qui paraît négligeable. Par contre, il a consommé 3,66 l de plus aux 100 km, soit 9,5 % de plus,soit encore une dépense supplémentaire de 4 576 F pour 100 000 km. L'usure du moteur du véhicule C sera aussi accélérée, car il aura tourné en moyenne, lui aussi, a environ 300 tr/mn au-dessus du régime de croisière du moteur du véhicule A.

• Les véhicules B et C du fait de leur régime élevé ont émis un bruit moteur plus intense que le véhicule A qui tournait au deux tiers de son régime maxi. Malgré la parfaite isolation acoustique de la cabine, la différence de bruit était sensible à l'intérieur et importante à l'extérieur.

Conclusions

L'étude approfondie de ces résultats amène les constatations suivantes :

• Ces résultats concernent uniquement un parcours autoroutier classique. Les valeurs de consommation et les moyennes réalisées ne peuvent être prises en considération pour des parcours routiers où forcément le limiteur de débit n'entre en action qu'au-delà de 80 km/h. Comme nous le verrons plus loin on peut régler la limitation du débit à une vitesse différente, la butée étant réglable.

• Le limiteur de vitesse uniquement sur le huitième rapport a fait la preuve de son efficacité, mais il ne peut limiter la vitesse du véhicule en descente d'un 38 t qui, à partir d'un certain pourcentage de pente descendante, prend de la vitesse grâce à son énergie potentielle. C'est au conducteur de limiter la vitesse en engageant un rapport inférieur pour bénéficier du frein moteur.

• *La solution du pont « court » n'est pas bonne eu égard à sa consommation excessive et à l'accélération de l'usure qu'il provoque.*

• Le gain du temps du véhicule non limité est appréciable, mais il est acquis au prix d'une consommation élevée et dans des conditions d'infraction quasi permanente.

• *L'expérience prouve aussi qu'une « conduite économique », qui respecte les limites de vitesses avec l'utilisation d'un pont « long » sans limiteur, donne d'excellents résultats.*

Le limiteur est donc une excellente solution mais ... ce n'est pas une panacée, en effet :

• Il ne sera utile que sur une voie sur laquelle on pourrait - du fait de son profil et de son trafic - dépasser la vitesse autorisée.

• Il n'agit pas dans les rapports intermédiaires de boîte, dans le cas qui nous a été présenté. Bien sûr on peut utiliser un limiteur sur tous les rapports de boîte mais cela suppose une chaîne cinématique différente, adaptée à chaque type de parcours.

• Dans l'état actuel des choses, il est proposé chez Berliet sur seulement quelques modèles, ceux dotés du moteur maxi-couple. Sa généralisation à d'autres modèles demandera du temps car des études et essais sont nécessaires.

• Il ne peut s'appliquer qu'à des moteurs dont le régulateur de pompe d'injection est du type « toutes vitesses » ou « tous régimes ». Il est pratiquement inadaptable à un régulateur « mini-maxi », lequel type de régulateur équipe de nombreux moteurs étrangers.

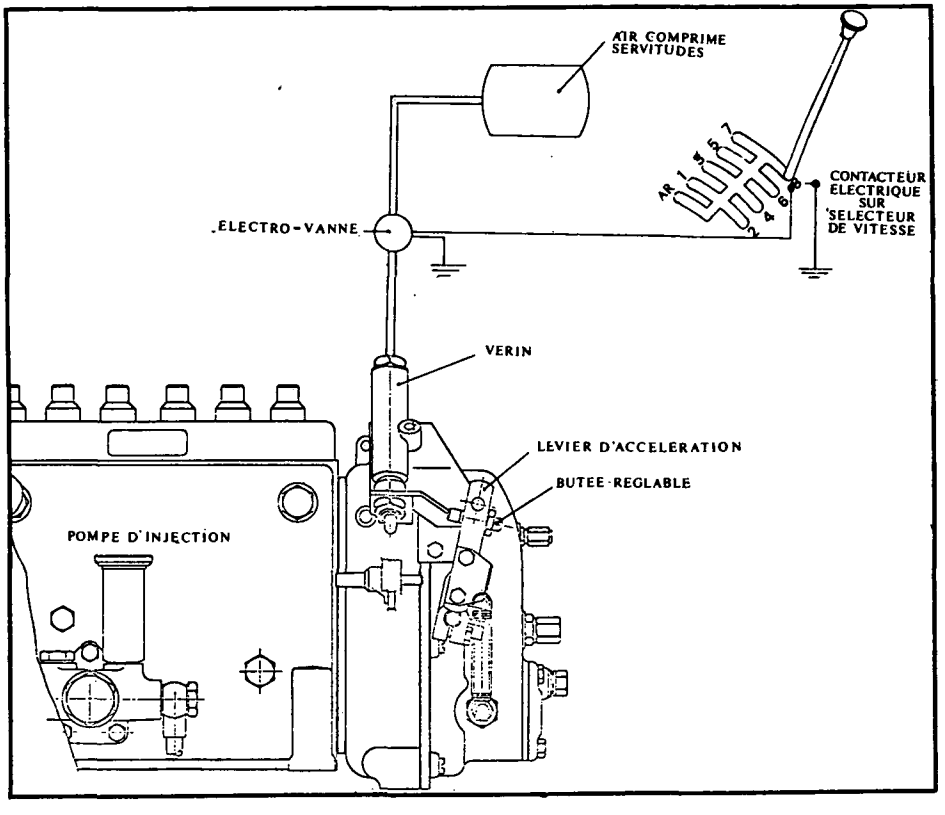
• Le régulateur de débit est inopérant dans les descentes.

• Une généralisation réglementaire - impensable au demeurant - du limiteur de débit ne pourrait intervenir que dans le cadre européen.

• Cette expérience aura prouvé une fois de plus que le seul « limiteur » universel, pouvant fonctionner en toutes circonstances, reste « le pied » commandé par le cerveau du conducteur. Respecter la réglementation routière, respecter la mécanique, conduire économiquement sont trois qualités que doit avoir un bon conducteur. Dans cet esprit le limiteur de vitesse est aussi un bon instrument de formation et de perfectionnement professionnels.

COMMENT FONCTIONNE LE LIMITEUR DE VITESSE DEVELOPPE PAR BERLIET

(Extrait de la Vie des Transports du 20 décembre 1975)



Pour répondre à un souhait formulé il y a plus de trois ans par la FNTR, Berliet a étudié et développé un limiteur de vitesse. Celui-ci agit sur le débit de la pompe d'injection, uniquement lorsque le dernier rapport de boîte est engagé, ceci afin de permettre d'utiliser toute la puissance du moteur dans les rapports intermédiaires lorsque les circonstances l'exigent.

Comme on peut le voir sur le croquis, un contacteur électrique est placé dans le couvercle de la boîte. Le contacteur est fermé seulement lorsque le levier de vitesse a engagé le huitième rapport (boîte 8 vitesses BRL3). Il est ouvert dans tous les autres rapports.

La fermeture du contact ouvre une électro-vanne alimentée en air par le réservoir de commande des servitudes.

L'air comprimé libéré par l'électro-vanne actionne un petit vérin monté sur la pompe d'injection. Ce vérin pousse une butée devant le levier d'accélération de la pompe, limitant ainsi son débattement et, par voie de conséquence, empêchant l'accroissement du débit de la pompe.

La manœuvre du levier de vitesse vers un autre rapport de boîte ouvre le contacteur électrique ce qui ferme l'électro-vanne, d'où retour de la butée. Celle-ci s'efface pour

libérer le débattement du levier d'accélération qui comporte un système de réglage plombé pour permettre d'ajuster le régime maximal du moteur à la vitesse maximale souhaitée du véhicule, avec une plage de sécurité de 5 à 10 km/h par exemple.

On peut ainsi adapter la vitesse de régime du moteur dans tous les cas de vitesse maximale réglementaire et quel que soit le couple de pont choisi. (Suivant le tonnage des véhicules, les marchandises qu'ils transportent et les itinéraires qu'ils empruntent, les maxi-codes 19 t et 38 t roulent à des vitesses limites différentes. On peut ainsi utiliser un couple de pont donnant une vitesse maxi théorique de 86 km/h et limiter la vitesse du véhicule à 65 km/h par action du limiteur sur un véhicule transportant toujours des matières dangereuses par exemple).

- Il est facile à tous moments de vérifier le bon fonctionnement du limiteur. Pour cela il suffit - véhicule à l'arrêt, frein de parcage serré - de lancer le moteur, passer le 8e rapport et, en maintenant le pied sur la pédale de débrayage enfoncée, accélérer à fond. Le régime lu au compte-tours doit correspondre au régime atteint lorsque la vitesse affichée sur route est celle où agit le limiteur (exemple : vitesse maxi possible : 85 km/h = 1 900 tr/mn).

Titre VI

ACTIONS SUR LES INFRASTRUCTURES ROUTIÈRES

Incitation à une plus grande utilisation des autoroutes existantes

Amélioration de la qualité de certains revêtements routiers

Création de routes à deux chaussées séparées

Toutes opérations pour faciliter la circulation des poids lourds sur les routes existantes

---

Les représentants de l'Administration ne se sont pas associés à cette partie du rapport.

Ceci ne préjuge pas de la position de l'Administration à l'égard des propositions exprimées.

PREAMBULE

La première question à se poser en abordant ce sujet est la suivante :

"Quel est le régime de roulage qui donne le meilleur rendement énergétique ?". On peut immédiatement répondre "une vitesse aussi constante que possible", et ce pour deux raisons :

- à vitesse moyenne donnée, c'est elle qui donne la résistance aérodynamique moyenne minimale;
- toute décélération au frein moteur, au ralentisseur ou au frein à pied est un gaspillage d'énergie.

Mais il y a lieu de raisonner non pas sur un véhicule échantillon, mais sur l'ensemble du parc et par le fait de s'intéresser à tout le réseau routier.

D'autre part, lorsqu'il est envisagé des aménagements nouveaux en matière d'infrastructure, il faut se donner comme objectif de tirer la rentabilité énergétique la plus élevée de chaque franc placé, et ce le plus vite possible.

En fin dans ce sujet, comme dans d'autres traités plus haut, notamment les règles de poids et dimensions, on ne peut jamais oublier l'importante composante sécurité qui peut infléchir tel ou tel point de vue purement économique.

C'est dans cette optique que vont maintenant être traitées les diverses suggestions en matière d'utilisation et de construction d'infrastructures routières ayant pour objet l'abaissement des consommations de gasole des poids lourds.

INCITATION A UNE PLUS GRANDE UTILISATION DES AUTOROUTES EXISTANTES

Parvenir à ce résultat est souhaitable sur le plan de l'économie générale, mais sauf contrainte d'horaire que seule l'utilisation de l'autoroute permet de lever, le transporteur gère mal son entreprise chaque fois que, pour emprunter l'autoroute, il accepte d'acquitter un péage à un tarif supérieur au total du gain de recettes et de l'abaissement de chargesqui résultent pour lui du recours à ce type d'infrastructure.

D'autre part, chez beaucoup de conducteurs, il y a peu d'enthousiasme à l'utilisation de l'autoroute, certes à cause de l'insuffisance des points d'accueil, mais aussi du fait de la monotonie des chaussées et de leur environnement sans qu'il y ait pour autant suppression des désagréments diurnes et surtout nocturnes résultant de la proximité du trafic roulant en sens inverse. Ceci présente pour le conducteur un aspect déplaisant, mais en sus beaucoup d'entre eux pensent que cette monotonie, qui crée une certaine absence intellectuelle, risque tôt ou tard d'être à l'origine d'un malheur à leurs dépens, et ceci quels que puissent être les enseignements des statistiques d'accidents respectivement relatives aux routes nationales et aux autoroutes.

A ces inconvénients concernant respectivement le transporteur et son conducteur, il faudrait apporter des remèdes spécifiques :
- au premier, des tarifs de péages ne dépassant en aucun cas son gain de marge dans le transfert de son trafic de la route nationale sur l'autoroute;
- au second, de meilleures possibilités d'accueil qui ne résoudront qu'une partie du problème, mais seront malgré tout incitatrices à l'utilisation de l'autoroute.

Par ailleurs, il existe une certaine proportion de transporteurs qui envisagent à terme, lorsque des tracteurs vraiment appropriés apparaîtront sur le marché, de transformer une part notable de leur parc maxi-code actuel, voire sa totalité, en trains doubles, et cette silhouette n'a pas actuellement accès aux autoroutes françaises. Cette interdiction, sans fondement sur le plan de la sécurité et qui n'existe pas outre Atlantique, incite ces chefs d'entreprise à ignorer dès maintenant ces infrastructures puisque, s'ils basaient leur organisation d'exploitation sur leur utilisation, ils seraient contraints de tout remettre en cause lors de l'acquisition de leurs premiers trains doubles. En conséquence il y aurait lieu de mettre rapidement fin à cette anomalie réglementaire. (voir p. 216).

Le gain énergétique à attendre d'un tel transfert sur les axes équipés est certaienement de l'ordre de 10%.

Voir en annexe 1 : "quelques chiffres" (ce que coûte un arrêt, ce que coûte une élévation de 25 mètres).

ECONOMISER LE CARBURANT

Précision p. 215

Une erreur d'interprétation du Code de la route a conduit les rédacteurs à avancer,en page 215, une inexactitude relative à l'accès des autoroutes aux trains doubles.

En effet, dans l'esprit du législateur la dénomination "train double" correspond à une silhouette très précise, à savoir tracteur attelé à une semi-remorque, le tout tractant une seconde semi-remorque dont la partie avant repose sur un avant-train démontable, et l'autoroute est effectivement ouverte à la circulation d'un tel ensemble. Par contre si le deuxième véhicule n'est pas une semi-remorque, mais une remorque, et même si celle-ci présente les caractéristiques en tous points de la semi-remorque à avant-train démontable précitée, l'ensemble n'a normalement pas accès à l'autoroute. Or ce type de silhouette risque d'être relativement répandu dans des entreprises passant progressivement d'un parc de camions et remorques à un parc de trains doubles ou exploitant durablement un parc mixte de ces deux types de véhicules. C'est cette interdiction, qui est préjudiciable à un développement du recours aux autoroutes par un certain nombre de transporteurs, qu'il y aurait lieu de faire lever.

AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ DE CERTAINS REVETEMENTS ROUTIERS

Il peut en découler une réduction de résistance de roulement, mais c'est surtout sur le régime de roulage qu'un gain substantiel peut être enregistré. En effet un bon revêtement permet une conduite coulée qui est toujours plus économique qu'une conduite irrégulière.

Par ailleurs si le mauvais état d'une chaussée incite le conducteur à choisir un autre itinéraire plus long, la consommation de bout en bout peut s'en trouver notablement accrue.

CRÉATION DE ROUTES A DEUX CHAUSSÉES SÉPARÉES

La solution dont il s'agit est celle qui consiste à réutiliser la route nationale pour constituer l'une des deux chaussées, celle-ci étant déviée, lorsque cela est nécessaire, dans la traversée des localités qui n'ont pas encore été détournées, et à construire pour la circulation en sens opposé une chaussée neuve à profil en long autoroutier, mais dont le tracé en plan ne doit pas être trop rectiligne pour éviter la monotonie de conduite. La large distance séparant les deux chaussées permet en effet une grande indépendance de leurs implantations.

Quant aux carrefours, ne sont dénivelés que ceux qui présentent un trafic traversier important. En effet, le franchissement s'effectuant en deux phases entièrement distinctes l'une de l'autre (une par chaussée) est très aisé pour le véhicule qui traverse, et peut, jusqu'à un trafic traversier élevé, s'effectuer sans aucune perturbation pour ceux qui circulent sur chacune des deux chaussées principales.

Cette solution intègre la route nationale, ce qui présente deux intérêts :
- supprimer le trafic à mauvaise fluidité qui subsiste sur celle-ci dans le cas de construction d'une autoroute de substitution;
- tirer parti de cet investissement qui a encore plus de valeur lorsqu'il a fait l'objet de remaniements profonds de chaussée ("renforcements coordonnés") pour être apte à résister au trafic lourd tout en devenant hors gel, opérations par ailleurs fréquemment accompagnées de redressements.

Cette technique permet une conduite coulée sur l'itinéraire concerné, et ce dans les deux sens, en investissant le prix d'une seule chaussée pratiquement sans ouvrage d'art.

Certes sur la nationale, la vitesse moyenne reste un peu inférieure à ce qu'elle est sur la chaussée nouvelle, mais elle est sensiblement supérieure à ce qu'elle était lorsque cette route supportait les deux sens de circulation, et le trafic concerné n'est plus que la moitié de ce qu'il était préalablement.

Sur le plan énergétique, le gain (qui resterait à chiffrer) est certainement important pour un investissement limité, d'où un taux de rentabilité énergétique élevé.

Par ailleurs les déviations de localités sur la route nationale, aussi bien que les éventuelles dénivellations de carrefours, peuvent intervenir à tout instant en fonction des besoins, cette infrastructure étant très modulaire.

La formule la plus répandue de doublement des routes nationales, à savoir l'implantation sur la même plateforme des deux chaussées, à proximité l'une de l'autre, présente une rentabilité énergétique inférieure pour deux raisons :
- sauf caractère particulièrement rectiligne de la route nationale, il y a destruction partielle, parfois notable, de celle-ci lors de l'aménagement de l'itinéraire, d'où un investissement plus élevé en chaussées;
- du fait des perturbations découlant des franchissements rendus difficiles par l'étroitesse du terre-plein central;
- d'une part la construction d'ouvrages d'art s'impose aux carrefours à trafic traversier d'une certaine importance, d'où un nouveau surcroît d'investissement;
- d'autre part la conduite n'est, en moyenne, guère plus coulée que dans la solution à chaussées écartées malgré le maintien de certaines traversées de localités dans cette formule.

Si le numérateur du taux de rentabilité reste voisin, par contre le dénominateur est sensiblement plus élevé dans le second cas (chaussées accolées) que dans le premier (chaussées éloignées).

Si on se livre maintenant à une comparaison avec l'autoroute il apparaît que celle-ci n'apporterait un allègement de consommation qu'à partir du moment où la circulation sur l'itinéraire concerné dépasse un certain niveau qui est d'autant plus élevé, toutes choses égales par ailleurs, que les deux chaussées sont plus éloignées l'une de l'autre (1).

En deça de ce niveau, le taux de rentabilité énergétique de l'autoroute est le moins élevé des trois solutions évoquées du fait du coût d'infrastructure sensiblement plus important de l'autoroute, coût provoqué notamment par la dénivellation systématique du trafic traversier.

---

(1) Sur le plan de l'intérêt respectif des autoroutes à chaussées accolées et éloignées, il est intéressant de savoir que la seconde solution semble de plus en plus adoptée aux USA et au Canada pour la construction des autoroutes en rase campagne.
Lorsque la route nationale s'avère irrécupérable pour constituer l'une des deux chaussées de l'axe routier à aménager, le recours à cette formule présenterait pour la France, en dehors de son intérêt incontestable sur le plan du confort de roulage et de la sécurité, l'avantage d'une possibilité de dénivellation sélective des intersections avec les routes secondaires, ce qui, à investissement égal, permettrait de réaliser sensiblement plus de kilomètres.

TOUTES OPÉRATIONS POUR FACILITER LA CIRCULATION DES POIDS LOURDS SUR LES ROUTES EXISTANTES

Il peut s'agir de :
- dédoublement des voies en côte pour rendre plus aisée la circulation des véhicules les plus lents;
- dans le cas des routes à trois voies, affectation successive, par signalisation horizontale appropriée, de la voie centrale à chacun des deux sens de circulation;
- signalisation horizontale;
- dans certains cas, signalisation spécifique aux poids lourds.

Ces diverses mesures, se traduisant par une meilleure fluidité du trafic, ne peuvent manquer d'avoir un effet bénéfique sur la consommation des poids lourds dont l'importance n'est bien évidemment pas chiffrable.

Annexe

Quelques chiffres

Soit : η_m le rendement optimum du moteur.
η_u le rendement d'utilisation du moteur.
η_t le rendement de transmission.
$\eta_g = \eta_m \cdot \eta_u \cdot \eta_t$ le rendement global du véhicule.

Remarquons que η_g ne tient pas compte du roulement et de l'aérodynamisme du véhicule.

On peut fixer, en moyenne $\eta_m = 0{,}35$ ce qui correspond à une consommation spécifique de $Cs = \frac{60}{0{,}35} = 172$ g/ch.h.

$\eta_u \simeq 0{,}85$ compte tenu du nombre de rapports et de l'étagement des boîtes de vitesses modernes et $\eta_t = 0{,}85$

donc $\eta_g = 0{,}35 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}85 = 0{,}25$

1 l de gasole consommé =	0,25 l de travail aux roues 0,75 l de chaleur perdue

Le pouvoir calorifique inférieur du gasole est de l'ordre de 10 500 Cal/kg. Sa densité est de 0,83. Un litre de gasole puisé dans le réservoir c'est :

— un potentiel de	8 700 Cal 3 720 000 kg.m
— un travail à la roue de	2 200 Cal 930 000 kg.m

Si P est le PTR d'un véhicule (exprimé en kg), l'élévation de 1 m de celui-ci coûte :

$$\frac{P \text{ kg.m}}{930\,000 \text{ l de gasole}}$$

Ces chiffres ne comprennent pas l'énergie dépensée pour vaincre les résistances au roulement, les résistances aérodynamiques, les forces d'inertie. C'est donc uniquement le supplément d'énergie dépensée lorsque le véhicule circule en côte par rapport au sol plat (et il faut encore tenir compte des distances plus longues en côte que sur le sol plat pour relier 2 points A et B).

Il faut aussi noter que l'énergie dépensée pour élever le véhicule (augmenter son énergie potentielle) n'est pas entièrement récupérable à la descente. En descente, cette énergie est largement dépensée dans les freins, en pure perte, et le moteur tourne au ralenti et, par conséquent, consomme du carburant pour vaincre ses résistances passives internes. Ainsi :

PTR (t)	5	10	15	20	25	30	35	40
énergie dépensée par m d'altitude acquis, en l de gasole	0,005	0,011	0,016	0,022	0,027	0,032	0,038	0,043

en première approximation, on peut retenir :

> Un vehicule consomme 1 cm^3 de gasole par tonne de PTR et par mètre d'élévation lorsqu'il gravit une côte.
> Ex. : 38 t élevées de 25 m → 1 l de gasole

Un véhicule obligé de s'arrêter à un croisement ou dans une file consomme, pour atteindre une vitesse V (km/h) :

$$E = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{P}{2g}\left(\frac{V}{3,6}\right)^2 = \frac{P.V^2}{255} \text{ kg.m}$$

$$\text{soit } \frac{PV^2}{255.\,930\,000} = \frac{PV^2}{237.10^6} \text{ l de gasole}$$

Par exemple, pour un 38 t (P = 38 000) $C = \frac{V^2}{6250}$ (l)

V (km/h)	20	40	60	80	100
C (l gasole)	0,06	0,26	0,58	1,02	1,60

On peut retenir :

> Un véhicule de 38 t consomme pour une remise en vitesse à 80 km/h 1 l de gasole.