

FORCES ET FROTTEMENT, EXEMPLE : LES FREINS

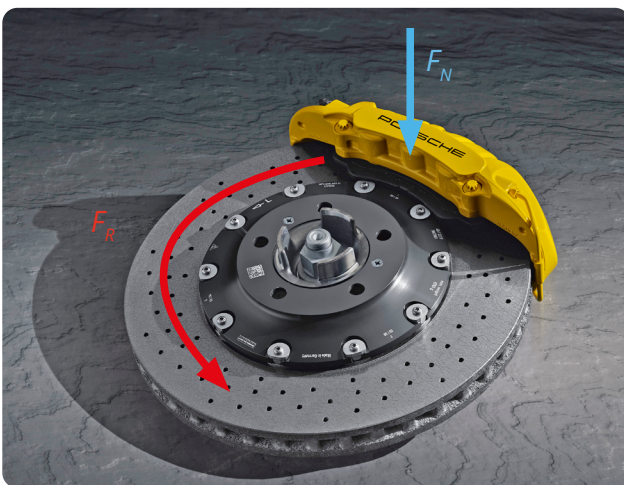


Lors du freinage, des forces extrêmes agissent et transforment l'énergie cinétique du véhicule en énergie thermique. Ceci est rendu possible par l'appui exercé par les plaquettes de frein sur le disque de frein et la force de frottement qui en résulte, ce qui produit un couple de freinage.

Lorsqu'une voiture de sport freine à fond à partir de sa vitesse maximale, la majeure partie de l'énergie cinétique est convertie en énergie thermique par les freins. Cela permet d'atteindre des puissances de freinage moyennes pouvant atteindre 800 kW. Pour maîtriser des puissances de freinage aussi élevées, le frein doit être refroidi de manière optimale et les matériaux doivent être conçus pour résister à des températures supérieures à 700 °C. Les disques de frein en carbone-céramique font partie des freins très résistants à la chaleur. Ils peuvent supporter brièvement des températures supérieures à 1 000 °C. En Formule 1, des températures supérieures à 1 200 °C sont possibles pendant de courtes périodes.

Le frottement génère de la chaleur

La conversion efficace d'énergie entre la garniture de frein et le disque ou le tambour de frein garantit une distance de freinage courte. La force d'appui F en N des plaquettes sur le disque de frein est obtenue en convertissant la pression p en bar du système hydraulique de freinage dans les conduites (jusqu'à 200 bar) par les pistons des étriers de frein. Cette force d'appui est appelée « force normale » en physique, elle est définie par le symbole F_N . Plus le diamètre des pistons des étriers de frein est grand, plus la force normale générée est importante. On utilise ainsi de grands pistons (lorsque l'espace le permet) ou de nombreux pistons plus petits équipant les étriers de frein. La conversion de la pression en force normale est définie par la formule $F_N = p \times A$. Plus la pression hydraulique du liquide de frein est forte ainsi que plus le diamètre est de ce fait, la surface du piston de frein est importante, plus la force normale est grande. C'est la raison

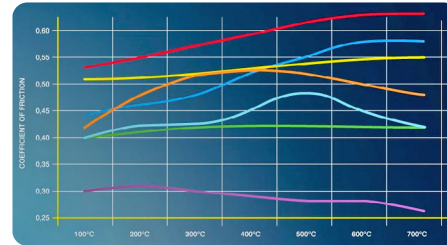


Lors du freinage, la force normale est transformée en force de frottement qui a lieu entre la garniture de frein et le disque de frein. Plus le coefficient de frottement, c'est-à-dire la transformation de la force normale en force de frottement est élevé, plus la force de freinage générée est importante.

pour laquelle les voitures de sport sont équipées de systèmes de freinage à étriers fixes comportant jusqu'à 10 pistons de frein (5 de chaque côté).

« Rendement » de la transformation d'énergie

La force de frottement est générée par la force d'appui des plaquettes de frein sur le disque. Cependant, la proportion de force normale pouvant être convertie en force de frottement dépend de la combinaison des matériaux soumis au frottement, de l'état des surfaces (rugueuses ou lisses) et de la présence ou non d'un lubrifiant (dans le cas des



Le coefficient de frottement dépend de la température. Les fabricants de freins proposent donc différents matériaux adaptés au domaine d'utilisation du véhicule.

freins, il s'agit principalement de saleté, d'eau ou de rouille superficielle sur le disque de frein). Celle-ci est définie par le coefficient de frottement. Le coefficient de frottement est défini par la lettre grecque μ (prononcée « mu », lettre My). La formule $\mu = F_R : F_N$ indique la relation des deux forces. Ainsi, le coefficient de frottement μ n'a pas d'unité. Si le résultat de la division égal 1, cela signifie que toute la force normale totale F_N (force d'appui des plaquettes de frein) est convertie en force de frottement F_R (force de frottement agissant sur le disque). Cela correspondrait à un rendement de 1 ou 100 %. Techniquement, cela n'est pas réalisable. Les plaquettes et disques de frein de série ont généralement des coefficients de frottement compris entre 0,3 et 0,4. Cela signifie qu'environ un tiers de la force d'appui est transformée en force de frottement et donc en force de freinage. En contrepartie, la force de freinage peut être dosée en douceur et sans à-coups en actionnant la pédale de frein. Avec des freins en version sport, le coefficient de frottement est plus élevé et se situe entre 0,6 et 0,7. Ainsi, deux tiers de la force d'appui des plaquettes sur le disque peuvent être convertis en force de frottement. Les freins sport sont donc plus agressifs (montée en puissance rapide, dosage plus difficile) et moins recommandés pour une utilisation quotidienne.

Plus le coefficient de frottement est élevé, plus l'abrasion est forte et donc plus la formation de poussière de frein est importante. Seule une plaquette tendre peut générer une force de frottement importante (exemple : pneus de course par rapport aux pneus d'été de série). Il est évident que cela réduit également la durée de vie. C'est pourquoi, lors des courses de 24 heures par exemple, les plaquettes et les disques de frein doivent être remplacés régulièrement dans les stands par des compétiteurs aguerris.

Poussière de frein selon la norme Euro 7

Actuellement, les constructeurs automobiles et les équipementiers sont confrontés à un défi en matière de développement : à partir de 2026, la nouvelle norme Euro 7 sur les émissions polluantes entrera en vigueur. Celle-ci limite non seulement les émissions des moteurs à combustion, mais fixe également des limites en matière d'usure des pneus et des freins. De nouvelles combinaisons de matériaux et même des systèmes de filtration ou d'aspiration seront utilisés pour tenter de réduire la poussière de freinage afin de respecter les normes.

Les freins assurent dans tous les véhicules, la conversion de l'énergie cinétique en énergie thermique. Une garniture de frein est en appui contre un disque ou un tambour de frein au moyen d'une force normale F_N afin de générer une force de frottement F_R . La conversion d'énergie s'effectue par frottement. Le coefficient de frottement μ entre les matériaux en contact caractérise l'efficacité de la conversion des forces.

FORCES ET FROTTEMENT, EXEMPLE : LES FREINS

Questions sur le MechaniXsheet, le check.

1. Expliquez par quelques phrases quelles formes d'énergies sont converties dans les freins ?

2. Les freins des véhicules fonctionnent selon la formule de la physique $F_R = F_N \times \mu$. Expliquez les symboles de la formule et indiquez quelles grandeurs agissent sur les composants du véhicule.

3. Citez trois facteurs qui influencent le coefficient de frottement. Lequel de ces facteurs peut être directement influencé à l'atelier ?

4. Pourquoi les véhicules de série ne sont-ils pas équipés de freins de course avec des coefficients de frottement deux fois plus élevés ?