

## **LES COLLISIONS**

### **I. LES COLLISIONS, LOIS PHYSIQUES**

### **II. COLLISIONS FRONTALES**

### **III. COLLISIONS TRANSVERSALES**

### **IV. RELATIONS ENTRE GRANDEURS**

### **V. BIBLIOGRAPHIE**

**ASSOCIATION ADILCA**

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

\* \* \*

## I. LES COLLISIONS, LOIS PHYSIQUES

Les collisions s'étudient à partir de la *quantité de mouvement linéaire*<sup>(1)</sup>. Cette grandeur physique spécifique est le produit de la masse par la vitesse, elle s'exprime en *kilogramme-mètre par seconde* (symbole **kg.m.s<sup>-1</sup>**). Les quantités de mouvement se retranchent en cas de choc frontal, elles s'additionnent en cas de choc avant-arrière.

Les quantités de mouvement permettent de calculer la *vitesse résiduelle*, c'est-à-dire la vitesse juste après la collision. Cette vitesse est identique pour les deux véhicules si on considère que ceux-ci se sont encastrés l'un dans l'autre pour ne plus former qu'une seule masse<sup>(2)</sup>.

La comparaison entre la vitesse résiduelle et la vitesse initiale permet ensuite de calculer la *variation de vitesse* propre à chacun des deux véhicules.

La variation de vitesse combinée à la durée de la collision permet de calculer la *décélération* de chacun des deux véhicules en cas de choc frontal, ou l'*accélération* du véhicule percuté à l'arrière en cas de choc avant-arrière. Cette grandeur renseigne sur la violence de la collision et permet d'en évaluer les conséquences pour les passagers<sup>(3)</sup>.

La *durée* de la collision se définit comme le temps durant lequel les deux carrosseries sont en contact et se déforment, cette durée étant évidemment identique pour chacun des deux véhicules impliqués. La durée de la collision dépend de nombreux paramètres tels que la structure du véhicule, sa vitesse ou la nature de l'obstacle. Grandeur naturellement impossible à mesurer directement, on peut l'estimer à partir de données recueillies lors de crash-tests. Ici, la valeur retenue pour les calculs est 0,1 seconde.

Enfin, en combinant la masse et la décélération, il est possible de calculer la *force* qui s'est exercée sur la carrosserie du véhicule durant la collision. Il est important de noter que cette force est toujours d'une intensité égale pour chacun des deux véhicules impliqués, c'est une vérification concrète du *principe de réciprocité* d'Isaac Newton<sup>(4)</sup>.

Dernier calcul possible, l'*énergie cinétique* dissipée dans la collision. Cette grandeur est égale à la somme des énergies cinétiques initiales, de laquelle on a retranché l'énergie cinétique des deux épaves frottant sur la chaussée après la collision.

Remarque 1 : la masse se définissant comme une quantité de matière, la masse des véhicules impliqués dans une collision reste toujours invariable.

Remarque 2 : le mécanisme des collisions est indépendant du phénomène de gravitation. Autrement dit, toutes conditions égales par ailleurs (masses, vitesses), une collision qui se produirait sur la Lune ou ailleurs, se déroulerait de la même manière et entraînerait les mêmes effets que sur la Terre.

## II. COLLISIONS FRONTALES

Quel est le rôle de la masse dans un choc frontal entre deux voitures ? Quel est le rôle de la vitesse ? Quelle est la décélération subie par chacun des deux véhicules ? Quelle est la force exercée sur chacun des deux véhicules ? Voici quelques éléments de réponses.

### 1. Masses et vitesses égales

Exemple : deux voitures identiques de masse 1 500 kilogrammes circulant à 50 km.h<sup>-1</sup> (14 m.s<sup>-1</sup>) se percutent de face.

d) vitesse résiduelle : 0 km.h<sup>-1</sup>

b) variation de vitesse :

Cette valeur est identique pour chacune des 2 voitures : 50 km.h<sup>-1</sup>

c) décélération :

Cette valeur est identique pour chacune des 2 voitures : 140 m.s<sup>-2</sup>

d) force subie par chaque voiture :

Cette valeur est identique pour chacune des deux voitures impliquées : 210 000 N

e) énergie dissipée dans la collision : 294 000 J

Bilan :

Contrairement à une idée reçue, les vitesses initiales ne s'additionnent pas.

L'intensité de la décélération est fonction de la vitesse initiale.

L'énergie cinétique dissipée dans la collision est égale à la somme des énergies cinétiques initiales, mais il s'agit-là d'un cas particulier puisque les deux voitures ont des masses et des vitesses initiales égales.

## 2. Masses égales et vitesses inégales

Exemple : deux voitures identiques de masse 1 500 kilogrammes se percutent de face, la première circulant à  $70 \text{ km.h}^{-1}$  ( $19,5 \text{ m.s}^{-1}$ ), la seconde circulant à  $50 \text{ km.h}^{-1}$  ( $14 \text{ m.s}^{-1}$ ).

a) vitesse résiduelle :  $10 \text{ km.h}^{-1}$  ( $2,75 \text{ m.s}^{-1}$ ) dans le sens de circulation de la voiture ayant la vitesse la plus élevée.

b) variations de vitesse :

La vitesse de la première voiture passe de  $+ 70 \text{ km.h}^{-1}$  à  $+ 10 \text{ km.h}^{-1}$  (variation de vitesse de  $60 \text{ km.h}^{-1}$ ), celle de la deuxième voiture passe de  $+ 50 \text{ km.h}^{-1}$  à  $- 10 \text{ km.h}^{-1}$  (variation de vitesse de  $60 \text{ km.h}^{-1}$ ).

c) décélération :

Cette valeur est identique pour chacune des 2 voitures :  $167 \text{ m.s}^{-2}$

d) force subie par chaque voiture :

Cette valeur est identique pour chacune des deux voitures impliquées :  $250\,000 \text{ N}$

e) énergie dissipée dans la collision :  $420\,000 \text{ J}$

Bilan :

Deux véhicules de même masse subissent des variations de vitesse et une décélération identiques, que leurs vitesses initiales soient égales ou pas, ce qui démontre *a contrario* que la différence de masse est un facteur d'inégalité des collisions.

L'intensité de la décélération est fonction de la vitesse initiale la plus élevée.

L'énergie cinétique dissipée dans la collision est égale à la somme des énergies cinétiques initiales, de laquelle on a retranché l'énergie cinétique résiduelle du bloc formé par les deux masses encastrées l'une dans l'autre.

### **3. Masses inégales et vitesses égales**

Exemple : un camion de masse 3 000 kilogrammes percute de face une voiture de masse 1 500 kilogrammes, les deux véhicules circulant à  $50 \text{ km.h}^{-1}$  ( $14 \text{ m.s}^{-1}$ ).

a) vitesse résiduelle :  $17 \text{ km.h}^{-1}$  ( $4,7 \text{ m.s}^{-1}$ ) dans le sens de circulation du camion.

b) variations de vitesse :

La vitesse du camion passe de  $+ 50 \text{ km.h}^{-1}$  à  $+ 17 \text{ km.h}^{-1}$  (variation de vitesse de  $33 \text{ km.h}^{-1}$ ).

La vitesse de la voiture passe de  $+ 50 \text{ km.h}^{-1}$  à  $- 17 \text{ km.h}^{-1}$  (variation de vitesse de  $67 \text{ km.h}^{-1}$ ).

c) décélérations :

\* camion :  $93 \text{ m.s}^{-2}$

\* voiture :  $186 \text{ m.s}^{-2}$

d) force subie par chaque véhicule :

Cette valeur est identique pour chacun des deux véhicules impliqués :  $279\,000 \text{ N}$

e) énergie dissipée dans la collision :  $392\,000 \text{ J}$

Bilan :

La différence de masse conditionne l'inégalité de la décélération propre à chaque véhicule, au détriment du véhicule le plus léger.

#### **4. Masses et vitesses inégales**

**Exemple 1** : un camion de masse 3 000 kilogrammes circulant à la vitesse de 50 km.h<sup>-1</sup> (14 m.s<sup>-1</sup>) percute de face une voiture de masse 1 500 kilogrammes circulant à 70 km.h<sup>-1</sup> (19,5 m.s<sup>-1</sup>).

a) vitesse résiduelle : 10 km.h<sup>-1</sup> (2,8 m.s<sup>-1</sup>) dans le sens de circulation du camion.

b) variations de vitesse :

La vitesse de la voiture passe de + 70 km.h<sup>-1</sup> à - 10 km.h<sup>-1</sup> (variation de vitesse de 80 km.h<sup>-1</sup>), celle du camion passe de + 50 km.h<sup>-1</sup> à + 10 km.h<sup>-1</sup> (variation de vitesse de 40 km.h<sup>-1</sup>).

c) décélérations :

\* voiture : 222 m.s<sup>-2</sup>

\* camion : 111 m.s<sup>-2</sup>

d) force subie par chaque véhicule : 333 000 N

e) énergie dissipée dans la collision : 560 000 J

**Exemple 2** : un camion de masse 3 000 kilogrammes circulant à la vitesse de 70 km.h<sup>-1</sup> (19,5 m.s<sup>-1</sup>) percute de face une voiture de masse 1 500 kilogrammes circulant à 50 km.h<sup>-1</sup> (14 m.s<sup>-1</sup>).

a) vitesse résiduelle : 30 km.h<sup>-1</sup> (8,3 m.s<sup>-1</sup>) dans le sens de circulation du camion.

b) variations de vitesse :

La vitesse du camion passe de + 70 km.h<sup>-1</sup> à + 30 km.h<sup>-1</sup> (variation de vitesse de 40 km.h<sup>-1</sup>), celle de la voiture passe de + 50 km.h<sup>-1</sup> à - 30 km.h<sup>-1</sup> (variation de vitesse de 80 km.h<sup>-1</sup>).

c) décélérations :

\* camion : 111 m.s<sup>-2</sup>

\* voiture : 222 m.s<sup>-2</sup>

d) force subie par chaque véhicule : 333 000 N

e) énergie dissipée dans la collision : 560 000 J

**Bilan** : La comparaison entre ces deux exemples démontre que c'est le total des quantités de mouvement initiales qui conditionne le déroulement d'une collision, et non la manière dont elles sont réparties entre chacun des deux véhicules.

## 5. Collision par l'arrière

Exemple : un camion de 3 000 kilogrammes circulant à  $60 \text{ km.h}^{-1}$  ( $16,7 \text{ m.s}^{-1}$ ) est percuté à l'arrière par une voiture de masse 1 500 kilogrammes circulant à  $80 \text{ km.h}^{-1}$  ( $22,2 \text{ m.s}^{-1}$ ).

a) vitesse résiduelle :  $67 \text{ km.h}^{-1}$  ( $18,5 \text{ m.s}^{-1}$ )

b) variations de vitesse :

La vitesse du camion passe de  $+ 60 \text{ km.h}^{-1}$  à  $+ 67 \text{ km.h}^{-1}$  (variation de vitesse de  $7 \text{ km.h}^{-1}$ ), celle de la voiture passe de  $+ 80 \text{ km.h}^{-1}$  à  $+ 67 \text{ km.h}^{-1}$  (variation de  $13 \text{ km.h}^{-1}$ ).

c) accélération ou décélération :

\* camion : accélération  $18 \text{ m.s}^{-2}$

\* voiture : décélération  $37 \text{ m.s}^{-2}$

d) force subie par chaque véhicule :

Cette force est identique pour chacun des deux véhicules impliqués :  $55\,000 \text{ N}$

e) énergie dissipée dans la collision :  $18\,000 \text{ J}$

Bilan :

Comme dans toutes les autres configurations, la différence de masse conditionne l'intensité des décélérations subies par chacun des deux véhicules, à l'avantage du véhicule le plus lourd, au détriment du véhicule le plus léger.

À noter que cette collision a dissipé une quantité d'énergie cinétique relativement faible, ceci étant dû au fait que les deux véhicules circulaient dans le même sens.

## **6. Collision d'un véhicule à l'arrêt**

Exemple : un camion de masse 3 000 kilogrammes circulant à  $50 \text{ km.h}^{-1}$  ( $14 \text{ m.s}^{-1}$ ) percute une voiture de masse 1 500 kilogrammes à l'arrêt.

a) vitesse résiduelle :  $34 \text{ km.h}^{-1}$  ( $9,3 \text{ m.s}^{-1}$ )

b) variations de vitesse :

La vitesse du camion passe de  $50 \text{ km.h}^{-1}$  à  $34 \text{ km.h}^{-1}$  (variation de  $16 \text{ km.h}^{-1}$ ), celle de la voiture passe de 0 à  $34 \text{ km.h}^{-1}$  (variation de vitesse de  $34 \text{ km.h}^{-1}$ ).

c) accélération ou décélération :

\* camion : décélération  $47 \text{ m.s}^{-2}$

\* voiture : accélération  $93 \text{ m.s}^{-2}$

d) force subie par chaque véhicule : 140 000 N

e) énergie dissipée dans la collision : 100 000 J

## **7. Conclusion**

Quel que soit le type de collision, le rapport des décélérations subies par deux véhicules reste toujours strictement égal au rapport de leurs masses.

Autrement dit : le véhicule le plus lourd dicte toujours sa loi au plus léger.

Par ailleurs, l'intensité des décélérations est toujours fonction de la vitesse initiale ou, dans le cas de deux véhicules ayant des vitesses initiales inégales, de la vitesse initiale la plus élevée.

Autrement dit : la vitesse est toujours un facteur aggravant.



## Notes et remarques

(1) L'énergie cinétique et la quantité de mouvement sont deux grandeurs distinctes. L'énergie cinétique, qu'elle soit de translation ou de rotation, est une grandeur dépourvue d'orientation spatiale, on ne peut donc pas la représenter par un vecteur, mais uniquement par un nombre, c'est ce qu'on appelle une grandeur scalaire. Au contraire, la quantité de mouvement, qu'elle soit linéaire ou de rotation, est une grandeur caractérisée par une orientation spatiale. Autrement dit, on peut la représenter par un vecteur ce qui permet ensuite d'effectuer diverses opérations vectorielles (Attention : pas d'opération vectorielle possible entre grandeurs de natures différentes). Concrètement, sur un dessin, un vecteur prend la forme d'une simple flèche avec un point d'application, une direction et une longueur. Remarque : dans les ouvrages scientifiques classiques, la quantité de mouvement de rotation est appelée moment cinétique (voir dossier ADILCA "lois physiques deux-roues") et toute grandeur vectorielle est signalée par une flèche horizontale placée au-dessus du symbole.

(2) Une collision de ce type, qualifiée parfois de molle ou inélastique, se caractérise par une déformation des tôles et de la structure, autrement dit par un travail qui correspond à la variation d'énergie cinétique du véhicule. En l'absence de déformation, une collision est dite dure ou élastique, elle se caractérise par un rebond et obéit à d'autres lois.

(3) Les valeurs indiquées ci-après sont les décélérations moyennes subies par les véhicules, et non des décélérations maximales, seulement mesurables par des capteurs. Par ailleurs, en cas de collision frontale, les occupants d'une voiture subissent une décélération inférieure à celle de la voiture, à condition de pouvoir bénéficier de la déformation de la structure (tôles, compartiment moteur ou coffre), et d'être ceinturés. Afin d'estimer les éventuelles conséquences des collisions frontales sur les passagers, rappelons ces valeurs généralement admises :

- jusqu'à  $100 \text{ m.s}^{-2}$ , la décélération du véhicule est supportable si les passagers sont jeunes, en bonne santé et ceinturés.
- à partir de  $150 \text{ m.s}^{-2}$ , des lésions au visage et aux membres sont possibles, ainsi qu'un risque d'hémorragie interne.
- au-delà de  $200 \text{ m.s}^{-2}$ , pas de possibilité de survie.

(4) Troisième principe de Newton ou principe de réciprocité : "Toute force qui s'exerce sur un corps entraîne une action réciproque d'égale intensité mais de sens opposé." Attention à une confusion fréquente : deux forces d'égale intensité n'entraînent pas pour autant deux effets identiques, puisque, selon le deuxième principe de Newton (relation fondamentale de la dynamique), la décélération subie par chacun des deux véhicules est inversement proportionnelle à sa masse :  $[F = M \cdot Y]$  d'où  $[Y = F / M]$ . Voir d'autres applications de ces deux principes dans les dossiers ADILCA consacrés aux différentes forces.

**ASSOCIATION ADILCA**

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

\* \* \*

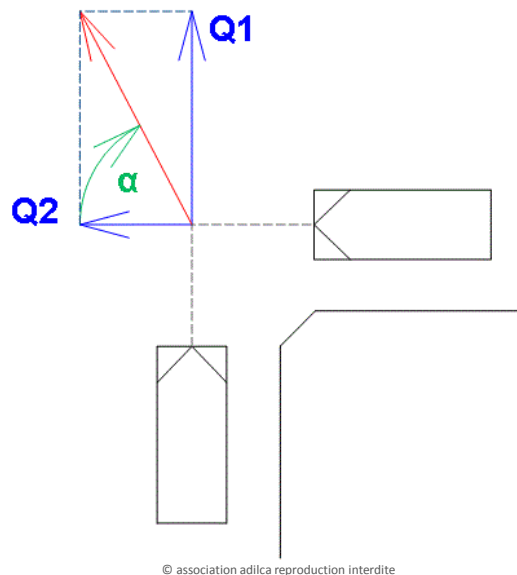
### III. COLLISIONS TRANSVERSALES

Une collision transversale impliquant deux véhicules a pour effet de modifier la direction des trajectoires initiales.

Dans le cas général, les trajectoires initiales des deux véhicules sont perpendiculaires. La trajectoire résultante de la masse unique constituée des deux véhicules après la collision, est alors égale à la *somme vectorielle* des quantités de mouvement initiales.

L'angle formé par cette résultante est fonction du rapport des quantités de mouvement initiales des deux véhicules impliqués. Cette même relation permet de calculer la vitesse initiale de l'un des deux véhicules impliqués, à condition toutefois que celle de l'autre véhicule soit connue.

Remarque : si les trajectoires initiales ne forment pas un angle droit (suite à une manœuvre d'évitement, par exemple), il faut décomposer l'un des deux vecteurs pour le ramener à une perpendiculaire, et procéder ensuite comme dans le cas général.



© association adilca reproduction interdite

Résultante de la collision (flèche rouge) et angle  $\alpha$  indiquant sa direction.  
Q1 représente la quantité de mouvement du véhicule 1 ;  
Q2 représente la quantité de mouvement du véhicule 2 ;  
Le rapport  $Q1 / Q2$  est la tangente de l'angle  $\alpha$  (côté opposé / côté adjacent).

Tous les autres paramètres de la collision se déduisent ensuite, soit de la somme vectorielle des quantités de mouvement initiales, soit de la mesure de l'angle (relevé sur le terrain) que forme la résultante par rapport aux vecteurs quantité de mouvement des véhicules impliqués.

## IV. RELATIONS ENTRE GRANDEURS

### Quantité de mouvement linéaire :

$$Q = M \cdot V$$

**Q** : quantité de mouvement, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**M** : masse, exprimée en **kg**

**V** : vitesse, exprimée en **m.s<sup>-1</sup>**

cohérence des unités :  $Q = \text{kg}^{+1} \cdot \text{m}^{+1} \cdot \text{s}^{-1} = \text{kg.m.s}^{-1}$

Exemple : calculons la quantité de mouvement d'une voiture de masse 1 500 kg circulant à la vitesse de 72 km.h<sup>-1</sup> (20 m.s<sup>-1</sup>) :

$$Q = 1\,500 \times 20 = 30\,000 \text{ kg.m.s}^{-1}$$

### Vitesse résiduelle après une collision frontale :

$$V = (Q1 - Q2) / (M1 + M2)$$

**V** : vitesse résiduelle, exprimée en **m.s<sup>-1</sup>**

**Q1** : quantité de mouvement du véhicule 1, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**Q2** : quantité de mouvement du véhicule 2, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**M1** : masse du véhicule 1, exprimée en **kg**

**M2** : masse du véhicule 2, exprimée en **kg**

cohérence des unités :  $V = \text{kg}^{+1} \cdot \text{m}^{+1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{m.s}^{-1}$

Exemple : calculons la vitesse résiduelle après une collision frontale de deux voitures, la première de masse 1 500 kg circulant à 72 km.h<sup>-1</sup> (20 m.s<sup>-1</sup>), la seconde de masse 1 000 kg circulant à 54 km.h<sup>-1</sup> (15 m.s<sup>-1</sup>) :

$$V = (30\,000 - 15\,000) / (1\,500 + 1\,000) = 15\,000 / 2\,500 = 6 \text{ m.s}^{-1}$$

### Vitesse résiduelle après une collision de deux véhicules circulant dans le même sens :

$$V = (Q1 + Q2) / (M1 + M2)$$

**V** : vitesse résiduelle, exprimée en **m.s<sup>-1</sup>**

**Q1** : quantité de mouvement du véhicule 1, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**Q2** : quantité de mouvement du véhicule 2, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**M1** : masse du véhicule 1, exprimée en **kg**

**M2** : masse du véhicule 2, exprimée en **kg**

cohérence des unités :  $V = \text{kg}^{+1} \cdot \text{m}^{+1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{m.s}^{-1}$

Exemple : calculons la vitesse résiduelle après une collision de deux voitures circulant dans le même sens, l'une de masse 1 000 kg circulant à 54 km.h<sup>-1</sup> (15 m.s<sup>-1</sup>), percutée à l'arrière par l'autre de masse 1 500 kg circulant à 72 km.h<sup>-1</sup> (20 m.s<sup>-1</sup>) :

$$V = (15\ 000 + 30\ 000) / (1\ 000 + 1\ 500) = 45\ 000 / 2\ 500 = 18\ \text{m.s}^{-1}$$

### Décélération :

$$Y = \Delta V / T$$

**Y** : décélération, exprimée en **m.s<sup>-2</sup>**

**ΔV** : variation de vitesse, exprimée en **m.s<sup>-1</sup>**

**T** : durée de la collision, exprimée en **s**

cohérence des unités : **Y** = m.s<sup>-1</sup> . s<sup>-1</sup> = **m.s<sup>-2</sup>**

Exemple : calculons la décélération d'une voiture ayant subi une variation de vitesse de 2 m.s<sup>-1</sup> dans une collision de durée 0,1 s :

$$Y = 2 / 0,1 = 20\ \text{m.s}^{-2}$$

### Force :

$$F = M . Y$$

**F** : force, exprimée en **N**

**M** : masse, exprimée en **kg**

**Y** : décélération, exprimée en **m.s<sup>-2</sup>**

cohérence des unités : **F** = kg . m.s<sup>-2</sup> = **kg.m.s<sup>-2</sup> = N**

Exemple : calculons la force qui s'est exercée sur la carrosserie d'une voiture de masse 1 500 kg ayant subi une décélération de 20 m.s<sup>-2</sup> :

$$F = 1\ 500 \times 20 = 30\ 000\ \text{N}$$

Une force de même intensité mais de sens contraire s'est exercée sur la carrosserie de la voiture percutée.

### Collision transversale :

$$Q1 / Q2 = \text{tangente } \alpha$$

**Q1** : quantité de mouvement du véhicule 1, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**Q2** : quantité de mouvement du véhicule 2, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**α** : angle formé par la résultante des quantités de mouvement, exprimé en degrés.

Exemple 1 : calculons l'angle formé par la résultante des quantités de mouvement suite à une collision perpendiculaire entre une voiture de masse 1 500 kilogrammes circulant à la vitesse de 54 km.h<sup>-1</sup> (15 m.s<sup>-1</sup>) et une voiture de masse 1 000 kilogrammes circulant à 36 km.h<sup>-1</sup> (10 m.s<sup>-1</sup>) :

$$(1\ 500 \times 15) / (1\ 000 \times 10) = \text{tangente } \alpha$$

$$22\ 500 / 10\ 000 = \text{tangente } \alpha$$

$$\text{tangente } \alpha = 2,25$$

$$\alpha = 66 \text{ degrés.}$$

Exemple 2 : calculons la vitesse d'une voiture de masse 1 000 kilogrammes percutée à angle droit par un camion de masse 5 000 kilogrammes circulant à 36 km.h<sup>-1</sup> (10 m.s<sup>-1</sup>), l'angle formé par la résultante des quantités de mouvement étant de 76 degrés :

$$\text{tangente } 76 = 4$$

$$(5\ 000 \times 10) / (1\ 000 \times V) = 4$$

$$50\ 000 / (1\ 000 \times 4) = V$$

$$V = 50\ 000 / 4\ 000$$

$$V = 12,5 \text{ m.s}^{-1} = 45 \text{ km.h}^{-1}$$

### Résultante d'une collision transversale :

$$R = (Q1^2 + Q2^2)^{1/2}$$

**R** : résultante de la collision, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**Q1** : quantité de mouvement du véhicule 1, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**Q2** : quantité de mouvement du véhicule 2, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

$$\text{cohérence des unités : } R = [(\text{kg.m.s}^{-1})^2 + (\text{kg.m.s}^{-1})^2]^{1/2} = [(\text{kg.m.s}^{-1})^2]^{1/2} = \text{kg.m.s}^{-1}$$

[la puissance ½ correspond à une racine carrée]

Exemple : calculons la résultante d'une collision transversale impliquant un camion de masse 5 000 kilogrammes circulant à 36 km.h<sup>-1</sup> (10 m.s<sup>-1</sup>) et une voiture de masse 1 000 kilogrammes circulant à 45 km.h<sup>-1</sup> (12,5 m.s<sup>-1</sup>) :

$$R = [ (5\ 000 \times 10)^2 + (1\ 000 \times 12,5)^2 ]^{1/2}$$

$$R = [ (50\ 000)^2 + (5\ 000)^2 ]^{1/2}$$

$$R = [ 2\ 500\ 000\ 000 + 25\ 000\ 000 ]^{1/2}$$

$$R = [ 2\ 525\ 000\ 000 ]^{1/2}$$

$$R = 50\ 250 \text{ kg.m.s}^{-1}$$

### Vitesse résiduelle après une collision transversale

$$V = R / (M1 + M2)$$

**V** : vitesse résiduelle, exprimée en **m.s<sup>-1</sup>**

**R** : résultante de la collision, exprimée en **kg.m.s<sup>-1</sup>**

**M1** : masse du véhicule 1, exprimée en **kg**

**M2** : masse du véhicule 2, exprimée en **kg**

cohérence des unités :  $V = \text{kg.m.s}^{-1} \cdot (\text{kg} + \text{kg})^{-1} = \text{kg.m.s}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{m.s}^{-1}$

Exemple : calculons la vitesse résiduelle après une collision transversale impliquant un camion de masse 5 000 kilogrammes circulant à 36 km.h<sup>-1</sup> (10 m.s<sup>-1</sup>) et une voiture de masse 1 000 kilogrammes circulant à 45 km.h<sup>-1</sup> (12,5 m.s<sup>-1</sup>) :

$$V = 50\ 250 / (5\ 000 + 1\ 000)$$

$$V = 50\ 250 / 6\ 000$$

$$V = 8,375 \text{ m.s}^{-1} = 30 \text{ km.h}^{-1}$$

### Énergie cinétique dissipée dans une collision frontale

$$E = \frac{1}{2} [ (M1 \cdot M2) \cdot (V1 + V2)^2 ] \cdot (M1 + M2)^{-1}$$

**E** : énergie dissipée dans la collision, exprimée en **J**

**M1** : masse de la première voiture, exprimée en **kg**

**M2** : masse de la deuxième voiture, exprimée en **kg**

**V1** : vitesse de la première voiture, exprimée en **m.s<sup>-1</sup>**

**V2** : vitesse de la deuxième voiture, exprimée en **m.s<sup>-1</sup>**

cohérence des unités :  $E = \text{kg} \cdot \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-1} = \text{kg.m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{J}$

Exemple : calculons l'énergie cinétique dissipée dans la collision frontale de deux voitures identiques de masse 1 500 kilogrammes, la première circulant à 70 km.h<sup>-1</sup> (19,5 m.s<sup>-1</sup>), la seconde circulant à 50 km.h<sup>-1</sup> (14 m.s<sup>-1</sup>).

$$E = \frac{1}{2} (1\,500 \times 1\,500) \times (19,5 + 14)^2 / (1\,500 + 1\,500)$$

$$E = \frac{1}{2} (2\,250\,000) \times (33,5)^2 / (3000)$$

$$E = \frac{1}{2} (2\,250\,000 \times 1122,25) / (3000)$$

$$E = (2\,250\,000 \times 1122,25) / (2 \times 3000)$$

$$E = 2\,525\,000\,000 / 6000$$

$$E = 420\,000\,000 \text{ J}$$

Cette énergie s'est dissipée grâce à la déformation et l'échauffement des deux carrosseries pendant la collision.

La part restante de l'énergie cinétique initiale s'est dissipée après la collision, par frottement des deux épaves sur la chaussée.

### Énergie cinétique résiduelle

$$E = \frac{1}{2} (M1 + M2) \cdot V^2$$

**E** : énergie cinétique résiduelle, exprimée en **J**

**M1** : masse du véhicule 1, exprimée en **kg**

**M2** : masse du véhicule 2, exprimée en **kg**

**V** : vitesse résiduelle, exprimée en **m.s<sup>-1</sup>**

$$\text{cohérence des unités : } E = (\text{kg} + \text{kg}) \cdot (\text{m.s}^{-1})^2 = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2} = \text{J}$$

Exemple : calculons l'énergie cinétique résiduelle après une collision transversale entre un camion de masse 5 000 kilogrammes circulant à 36 km.h<sup>-1</sup> (10 m.s<sup>-1</sup>) et une voiture de masse 1 000 kilogrammes circulant à 45 km.h<sup>-1</sup> (12,5 m.s<sup>-1</sup>) :

$$E = \frac{1}{2} (5\,000 + 1\,000) \times (8,375)^2$$

$$E = \frac{1}{2} (6\,000) \times (70)$$

$$E = 3\,000 \times 70 = 210\,000 \text{ J}$$

Telle est la quantité d'énergie cinétique du bloc formé des deux masses qui frotte sur la chaussée après la collision. (Attention rappel : l'énergie cinétique n'est pas une grandeur vectorielle).

Calculons l'énergie cinétique initiale, c'est-à-dire l'énergie cinétique de chacun des deux véhicules juste avant la collision :

$$E (\text{camion}) = \frac{1}{2} (5\,000) \times (10)^2 = 2\,500 \times 100 = 250\,000 \text{ J}$$

$$E (\text{voiture}) = \frac{1}{2} (1\,000) \times (12,5)^2 = 500 \times 156,25 = 78\,125 \text{ J}$$

$$E (\text{camion} + \text{voiture}) = 250\,000 + 78\,125 = 328\,125 \text{ J}$$

Telle est la quantité totale d'énergie cinétique initiale.

La différence entre l'énergie cinétique initiale et l'énergie cinétique résiduelle donne la valeur de l'énergie cinétique qui s'est dissipée dans la collision.

Calculons cette différence :

$$E = 328\,125 - 210\,000 = 118\,125 \text{ J}$$

Telle est la quantité d'énergie qui s'est dissipée dans cette collision.

**ASSOCIATION ADILCA**

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

\* \* \*



## V. BIBLIOGRAPHIE

- ARES (André) et MARCOUX (Jules) : *Physique mécanique*, Éditions LIDEC, Montréal 1983.
- ASSOCIATION ADILCA (ouvrage collectif édité à compte d'auteurs) : *Guide des Lois Physiques de l'Automobile*, Paris 2010.
- KITTEL (Charles), KNIGHT (Walter D.), RUDERMAN (Malvin A.) : *Cours de Physique de Berkeley, Tome 1 (traduction du texte original par Pierre Lallemand)*, Éditions DUNOD, Paris 2001.

**ASSOCIATION ADILCA**

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

\* \* \*