



Section 1

Freins et freinage

Chaleur - Énergie - Adhérence - Frottement

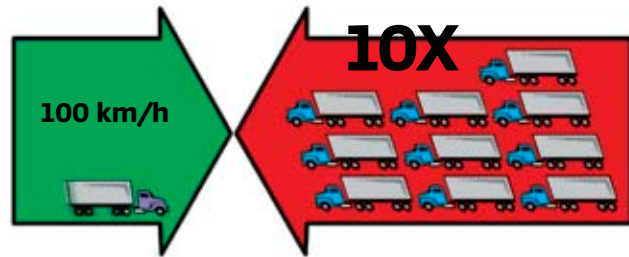
Il faut, pour qu'un véhicule puisse avancer sur une route, qu'un moteur à combustion interne convertisse son énergie calorifique en énergie mécanique. Un système de bielles, d'arbres et de pignons transmet cette énergie mécanique du moteur aux pneus des roues motrices. Enfin, l'avance du véhicule est fonction de l'adhérence des pneus à la route.

Le frottement est la force qui s'oppose au déplacement de deux surfaces qui sont en contact. Pour arrêter un véhicule, il faut exercer une force qui applique les garnitures de frein contre la surface usinée des tambours afin de créer un frottement. Ce frottement produit de la chaleur.

Le moteur convertit l'énergie calorifique en énergie mécanique, alors que les freins, à l'inverse, reconvertissent cette énergie mécanique en énergie calorifique. Le frottement entre les tambours et les garnitures de freins, tout en limitant l'énergie mécanique produite par les tambours de frein et les roues en rotation, dégage de la chaleur. Celle-ci est absorbée par les tambours métalliques qui la dissipent par dispersion dans le milieu ambiant. La quantité de chaleur que peuvent absorber les tambours de frein dépend de l'épaisseur de métal utilisé pour leur fabrication. Quand le frottement créé entre les garnitures de frein et les tambours est suffisant, les roues arrêtent leur rotation; cependant, l'immobilisation totale du véhicule dépend de l'adhérence entre les pneus et la surface de la chaussée.

Un véhicule équipé d'un moteur de 200 chevaux peut accélérer de 0 à 100 km/h en une minute. Imaginons alors la puissance nécessaire pour arrêter ce même

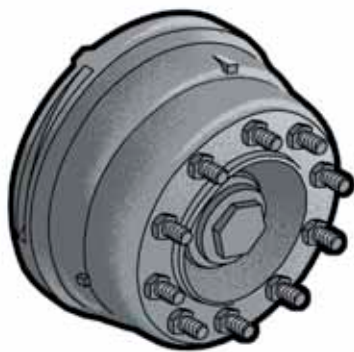
véhicule, qu'il faut par ailleurs, en cas d'urgence, pouvoir amener à l'arrêt en moins de six secondes (exactement $\frac{1}{10}$ du temps d'accélération).



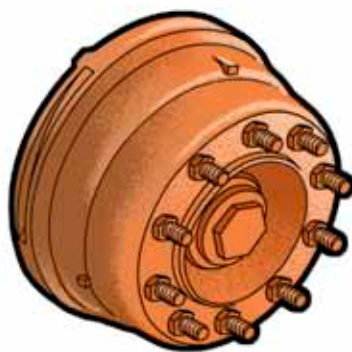
Il faudrait ainsi, pour arrêter le véhicule en un dixième du temps d'accélération, une puissance de freinage dix fois supérieure à la puissance d'accélération, soit environ 2 000 chevaux. En supposant que le véhicule ait six roues, chacune devrait alors produire $\frac{1}{6}$ de la puissance de freinage. Dans ce cas, un mauvais réglage d'une ou deux roues imposerait un plus gros effort de freinage aux autres roues et l'on risquerait de dépasser les limites pour lesquelles elles ont été conçues. Cette utilisation excessive des freins provoquerait un développement de chaleur dépassant les capacités d'absorption et de dispersion des tambours de frein. Un tel excès de chaleur endommagerait éventuellement les freins et peut entraîner des pannes.

La meilleure température, pour les garnitures de frein, est de 250 °C et ne devrait en aucun cas dépasser 425 °C. Il importe de bien comprendre que la puissance qui permet l'arrêt crée un développement de chaleur qui peut détériorer les freins.

Tambours



250 °C
Normal



425 °C
Maximum



1100 °C
Panique!

Vitesse - Poids - Distance

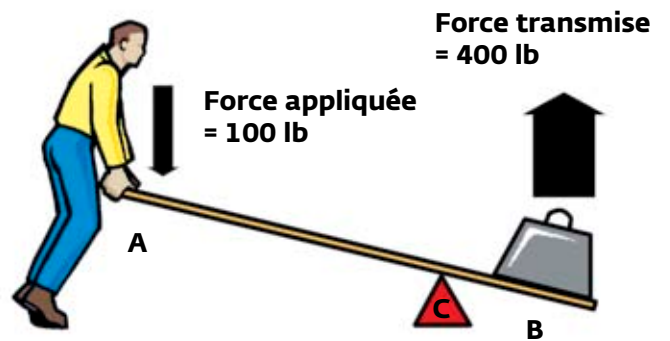
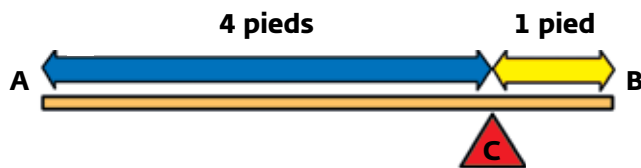
Outre l'énergie, la puissance calorifique et le frottement, les autres éléments qui déterminent la distance que mettra un véhicule pour s'arrêter sont sa vitesse et son poids. La puissance de freinage nécessaire pour amener un véhicule à l'arrêt est directement proportionnelle à son poids et à sa vitesse. Par exemple, si le poids est deux fois plus élevé, la puissance de freinage doit être doublée pour arrêter le véhicule sur la même distance. Si c'est la vitesse qui est deux fois plus élevée, il faut une puissance de freinage quatre fois supérieure pour arrêter le véhicule sur la même distance. Si le poids et la vitesse doublent, la puissance de freinage doit alors être huit fois supérieure pour provoquer l'arrêt.

Prenons l'exemple d'un véhicule portant une charge de 14 000 kg à une vitesse de 16 km/h et qui freine normalement pour s'arrêter sur une distance de 30 mètres. Si la charge est portée à 28 000 kg et que la vitesse atteint 32 km/h, il faut que la puissance de freinage soit huit fois supérieure à celle d'un freinage normal pour amener le véhicule à l'arrêt sur la même distance de 30 mètres. Les freins ne peuvent offrir une telle puissance de freinage. Quand les limites du véhicule sont dépassées, la puissance de freinage ne suffit plus.

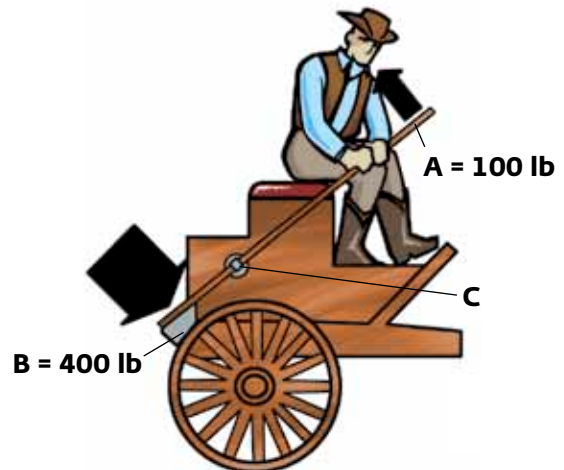
Puissance de freinage

Par effet mécanique

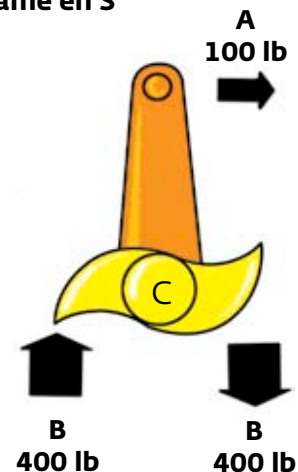
Les systèmes de freinage font intervenir divers dispositifs permettant de multiplier la force appliquée sur la pédale de frein. On place un levier sur un pivot ou point d'appui. Étant donné qu'il y a quatre pieds de distance entre A et C et un pied de C à B, il s'agit d'un rapport de quatre à un (4:1). La puissance a été multipliée par l'effet de levier. Le dispositif le plus couramment employé à cet effet est le levier, dont voici un exemple simple :



Si une force descendante de 100 livres est appliquée au point A, la force ascendante qui s'exerce au point B est de 400 livres.



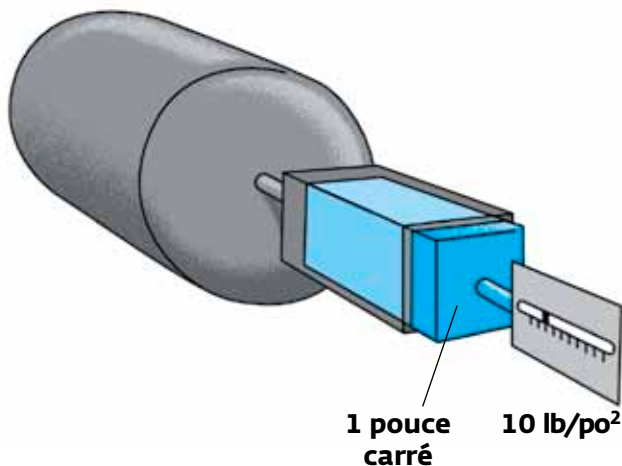
Freins à came en S



Par effet pneumatique

Un autre moyen de multiplier davantage la force appliquée sur la pédale de frein est l'air comprimé. Nous savons tous comme il peut être difficile d'avancer par vent violent. L'air peut être comprimé et ainsi occuper un espace beaucoup plus restreint que ce qu'il occuperait normalement. C'est le cas de l'air enfermé dans les pneus d'un véhicule et qui en supporte le poids. Plus l'espace dans lequel l'air est comprimé est restreint, plus l'air oppose de résistance à la compression. Cette résistance crée une certaine pression dont on se sert pour obtenir la multiplication mécanique de la force.

Supposons que l'on branche un réservoir d'air comprimé à un tuyau ayant une section de 1 pouce carré; si l'on place un bouchon ayant une surface de 1 pouce carré à l'extrémité du tuyau, l'air comprimé pousse le bouchon vers l'extérieur. Il suffit d'appliquer une balance graduée contre le bouchon pour mesurer la force exercée par l'air sur le bouchon.

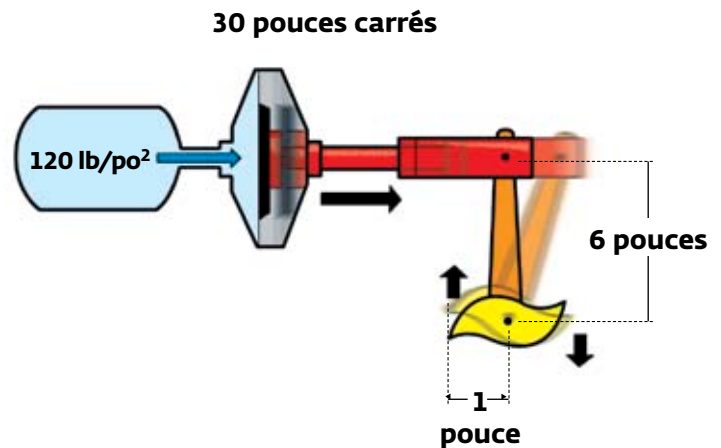


Si la force ainsi mesurée s'élève à 10 livres, on peut alors dire qu'il s'exerce une force de 10 livres sur la surface de 1 pouce carré du bouchon, ce qui équivaut à une force de 10 livres par pouce carré (lb/po²).

Plus l'air du réservoir est comprimé, plus la force exercée sur le bouchon est importante.

Effet de levier et air comprimé

Dans un système de freinage pneumatique, les tuyaux ont une section circulaire et les bouchons sont des membranes souples agissant contre des biellettes. Si une pression de 120 lb/po² agit sur une membrane dont la surface couvre 30 pouces carrés, il s'exerce une force totale de 3 600 livres (120 X 30). Cette force, appliquée à une biellette actionnant un régleur de 6 po, qui lui-même agit sur une came, produit une force totale de 21 600 lb.po de couple (3 600 X 6), soit 1 800 lb.pi (21 600 ÷ 12). Par comparaison, il faut 25-30 lb.pi de couple pour serrer une roue de voiture, ce qui donne une idée de la puissance que l'on peut obtenir en combinant effet de levier et air comprimé.



Distance d'arrêt

Trois facteurs déterminent la distance d'arrêt :

- le délai d'intervention,
- le temps de réaction,
- la distance de freinage.

Délai d'intervention : Le délai d'intervention est souvent appelé « délai de réflexion ». Il s'agit du temps qui s'écoule entre le moment où le conducteur perçoit le danger et celui où il appuie sur la pédale de frein, en moyenne $\frac{3}{4}$ de seconde.

Temps de réaction : Étant donné que l'air est facilement compressible, il faut qu'un volume relativement important d'air circule du réservoir jusqu'au cylindre récepteur avant d'exercer assez de pression pour appliquer les freins. Le temps de réaction est donc le temps qu'il faut à l'air pour circuler dans un système de freinage pneumatique en bon état (environ $\frac{4}{10}$ de seconde).

Distance de freinage : La distance parcourue par le véhicule entre le moment où le conducteur freine et l'arrêt complet du véhicule.

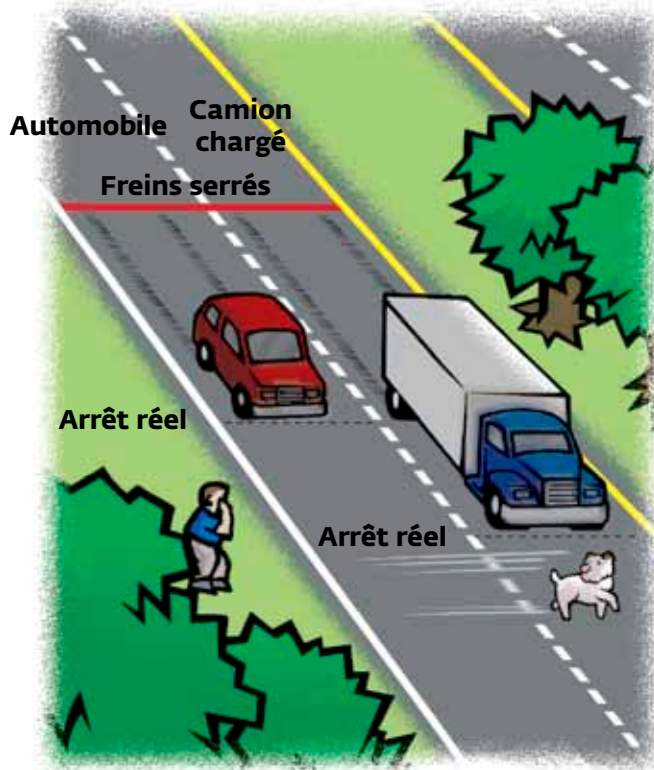
Cette distance dépend du frottement des garnitures, de la dissipation de chaleur par les tambours et de l'adhérence des pneus à la route.

Le conducteur ne devrait jamais compter aveuglément sur ses freins. Avant de mettre le véhicule en marche, il doit vérifier le réglage et le bon fonctionnement du système de freinage. Il doit en comprendre le fonctionnement, être conscient de ses capacités et de ses limites, et savoir en tirer le maximum.

Les véhicules lourds doivent être dotés de systèmes de freinage puissants obtenus grâce à la multiplication des forces par effet de levier et à l'utilisation de l'air comprimé. On ne doit jamais oublier, en appuyant sur les freins, la chaleur créée par le frottement. Quand la chaleur est trop forte, le freinage devient moins efficace. Plus la charge est lourde et plus la vitesse est grande, plus la puissance nécessaire pour arrêter le véhicule est importante.

Il ne faut pas oublier qu'un tel véhicule muni de freins à air comprimé, même si ceux-ci sont bien réglés, ne s'arrête pas aussi rapidement qu'une voiture.

Comparaison des distances d'arrêt



Résumé

1. En définitive, quel est l'élément qui permet d'établir si un véhicule pourra se déplacer ou non?
2. En définitive, quel est l'élément qui permet d'établir si un véhicule pourra s'arrêter ou non?
3. Comment se dissipe la chaleur que dégagent les freins?
4. Si les garnitures de frein agissant sur une roue sont mal réglées, quel est l'effet de ce dérèglement sur les autres freins du véhicule?
5. Que signifie « frottement »?
6. Si l'on double le poids du véhicule, de combien de fois faudra-t-il augmenter la puissance de freinage?
7. Si l'on double la vitesse du véhicule, de combien de fois faudra-t-il augmenter la puissance de freinage?
8. Si l'on double le poids et la vitesse du véhicule, de combien de fois faudra-t-il augmenter la puissance de freinage du véhicule?
9. Qu'est-ce que l'air comprimé?
10. Que signifie l'abréviation « lb/po² »?
11. Si l'on exerce une pression de 40 lb/po² sur une membrane ayant une surface de 30 pouces carrés, quelle est la force totale exercée (en lb)?
12. Quels sont les trois facteurs qui déterminent la distance d'arrêt?
13. Que signifient les expressions suivantes :
« délai d'intervention du conducteur »
« distance de freinage »
« temps de réaction des freins »?