LES INTERVALLES ENTRE VÉHICULES

LES DISTANCES DE SÉCURITÉ

Vitesse initiale, vitesse résiduelle, délai de réaction, décélération, temps de freinage, distance de freinage, intervalle de sécurité, distance de dépassement, collision

ASSOCIATION ADILCA

www.adilca.com

* * *

LES DISTANCES DE SÉCURITÉ

Un principe de bon sens commande que, lorsque deux conducteurs circulent l'un derrière l'autre, un intervalle entre les deux véhicules est indispensable pour que le second conducteur puisse réagir en cas de ralentissement de la circulation et éviter ainsi une collision.

Le calcul de ces intervalles donne lieu à nombre de problèmes plus ou moins complexes selon que l'on considère le délai de réaction du conducteur, les vitesses initiales ou l'intensité des décélérations.

Voici quelques éléments de réponses calculés en fonction de trois configurations possibles.

1. Vitesses et décélérations égales

Exemple : deux voitures circulent l'une derrière l'autre à 90 $km.h^{-1}$ (25 $m.s^{-1}$) et s'immobilisent avec une décélération identique. Quel doit être l'intervalle minimum pour éviter une collision si le second conducteur réagit avec un délai d'une seconde et demie ?

a) vitesse commune aux deux voitures : 25 $m.s^{-1}$

b) distance parcourue par le second conducteur avant de réagir : 25 x 1,5 = 38 m

c) intervalle minimum pour éviter une collision : **38 m**

2. Vitesses inégales et décélérations égales

Exemple : deux voitures circulent l'une derrière l'autre, la première à 90 $km.h^{-1}$ (25 $m.s^{-1}$), la seconde à 108 $km.h^{-1}$ (30 $m.s^{-1}$) et s'immobilisent avec une décélération identique de 8 $m.s^{-2}$. Quel doit être l'intervalle minimum pour éviter une collision si le second conducteur réagit avec un délai d'une seconde et demie ?

a) vitesse de la seconde voiture : 30 $m.s^{-1}$

b) distance parcourue par le second conducteur avant de réagir : 30 x 1,5 = 45 m

c) distance parcourue par la première voiture pendant le freinage : 39 m

d) distance parcourue par la seconde voiture pendant le freinage : 57 m

e) distance de freinage à rajouter : 57 – 39 = 18 m

f) intervalle minimum pour éviter une collision : 45 + 18 = **63 m**

3. Vitesses et décélérations inégales

Exemple : deux voitures circulent l'une derrière l'autre ; la première voiture circule à 90 km.h^{-1} (25 m.s^{-1}) et s'immobilise avec une décélération de 9 m.s^{-2}. La seconde voiture circule à 108 km.h^{-1} (30 m.s^{-1}) et décélère à 7 m.s^{-2}. Quel doit être l'intervalle minimum pour éviter une collision si le second conducteur réagit avec un délai d'une seconde et demie ?

a) vitesse de la seconde voiture : 30 m.s^{-1}

b) distance parcourue par le second conducteur avant de réagir : 30 x 1,5 = 45 m

c) distance parcourue par la première voiture pendant le freinage : 35 m

d) distance parcourue par la seconde voiture pendant le freinage : 65 m

e) distance de freinage à rajouter : 65 – 35 = 30 m

f) intervalle minimum pour éviter une collision : 45 + 30 = **75 m**

4. Conclusion

Plus que le délai de réaction des conducteurs, ce sont les différences de vitesses initiales et l'inégalité des décélérations qui permettent d'expliquer nombre de collisions lorsque des voitures se suivent les unes derrière les autres.

ASSOCIATION ADILCA

www.adilca.com

*** * ***

VITESSE, DÉCÉLÉRATION ET COLLISION

Les intervalles calculés précédemment sont des intervalles minimum destinés à éviter une collision de justesse. Il va de soi que le conducteur avisé devrait concéder un espace supplémentaire, de manière à disposer d'une marge de sécurité.

Hélas, plus ces intervalles sont grands, plus ils sont difficiles à évaluer, d'autant plus que la vitesse, autre donnée du problème, est une grandeur sans cesse fluctuante et elle aussi très difficile à estimer de façon précise, sans parler de la distraction des conducteurs.

Que se passe-t-il lorsque l'intervalle entre les deux véhicules est inférieur à celui dont le conducteur aurait besoin ? Si la première voiture commence à ralentir et s'immobilise tout juste, la seconde vient la percuter à l'arrière.

À l'aide des formules *ad hoc*, il est possible de calculer de nombreux paramètres, dont la vitesse au moment de la collision. Cette vitesse correspond à la *vitesse initiale* dans l'étude du mécanisme des collisions frontales ou par l'arrière (voir dossier ADILCA "*collisions frontales et transversales*").

1. Vitesses inégales et décélérations égales

Exemple : deux voitures circulent l'une derrière l'autre, la première à 90 km.h^{-1} (25 m.s^{-1}), la seconde à 108 km.h^{-1} (30 m.s^{-1}). L'intervalle entre les deux voitures est de 50 mètres au moment où le premier conducteur déclenche un freinage. Le second conducteur réagit avec un délai d'une seconde et demie. Les décélérations sont identiques pour les deux voitures : 8 m.s^{-2}. Quelle est la vitesse de la seconde voiture au moment de la collision ?

a) distance parcourue par la première voiture pendant le freinage : 39 m

b) distance dont la seconde voiture aurait eu besoin pour s'immobiliser : 56 m

c) vitesse de la seconde voiture au moment de la collision : **50 km.h^{-1}** (14 m.s^{-1})

d) la première voiture est percutée 0,375 s après s'être immobilisée ;

e) décélération qui aurait permis à la seconde voiture d'éviter le choc : 10,3 m.s^{-2}

2. Vitesses et décélérations inégales

Exemple : deux voitures circulent l'une derrière l'autre, la première à 90 km.h^{-1} (25 m.s^{-1}), la seconde à 108 km.h^{-1} (30 m.s^{-1}). L'intervalle entre les deux voitures est de 50 mètres au moment où le premier conducteur déclenche un freinage de 9 m.s^{-2}. Le second

conducteur réagit avec un délai d'une seconde et demie et décélère à 7 $m.s^{-2}$. Quelle est sa vitesse au moment de la collision ?

a) distance parcourue par la première voiture pendant le freinage : 35 m

b) distance dont la seconde voiture aurait eu besoin pour s'immobiliser : 64 m

c) vitesse de la seconde voiture au moment de la collision : **65 $km.h^{-1}$** (18 $m.s^{-1}$)

d) la première voiture est percutée 0,4 s après s'être immobilisée ;

e) décélération qui aurait permis à la seconde voiture d'éviter le choc : 11,3 $m.s^{-2}$

3. Conclusion

Dans la première configuration, c'est la différence de vitesse initiale qui est à l'origine de la collision.

Dans la deuxième configuration, la décélération insuffisante de la seconde voiture a pour effet d'accroître la vitesse de collision.

On remarque aussi que le second conducteur pourrait, dans une certaine mesure, compenser une réaction tardive par un freinage plus intense, à condition que le premier conducteur ne sollicite qu'une faible décélération. En effet, au-delà d'une certaine valeur, variable selon les véhicules, la situation est irrécupérable.

Les conditions de sécurité permettant d'éviter les collisions reposent donc sur trois principes :

- des vitesses sensiblement homogènes ;
- des distances de sécurité sensiblement plus grandes que celles dont les conducteurs ont besoin pour réagir ;
- des décélérations homogènes et sensiblement inférieures à celles dont les conducteurs et les véhicules sont capables.

Si l'une de ces trois conditions n'est pas remplie, ou *a fortiori* les trois, le risque de collision est certain.

ASSOCIATION ADILCA www.adilca.com * * *

RELATIONS ENTRE GRANDEURS

Distance parcourue pendant une décélération complète :

$$D = V^2 / 2\,\gamma$$

D : distance parcourue pendant la décélération, exprimée en **m**
V : vitesse initiale, exprimée en **$m.s^{-1}$**
γ : décélération, exprimée en **$m.s^{-2}$**
cohérence des unités : **D** = $(m^{+1}.s^{-1})^2 . (m^{+1}.s^{-2})^{-1} = m^{+2}.s^{-2} . m^{-1}.s^{+2} = m^{+1}.s^0$ = **m**

Exemple : calculons la distance parcourue jusqu'à l'arrêt complet pour une vitesse initiale de 90 $km.h^{-1}$ (25 $m.s^{-1}$) et une décélération de 9 $m.s^{-2}$:

D = 25^2 / (2 x 9) = 625 / 18 = 35 **m**

Temps de freinage d'une décélération complète :

$$T = V / \gamma$$

T : temps de freinage, exprimé en **s**
V : vitesse initiale, exprimée en **$m.s^{-1}$**
γ : décélération, exprimée en **$m.s^{-2}$**
cohérence des unités : **T** = $m^{+1}.s^{-1} . m^{-1}.s^{+2}$ = **s**

Exemple : calculons le temps de freinage dans les conditions suivantes : vitesse initiale de 108 $km.h^{-1}$ (30 $m.s^{-1}$), décélération de 8 $m.s^{-2}$:

T = 30 / 8 = 3,75 **s**

Distance parcourue pendant une décélération incomplète :

$$D = (Va^2 - Vb^2) / 2\,\gamma$$

D : distance parcourue pendant la décélération, exprimée en **m**
Va : vitesse initiale, exprimée en **$m.s^{-1}$**
Vb : vitesse résiduelle, exprimée en **$m.s^{-1}$**
γ : décélération, exprimée en **$m.s^{-2}$**
cohérence des unités : **D** = $(m^{+1}.s^{-1})^2 . (m^{+1}.s^{-2})^{-1} = m^{+2}.s^{-2} . m^{-1}.s^{+2} = m^{+1}.s^0$ = **m**

Exemple : calculons la distance parcourue pendant une décélération de 5 $m.s^{-2}$, la vitesse passant de 108 $km.h^{-1}$ (30 $m.s^{-1}$) à 36 $km.h^{-1}$ (10 $m.s^{-1}$) :

D = $(30^2 - 10^2)$ / (2 x 5) = (900 – 100) / 10 = 800 / 10 = 80 **m**

Temps de freinage d'une décélération incomplète :

$$T = (Va - Vb) / \gamma$$

T : temps de freinage, exprimé en **s**
Va : vitesse initiale, exprimée en **$m.s^{-1}$**
Vb : vitesse résiduelle, exprimée en **$m.s^{-1}$**
γ : décélération, exprimée en **$m.s^{-2}$**
cohérence des unités : **T** = $m^{+1}.s^{-1} . m^{-1}.s^{+2}$ = **s**

Exemple : calculons le temps de freinage dans les conditions suivantes : vitesse initiale 108 $km.h^{-1}$ (30 $m.s^{-1}$), vitesse résiduelle 36 $km.h^{-1}$ (10 $m.s^{-1}$), décélération 5 $m.s^{-2}$:

T = (30 – 10) / 5 = 20 / 5 = 4 **s**

Vitesse résiduelle, fonction du temps de freinage :

$$Vb = Va - (\gamma . T)$$

Vb : vitesse résiduelle, exprimée en **$m.s^{-1}$**
Va : vitesse initiale, exprimée en **$m.s^{-1}$**
γ : décélération, exprimée en **$m.s^{-2}$**
T : temps de freinage, exprimé en **s**
cohérence des unités : **V** = $m.s^{-1} - (m.s^{-2} . s)$ = $m.s^{-1} - m.s^{-1}$ = **$m.s^{-1}$**

Exemple : calculons la vitesse résiduelle dans les conditions suivantes : vitesse initiale 108 $km.h^{-1}$ (30 $m.s^{-1}$), décélération 5 $m.s^{-2}$ pendant 4 secondes :

Vb = 30 – (5 x 4) = 30 – 20 = 10 **$m.s^{-1}$**

Vitesse au moment de la collision :

$$V = (2 \gamma . D)^{1/2}$$

V : vitesse au moment de la collision, exprimée en **$m.s^{-1}$**
γ : décélération, exprimée en **$m.s^{-2}$**
D : distance de freinage manquante, exprimée en **m**
cohérence des unités : **V** = $[(m.s^{-2}) . m]^{1/2}$ = $[m^{+2}.s^{-2}]^{1/2}$ = **$m.s^{-1}$**

Exemple : calculons la vitesse au moment de la collision s'il manque 12,25 mètres de freinage à une voiture qui décélère à 8 $m.s^{-2}$:

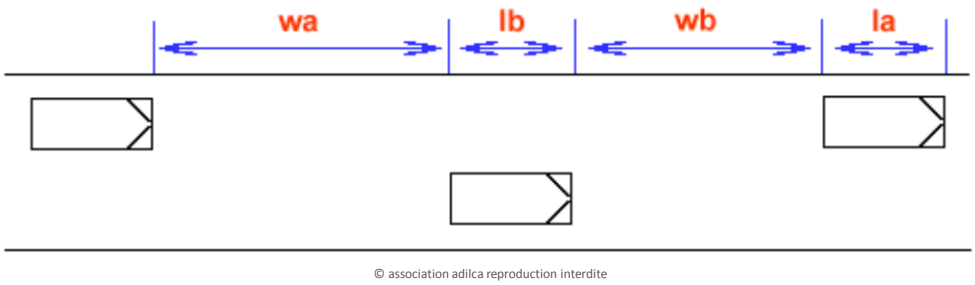
V = $(2 \times 8 \times 12{,}25)^{1/2} = (196)^{1/2}$ = 14 **$m.s^{-1}$** = 50 $km.h^{-1}$

ASSOCIATION ADILCA www.adilca.com * * *

DISTANCES PARCOURUES PENDANT UN DÉPASSEMENT

1. Cas d'un dépassement effectué à vitesse constante

Dans ce genre de problème, on considère que les deux véhicules circulent à vitesse constante, que la distance totale que le véhicule effectuant le dépassement doit gagner sur le véhicule dépassé est égale à la somme des longueurs des deux véhicules, somme à laquelle il faut ajouter les distances de sécurité avant et après le dépassement, ces distances étant celles parcourues par les véhicules en une seconde.



La distance totale parcourue pendant un dépassement
est la somme des distances wa, lb, wb et la.

La distance parcourue pendant un dépassement est donc fonction de la vitesse du véhicule effectuant le dépassement et de la différence de vitesse avec le véhicule dépassé, selon la relation :

$$D = Va \,.\, (wa + wb + la + lb) \,.\, (Va - Vb)^{-1}$$

D : distance totale parcourue pendant un dépassement, exprimée en mètre
Va : vitesse du véhicule effectuant le dépassement, exprimée en mètre par seconde
wa : distance parcourue par ce véhicule en une seconde, exprimée en mètre
wb : distance parcourue par le véhicule dépassé en une seconde, exprimée en mètre
la : longueur du véhicule effectuant le dépassement, exprimée en mètre
lb : longueur du véhicule dépassé, exprimée en mètre
Vb : vitesse du véhicule dépassé, exprimée en mètre par seconde

cohérence des unités : distance = $m.s^{-1} \,.\, m \,.\, m^{-1}.s^{+1}$ = mètre

Exemple : calculons la distance qu'une voiture de 4 mètres de longueur circulant à 90 $km.h^{-1}$ (25 $m.s^{-1}$) doit parcourir pour dépasser un camion-remorque de 18 mètres de longueur circulant à 80 $km.h^{-1}$ (22 $m.s^{-1}$) :

D = 25 x (25 + 22 + 4 + 18) / (25 – 22) = 575 **mètres**.

La durée de ce dépassement se déduit des valeurs précédentes, selon la relation :

$$T = D \cdot V^{-1}$$

T : durée du dépassement, exprimée en seconde
D : distance totale parcourue pendant le dépassement, exprimée en mètre
V : vitesse du véhicule effectuant le dépassement, exprimée en mètre par seconde

cohérence des unités : durée = $m \cdot m^{-1}.s^{+1}$ = seconde

Exemple : calculons la durée du dépassement de l'exemple précédent :

T = 575 / 25 = 23 **secondes**.

2. Cas d'un dépassement effectué en accélération

Dans ce genre de problème, on considère que les deux véhicules ont la même vitesse initiale, le véhicule effectuant le dépassement étant soumis à une accélération d'intensité constante (dans la réalité, cette intensité décroît au fur et à mesure que la vitesse augmente).

La distance totale que le véhicule effectuant le dépassement doit gagner sur le véhicule dépassé est, comme dans le cas précédent, égale à la somme des longueurs des deux véhicules, somme à laquelle il faut rajouter les distances de sécurité avant et après le dépassement, ces distances étant celles parcourues par les véhicules en une seconde.

Au préalable, il est nécessaire de calculer la durée du dépassement, selon la relation :

$$T = [(2 \cdot \gamma^{-1}) \cdot (wa + wb + la + lb)]^{1/2}$$

T : durée du dépassement, exprimée en seconde
wa : distance de sécurité avant le dépassement, exprimée en mètre
wb : distance de sécurité après le dépassement, exprimée en mètre
la : longueur du véhicule effectuant le dépassement, exprimée en mètre
lb : longueur du véhicule dépassé, exprimée en mètre
γ : accélération du véhicule effectuant le dépassement,
exprimée en mètre par seconde carrée

cohérence des unités : durée = $(m^{-1}.s^{+2} \cdot m)^{1/2}$ = seconde

[*la puissance ½ équivaut à une racine carrée*]

Exemple : calculons la durée du dépassement d'un camion-remorque d'une longueur de 18 mètres circulant à 90 $km.h^{-1}$ (25 mètres par seconde), ce dépassement

étant effectué par une voiture d'une longueur de 4 mètres ayant même vitesse initiale et soumise à une accélération de 1 mètre par seconde carrée :

$$\mathbf{T} = [(2 / 1) \times (25 + 25 + 4 + 18)]^{1/2} = (2 \times 72)^{1/2} = 144^{1/2} = 12 \textbf{ secondes}.$$

La distance nécessaire au dépassement est fonction de la vitesse initiale, de l'intensité de l'accélération et de sa durée, selon la relation :

$$D = (U . T) + ½ (\gamma . T^2)$$

D : distance nécessaire au dépassement, exprimée en mètre
U : vitesse initiale, exprimée en mètre par seconde
T : durée du dépassement, exprimée en seconde
γ : accélération du véhicule effectuant le dépassement, exprimée en mètre par seconde carrée

cohérence des unités : distance = $(m.s^{-1} . s) + (m.s^{-2} . s^2)$ = mètre

Exemple : calculons la distance nécessaire au dépassement de ce camion-remorque :

$$\mathbf{D} = (25 \times 12) + ½ (1 \times 12^2) = 300 + 72 = 372 \textbf{ mètres}.$$

La vitesse du véhicule à l'issue du dépassement est fonction de la vitesse initiale, de l'intensité de l'accélération et de sa durée, selon la relation :

$$V = U + (\gamma . T)$$

V : vitesse à l'issue du dépassement, exprimée en mètre par seconde
U : vitesse initiale, exprimée en mètre par seconde
γ : accélération, exprimée en mètre par seconde carrée
T : durée du dépassement, exprimée en seconde

cohérence des unités : vitesse = $(m.s^{-1}) + (m.s^{-2} . s)$ = mètre par seconde

Exemple : calculons la vitesse que la voiture a acquise à l'issue du dépassement du camion-remorque :

$$\mathbf{V} = 25 + (1 \times 12) = 37 \textbf{ mètres par seconde}.$$

ASSOCIATION ADILCA www.adilca.com * * *