

## L'ÉNERGIE CINÉTIQUE

Tous les spécialistes s'accordent à dire que l'une des plus grandes difficultés de la conduite automobile est de pouvoir apprécier correctement la vitesse mais aussi et surtout les différences de vitesse.

D'où provient cette difficulté ? Les capteurs sensoriels que sont les yeux et la peau ne sont pas des instruments de mesure, ils ne peuvent nous renseigner que d'une manière assez subjective sur le mouvement et la vitesse. C'est pourquoi toutes les voitures doivent être équipées d'un tachymètre afin que le conducteur puisse à tout moment disposer d'une donnée objective essentielle pour la conduite.

Cependant, il ne faut pas confondre la *vitesse* avec les *différences de vitesse* pour lesquelles c'est la *variation d'énergie cinétique* qui doit être prise en compte. Mais ici le tachymètre ne sert plus à rien car seul le calcul peut nous donner une appréciation exacte de cette différence. Voici pourquoi et comment.

### Qu'est-ce que l'énergie cinétique ?

Il existe trois définitions de l'énergie cinétique qui toutes trois sont parfaitement équivalentes en vertu de la loi générale de la conservation de l'énergie découverte et formulée par le physicien anglais James Joule (1818-1889).

**Première définition** : l'énergie cinétique désigne la quantité d'énergie utilisée pour "fabriquer" du mouvement. En effet, en l'absence d'énergie, une masse reste immobile ou conserve une vitesse constante. L'énergie cinétique est donc une indication précise de l'énergie consommée pour accélérer une masse, déduction faite de toutes les pertes dues à la chaleur, aux frottements et aux résistances diverses.

**Deuxième définition** : l'énergie cinétique désigne la quantité d'énergie qui doit être intégralement dissipée pour obtenir l'immobilisation complète d'une masse en mouvement, c'est donc une indication précise de la difficulté à freiner une masse.

**Troisième définition** : l'énergie cinétique désigne la quantité d'énergie dissipée dans une collision, c'est donc une indication précise de la violence d'un choc.

### Comment exprimer l'énergie cinétique ?

L'énergie cinétique s'exprime grâce à la relation :

$$E = \frac{1}{2} M V^2$$

Selon le Système International d'unités dont l'usage est, rappelons-le, obligatoire partout dans le monde quels que soient les domaines concernés (industrie, commerce,

enseignement), la masse s'exprime en *kilogramme* (symbole **kg**), la vitesse en *mètre par seconde* (symbole **m.s<sup>-1</sup>**) et l'énergie cinétique en *joule* (symbole **J**) en hommage aux travaux de James Joule.

La vérification de la cohérence des unités s'écrit ainsi :

$$\text{énergie cinétique} = \text{kg} \cdot (\text{m.s}^{-1})^2 = \text{kg.m}^2.\text{s}^{-2} = \text{joule}.$$

Cependant les calculs d'énergie cinétique sont superflus ici puisque seules les relations entre grandeurs nous intéressent. Que nous indique cette formule ? La *masse* est une constante et la variable est la *vitesse élevée au carré*.

Concrètement, cela signifie que l'énergie cinétique n'est pas proportionnelle à la vitesse mais au carré de la vitesse, ça change tout ! En effet, si on double la vitesse, l'énergie cinétique est multipliée par quatre et non par deux. Si on triple la vitesse, l'énergie cinétique est multipliée par neuf et non par trois. Si on quadruple la vitesse, l'énergie cinétique est multipliée par seize et non par quatre, etc.

### **Quelle est la relation entre la vitesse et l'énergie cinétique ?**

Rapportées aux définitions précédentes, cela signifie que :

- pour doubler la vitesse d'une voiture, il faut consommer quatre fois plus de carburant<sup>(\*)</sup> ! Le freinage est alors quatre fois plus long et, en cas de collision, le choc est quatre fois plus violent !

- pour tripler la vitesse d'une voiture, il faut consommer neuf fois plus de carburant<sup>(\*)</sup> ! Le freinage est alors neuf fois plus long et, en cas de collision, le choc est neuf fois plus violent !

- pour quadrupler la vitesse d'une voiture, il faut consommer seize fois plus de carburant<sup>(\*)</sup> ! Le freinage est alors seize fois plus long et, en cas de collision, le choc est seize fois plus violent ! etc.

Dès lors on perçoit mieux l'intérêt de calculer ce que représentent réellement ces différences de vitesse en apparence insignifiantes à nos yeux ! Mais comment y parvenir ?

### **Une formule simplifiée...**

La masse étant une constante, il est possible d'assimiler l'expression de l'énergie cinétique au seul carré de la vitesse. Ce serait d'ailleurs le cas grâce à une simplification de la relation si la masse en question était égale à deux kilogrammes.

Et comme il ne s'agit pas ici de calculer une valeur absolue (en l'occurrence, des joules) mais uniquement d'apprécier une différence affectant la variable vitesse, il est alors

possible de calculer celle-ci tout en conservant la vitesse exprimée en *kilomètre par heure* (symbole **km.h<sup>-1</sup>**).

Autrement dit, le simple calcul de la *racine carrée de la différence des carrés* de la vitesse exprimée en *kilomètre par heure* peut nous renseigner de manière précise et exacte sur la variation d'énergie cinétique et donc sur la différence de vitesse correspondante !

La relation simplifiée s'écrit alors :

$$V = (V_b^2 - V_a^2)^{1/2}$$

Dans cette relation, V est la variation d'énergie cinétique entre la vitesse V<sub>b</sub> et la vitesse V<sub>a</sub>, grandeurs toutes trois exprimées en *kilomètre par heure*. La puissance ½ correspond à la *racine carrée de cette différence* et la relation satisfait alors à l'exigence de cohésion des unités imposée par le Système International, ce qui se vérifie ainsi :

$$\text{variation d'énergie cinétique} = [(km.h^{-1})^2]^{1/2} = km.h^{-1}$$

Le calcul gagne en simplicité et le résultat est particulièrement parlant, comme on va le voir dans les quelques exemples qui suivent.

### **Quelques exemples concrets...**

Les lecteurs familiarisés avec les séries de calculs pourront, en utilisant la formule complète exprimant l'énergie cinétique, calculer celle-ci pour chacun des exemples proposés et vérifier ainsi l'exactitude des résultats indiqués.

**Premier exemple** : à quoi correspond la différence d'énergie cinétique entre 50 km.h<sup>-1</sup> et 60 km.h<sup>-1</sup> ?

$$V = (60^2 - 50^2)^{1/2} = (3600 - 2500)^{1/2} = (1100)^{1/2} = 33,2 \text{ km.h}^{-1}$$

On peut en déduire ceci : pour accélérer de 50 à 60 km.h<sup>-1</sup>, il faut consommer la même quantité de carburant<sup>(\*)</sup> que pour accélérer de 0 à 33,2 km.h<sup>-1</sup>. Pour freiner de 60 à 50 km.h<sup>-1</sup>, il faut dissiper la même énergie que pour freiner de 33,2 à 0 km.h<sup>-1</sup>. Du point de vue de l'énergie, circuler à 60 km.h<sup>-1</sup> revient donc à circuler avec 33,2 km.h<sup>-1</sup> de plus qu'à 50 km.h<sup>-1</sup> !

**Deuxième exemple** : à quoi correspond la différence d'énergie cinétique entre 80 km.h<sup>-1</sup> et 90 km.h<sup>-1</sup> ?

$$V = (90^2 - 80^2)^{1/2} = (8100 - 6400)^{1/2} = (1700)^{1/2} = 41,2 \text{ km.h}^{-1}$$

On peut en déduire ceci : pour accélérer de 80 à 90 km.h<sup>-1</sup>, il faut consommer la même quantité de carburant<sup>(\*)</sup> que pour accélérer de 0 à 41,2 km.h<sup>-1</sup>. Pour freiner de 90 à

80 km.h<sup>-1</sup>, il faut dissiper la même énergie que pour freiner de 41,2 à 0 km.h<sup>-1</sup>. Du point de vue de l'énergie, circuler à 90 km.h<sup>-1</sup> revient donc à circuler avec 41,2 km.h<sup>-1</sup> de plus qu'à 80 km.h<sup>-1</sup> !

**Troisième exemple** : à quoi correspond la différence d'énergie cinétique entre 110 km.h<sup>-1</sup> et 130 km.h<sup>-1</sup> ?

$$V = (130^2 - 110^2)^{1/2} = (16\,900 - 12\,100)^{1/2} = (4\,800)^{1/2} = 69,3 \text{ km.h}^{-1}$$

On peut en déduire ceci : pour accélérer de 110 à 130 km.h<sup>-1</sup>, il faut consommer la même quantité de carburant<sup>(\*)</sup> que pour accélérer de 0 à 69,3 km.h<sup>-1</sup>. Pour freiner de 130 à 110 km.h<sup>-1</sup>, il faut dissiper la même énergie que pour freiner de 69,3 à 0 km.h<sup>-1</sup>. Du point de vue de l'énergie, circuler à 130 km.h<sup>-1</sup> revient donc à circuler avec 69,3 km.h<sup>-1</sup> de plus qu'à 110 km.h<sup>-1</sup> !

### Un tableau pour y voir plus clair...

Le tableau suivant regroupe l'ensemble des valeurs calculées à partir de 30 km.h<sup>-1</sup> pour les vitesses habituellement pratiquées en France.

<b>130</b>	126,5	124	120	115	110	102,5	94	83	69	50	0
<b>110</b>	106	102,5	98	92	85	75,5	63	46	0	48	69
<b>90</b>	85	81	75	67	57	41	0	44	63	79	94
<b>70</b>	63	57	49	36	0	39	57	71	85	97,5	110
<b>50</b>	40	30	0	33	49	62	75	87	98	109	120
<b>30</b>	0	26	40	52	63	74	85	95	106	116	126,5
km.h <sup>-1</sup>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>	<b>100</b>	<b>110</b>	<b>120</b>	<b>130</b>

association adilca [www.ifrance.com/adilca](http://www.ifrance.com/adilca)

Comment lire ce tableau ? Il suffit de mettre en correspondance les vitesses apparaissant en caractères gras sur les lignes de gauche et du bas. La valeur indiquée est la différence d'énergie cinétique exprimée en *kilomètre par heure*.

Exemple 1 : entre **50** et **70** km.h<sup>-1</sup>, la différence est de 49 km.h<sup>-1</sup>. Cela signifie que pour accélérer de 50 jusqu'à 70 km.h<sup>-1</sup>, il faut donner à la voiture l'énergie équivalente à celle qui pourrait la propulser de 0 jusqu'à 49 km.h<sup>-1</sup>, cette différence se retrouvant naturellement au freinage ou en cas de collision.

Exemple 2 : entre **70** et **100** km.h<sup>-1</sup>, la différence est de 71 km.h<sup>-1</sup>. Cela signifie que pour accélérer de 70 jusqu'à 100 km.h<sup>-1</sup>, il faut donner à la voiture l'énergie équivalente à celle qui pourrait la propulser de 0 jusqu'à 71 km.h<sup>-1</sup>, cette différence se retrouvant naturellement au freinage ou en cas de collision.

De telles différences sont bien évidemment impossibles à estimer à partir des seules données affichées au compteur de vitesse, et encore moins à partir des seules perceptions ou sensations du conducteur...

Dès lors, on comprend mieux la nécessité qu'il y a, pour la sécurité comme pour les économies d'énergie et la protection de l'environnement, de limiter la vitesse à des niveaux raisonnables.

*(\*) Ce calcul, purement théorique, ne tient compte que de la seule énergie nécessaire pour accélérer une masse. En réalité, cette quantité d'énergie est bien supérieure si on prend également en considération l'action des forces résistantes (résistance au roulement, résistance de l'air) durant le laps de temps que dure cette accélération.*

association adilca

[www.ifrance.com/adilca](http://www.ifrance.com/adilca)

\* \* \*