

LA PHYSIQUE DANS LES STAGES "PERMIS À POINTS"

Les stages permis à points rencontrent un grand succès. Au programme de ces stages, une séquence est obligatoirement consacrée aux lois physiques de l'automobile.

Examinons ce programme à travers le contenu de la mallette pédagogique agréée par le ministère des transports et dont l'utilisation dans ces stages est obligatoire.

Partie II les outils, page 38, § 31 : Abaque de Devilliers

"L'abaque de Devilliers permet de connaître rapidement la distance de freinage en fonction de la vitesse et du coefficient d'adhérence..."

En réalité, le coefficient d'adhérence de l'abaque de Devilliers est un coefficient de décélération qui se déduit de la vitesse initiale et la distance de freinage. Il n'y a pas de coefficient d'adhérence sans freinage (ou guidage), contrairement à ce que la phrase laisse croire, et quand il existe, il n'est ni constant ni invariable. La phrase citée donne une idée du phénomène qui est l'inverse de la réalité.

"La qualité de l'adhérence dépend en particulier de la nature et de l'état du revêtement de la chaussée..."

La qualité de l'adhérence, peut-être ! Mais *quid* de la manière de l'exploiter ? Des tests en situation réelle ont montré que la décélération varie de manière conséquente selon la façon dont le conducteur exploite l'adhérence disponible.

"Le coefficient d'adhérence par temps de pluie est divisé par deux"

La valeur 2 est exagérée. Cela voudrait dire que la distance minimale de freinage est doublée alors qu'en réalité elle n'augmente que de 20 à 50 % selon la quantité d'eau, la nature du revêtement, la masse de la voiture, la largeur et l'usure des pneumatiques. Notons également qu'il s'agit là d'une valeur maximale qui résulte de la comparaison de deux freinages identiques effectués à la limite du glissement, ce que la phrase omet de préciser.

"Ceci est démontré par la loi physique suivante : $dF = v^2 / 2gf$ "

Cette formule est à la fois incorrecte et inversée. Incorrecte parce que c'est la décélération moyenne de la voiture qu'il faut prendre en compte et non l'accélération de la pesanteur terrestre. Inversée parce que la distance de freinage ne se calcule pas, elle se mesure (c'est ce qu'on appelle une grandeur fondamentale). La décélération moyenne se calcule ensuite avec la formule suivante :

$$\gamma = v^2 / 2d$$

γ : décélération (en m/s^2)

v : vitesse initiale (en m/s)

d : distance de freinage (en m)

(cohésion des unités : décélération = $m^2/s^2 / m = m/s^2$)

Le coefficient d'adhérence se définit comme le rapport entre la décélération de la voiture et l'accélération de la pesanteur terrestre. Les termes "coefficient d'adhérence", "coefficient de frottement" et "coefficient de décélération" sont synonymes.

Partie II les outils page 40, § 34

"La distance de freinage augmente d'environ 25 % lorsque les roues sont bloquées..."

En réalité, si on compare les distances de freinage de deux voitures, l'une freinée à la limite du glissement, l'autre freinée avec 100 % de glissement (roues complètement bloquées) on constate une augmentation de la distance de freinage de 10 % en moyenne, et non de 25 %.

Remarque : cette différence dépend du revêtement lui-même et plus particulièrement de son état. Sur une chaussée complètement verglacée, le coefficient d'adhérence est amélioré si les roues sont complètement bloquées. Dans ce cas particulier, l'adhérence de glissement est supérieure à l'adhérence de roulement, phénomène expliqué par l'absence de rugosité d'une surface verglacée.

Partie II les outils page 40, § 35

"À 50 km/h la violence du choc correspond à une hauteur de chute de 12,5 mètres, à 100 km/h cela correspond à une hauteur de chute de 30 mètres..."

L'équivalence entre collision et hauteur de chute est :

$$h = v^2 / 2g$$

h : hauteur de chute, (en mètre)

v : vitesse au moment de l'impact au sol, (en m/s)

g : accélération de la pesanteur terrestre, (en m/s²)

(cohésion des unités : hauteur = m²/s² / m/s² = m)

À la surface de la Terre, "g" vaut 9,81 m/s²

Détail des calculs pour une vitesse de 50 km/h :

$$50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/s}$$

$$h = (13,9)^2 / 2 \times 9,81 = 9,8 \text{ mètres et non pas } 12,5 \text{ mètres}$$

...et pour une vitesse de 100 km/h :

$$100 \text{ km/h} = 27,8 \text{ m/s}$$

$$h = (27,8)^2 / 2 \times 9,81 = 39,4 \text{ mètres et non pas } 30 \text{ mètres}$$

Une collision à 50 km/h correspond donc à une chute d'une hauteur de 4 étages (1 étage = 2,50 mètres) et une collision à 100 km/h est équivalente à une chute d'une hauteur de 16 étages.

À noter que cette hauteur de chute est celle que subit la voiture et non le conducteur, ce que la phrase omet de préciser. En effet, tout occupant ceinturé bénéficie de la déformation de la structure avant de la voiture et de l'étirement de la ceinture, ce qui diminue d'autant l'intensité de la décélération subie.

Partie II les outils page 41, § 36

"Une voiture de 1000 kg circulant à 90 km/h pèse plusieurs tonnes..."

Cette affirmation est incorrecte :

- d'une part la tonne est une unité de masse équivalant à 1000 kilogrammes (Système International d'unités obligatoire en France depuis 1961).

- d'autre part, la masse et le poids sont invariables, même lors d'une collision. La masse se définit comme une quantité de matière et le poids comme la force résultant de l'attraction terrestre.

Ainsi une voiture de masse 1000 kilogrammes pèse environ 9800 newtons, le newton étant l'unité légale de poids. Ces deux valeurs restent constantes quelle que soit la vitesse ou la configuration de la collision.

La phrase correcte serait : "une voiture de masse 1000 kilogrammes animée d'une vitesse de 90 km/h possède une *énergie* d'environ 312 500 joules".

"Une personne occupant ce véhicule peut développer une force de plusieurs tonnes..."

Cette affirmation est triplement incorrecte :

- ce n'est pas la personne qui développe une force, mais l'obstacle.

- l'unité de force est le newton, pas la tonne.

- le calcul de la force développée par l'obstacle nécessite de connaître la distance sur laquelle l'énergie cinétique a été dissipée (c'est la distance de "freinage" égale à la longueur de la déformation).

Partie II les outils page 41, § 37 "La ceinture"

"La ceinture est capable de résister à des tractions de l'ordre de 3000 kg..."

Dans le Système International d'unités obligatoire en France depuis 1961, le kilogramme est une unité de masse (quantité de matière). Une force ne peut donc s'exprimer qu'en newton (produit d'une masse par une variation de vitesse).

Partie III informations complémentaires page 97

"On appelle énergie tout ce qui peut être transformé en travail..."

Cette définition (correcte au demeurant) peut donner une idée inverse du phénomène car, pour fournir un travail, il faut de l'énergie : il y a en effet une stricte équivalence entre le travail d'une force et l'énergie d'une masse, ainsi que l'a montré le physicien anglais James Joule à qui on doit l'unité internationale d'énergie.

Ce concept pourrait donc s'exprimer ainsi : "on appelle travail le produit d'une force par un déplacement, et énergie le demi-produit d'une masse par le carré de sa vitesse".

"Force centrifuge : tout objet qui tourne autour d'un point subit une force qui tend à l'éloigner de ce point..."

Au sens étymologique, centrifuge signifie "qui éloigne du centre". La force centrifuge est une force imaginaire : il n'existe aucune cause naturelle capable d'accélérer une masse vers l'extérieur de sa trajectoire. La seule force qui agit sur une voiture décrivant une trajectoire circulaire est une force transversale qui s'exerce dans la surface de contact au sol des pneumatiques des roues directrices. C'est la force de guidage, elle est orientée vers le centre du cercle que décrit la voiture.

"Distance de freinage : $dF = V^2 / 2gf$ "

Nouvelle présentation d'une formule incorrecte et inversée (voir plus haut)

"Adhérence : la qualité de l'adhérence se mesure à partir d'un coefficient..."

La nuance entre mesure et calcul est déterminante pour qui veut comprendre le sens et la portée des expressions utilisées. Il faut d'abord *mesurer* une distance de freinage ou le rayon d'une trajectoire pour *calculer* ensuite le coefficient d'adhérence. Par conséquent il aurait été probablement plus simple et plus instructif de donner la définition de ce fameux coefficient d'adhérence et d'expliquer la manière dont on le calcule.

"Le coefficient 1 correspond à 2 corps qui, posés l'un contre l'autre, ne pourraient absolument pas glisser l'un sur l'autre..."

Cette affirmation est doublement incorrecte puisque le coefficient d'adhérence se définit comme un coefficient de décélération d'ailleurs très facile à calculer. De plus, cette affirmation trahit une confusion fréquente (dans le milieu de l'automobile) entre coefficient d'adhérence et coefficient de glissement, deux expressions qui ne sont absolument pas synonymes. En effet, même avec 100 % de glissement (roues complètement bloquées), le coefficient d'adhérence n'est jamais égal à 0 puisque la voiture finit quand même par s'immobiliser. D'autre part, cette définition laisse supposer que le coefficient d'adhérence est toujours inférieur à 1, ce qui est faux.

"Le centre de gravité est le point d'application des forces extérieures qui s'exercent sur le véhicule..."

Qu'est-ce que l'auteur entend par "forces extérieures" ? Il ne le précise pas ! Et s'il existe des "forces extérieures", c'est donc qu'il existe aussi des "forces intérieures" ?... Mais de quelle origine, de quelle nature, de quelle intensité ? Mystère ! Quant au centre de gravité, aucune force de s'y exerce jamais, à part le poids et encore, par pure convention !

En réalité le centre de gravité désigne tout simplement le centre d'équilibre d'une masse, c'est à dire le point virtuel par lequel on pourrait la soulever ou la manipuler dans n'importe quel sens sans jamais la déséquilibrer.

Le centre de gravité est ainsi nommé parce que, par convention, il matérialise le point sur lequel s'exerce la résultante des forces de gravitation qui agissent sur les différentes masses de la voiture.

En ce sens, la force de gravitation est bien une "force extérieure" mais il serait plus correct de la qualifier de "force agissant à distance" puisqu'elle provient de l'attraction terrestre. C'est la seule force qui, par convention, s'exerce sur le centre de gravité de la voiture. Son intensité est constante et invariable.

La force de gravitation ne participe au mouvement de la voiture que sur les routes en déclivité ou en dévers, par le biais de sa composante parallèle à la route.

Six autres forces s'exercent sur la voiture, mais jamais sur son centre de gravité :

- la résistance au roulement, elle s'exerce sur les pneumatiques et les roulements de roues,
- la résistance de l'air, elle s'exerce sur la carrosserie,
- la force de traction, elle s'exerce sur les pneumatiques des roues motrices au contact du sol,
- la force de retenue, *idem* (c'est une force de traction inversée),
- la force de freinage, elle s'exerce sur les quatre pneumatiques au contact du sol,
- la force de guidage, elle s'exerce sur les pneumatiques des roues directrices au contact du sol.

"Ne pas confondre le centre de gravité dynamique avec le centre de gravité statique : le C.G. dynamique se déplace par rapport au corps considéré selon que celui-ci est assuré d'un mouvement circulaire, accéléré ou décéléré..."

Explication farfelue ! Une fois la voiture en état de marche, c'est à dire une fois les passagers correctement installés à bord et les bagages solidement arrimés, le centre de gravité est là où il se trouve, et il y reste, quoi qu'il arrive !...

Plus simplement : lorsque la masse de la voiture est assurée d'un mouvement accéléré, décéléré ou circulaire, elle est affectée d'un mouvement de tangage, de roulis ou de lacet du fait que les forces de traction, de retenue, de freinage ou de guidage ne s'exercent justement pas sur le centre de gravité de la voiture mais au contact du sol.

Autrement dit, tangage, roulis et lacet sont les mouvements naturels de rotation de la masse de la voiture autour de son centre d'équilibre dès lors qu'une force s'exerce à sa périphérie.

Mais il n'y a jamais aucun déplacement du centre de gravité, qu'on se le dise !...