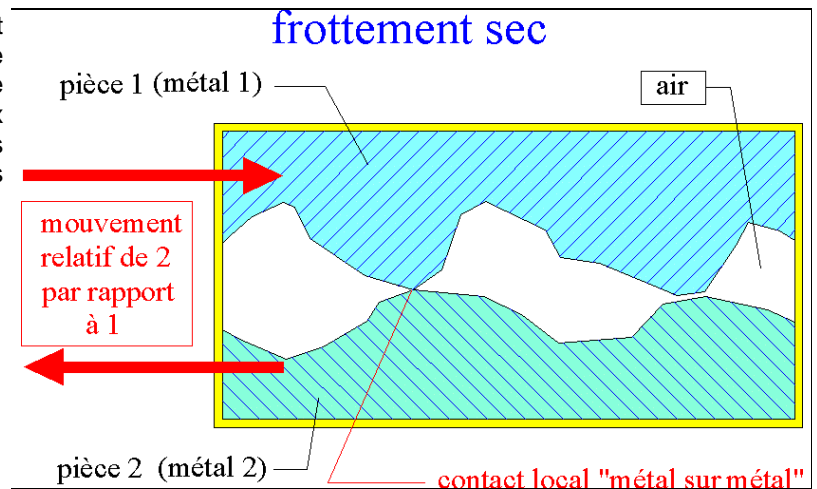


<b>Nom</b>	<b>II. LES QUATRE CAS DU FROTTEMENT</b>	<b>PJ</b>
------------	---	-----------

D'un point de vue scientifique général, le frottement entre deux surfaces frottantes est souvent décrit au moyen de quatre comportements typiques : le frottement sec, le frottement onctueux, le frottement mixte et le frottement hydrodynamique.

## 1. Le frottement sec

Dans le cas du frottement sec, il n'y a pas de lubrifiant entre les surfaces en contact. Le glissement y est le plus difficile et l'usure la plus rapide. De plus, le frottement sec est caractérisé par des contacts locaux fréquents sur les aspérités des surfaces, des échauffements, des arrachements et des microsoudures.

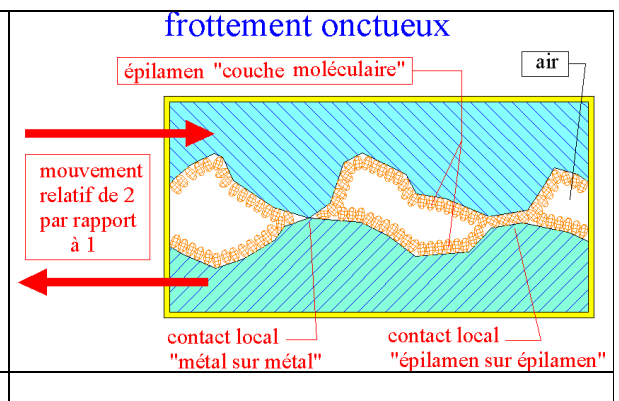


**Remarques :** l'utilisation de matériaux compatibles entre eux (acier/Téflon, acier/bronze...), l'interposition d'un lubrifiant solide ou sec (graphite, bisulfure de molybdène, Téflon...) entre les surfaces frottantes sont des solutions permettant d'améliorer le glissement et de limiter les frottements ( $f \approx 0,04$  à  $0,6$  et plus).

	<b>Acier</b>	<b>Chrome</b>	<b>Molybdène</b>	<b>Tungstène</b>
Métal de base				
Exemples de métaux compatibles avec le métal de base	argent antimoine	argent cadmium or	argent cuivre palladium	argent cuive

## 2. Le frottement onctueux

Dans le cas du frottement onctueux, un film de lubrifiant recouvre les surfaces en contact sous la forme d'une très fine couche (épilamen ou couche moléculaire). Le frottement est diminué ( $f \approx 0,03$  à  $0,2$ ) et le glissement favorisé. Les contacts locaux directs (sans épilamen) sont plus rares, il y a moins d'arrachements, de microsoudures et d'usure.



**Remarques :** pour un lubrifiant, le degré d'adhérence ou la capacité à adhérer aux surfaces (encore appelé "adsorption") sont caractérisés par l'onctuosité. Cette propriété englobe tout un ensemble de phénomènes liés à la capillarité, la tension superficielle et à des propriétés de contact avec la matière à l'échelle des épilamens. Exemple typique, l'orientation privilégiée des molécules d'huile, qui, suite à un phénomène de polarité, se dressent comme les poils d'une brosse et empêchent le contact métal sur métal.

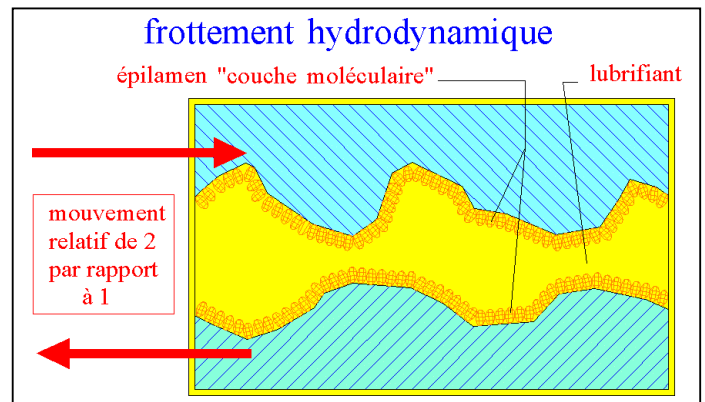
### 3. Le frottement mixte

Le frottement mixte est un mélange de frottement onctueux et de frottement hydrodynamique, caractérisé par une portance hydrodynamique intermittente avec quelques contacts locaux épilamen sur épilamen. Le frottement et l'usure sont réduits par rapport au régime onctueux ( $f \approx 0,01$  à  $0,1$ ).

### 4. Le frottement hydrodynamique

- Dans le cas du frottement hydrodynamique, il n'y a plus aucun contact entre les surfaces, celles-ci sont toujours séparées par une couche de lubrifiant d'épaisseur  $e$  de  $0,02$  à  $0,008$  mm (ou  $\approx 100$  fois supérieure à la hauteur des aspérités des surfaces). Le mouvement, à condition que la vitesse soit suffisante et la viscosité adaptée, crée une portance hydrodynamique comparable à celle du ski nautique. Le frottement est très réduit ( $f \approx 0,002$  à  $0,01$ ) et l'usure pratiquement nulle

Fig 3



#### Remarques

**Le régime hydrostatique** : il ne doit pas être confondu avec le régime hydrodynamique. En régime hydrostatique, le mouvement relatif des pièces est très lent ( $< 0,05$  m/s). Les surfaces sont séparées par une épaisse couche de lubrifiant ( $20$  à  $300 \mu\text{m}$ ) engendrée par la seule pression du fluide (et non pas par la combinaison viscosité-vitesse relative du régime hydrodynamique).

**Le régime élasto-hydrodynamique** : cet état est obtenu avec des surfaces de contact élastiques, fortement chargées et généralement en contact selon un point ou une ligne. Exemples typiques : roulements, engrenages, cames...

Pour ces systèmes la géométrie des surfaces n'est pas propice à la formation du film hydrodynamique, de plus la pression de contact y est très élevée ( $\approx 1\text{GPa}$ ). Cependant, du fait des déformations élastiques des surfaces en contact, de leur vitesse relative, de la géométrie du début de contact, le tout combiné à l'accroissement de la viscosité entraînée par la forte augmentation de la pression, amène la formation d'un film très mince ( $0,5$  à  $1 \mu\text{m}$ ) appelé film élasto-hydrodynamique. Le frottement est pratiquement nul dans le cas d'un roulement pur et de l'ordre  $0,06$  pour un glissement pur.

### frottement élasto-hydrodynamique

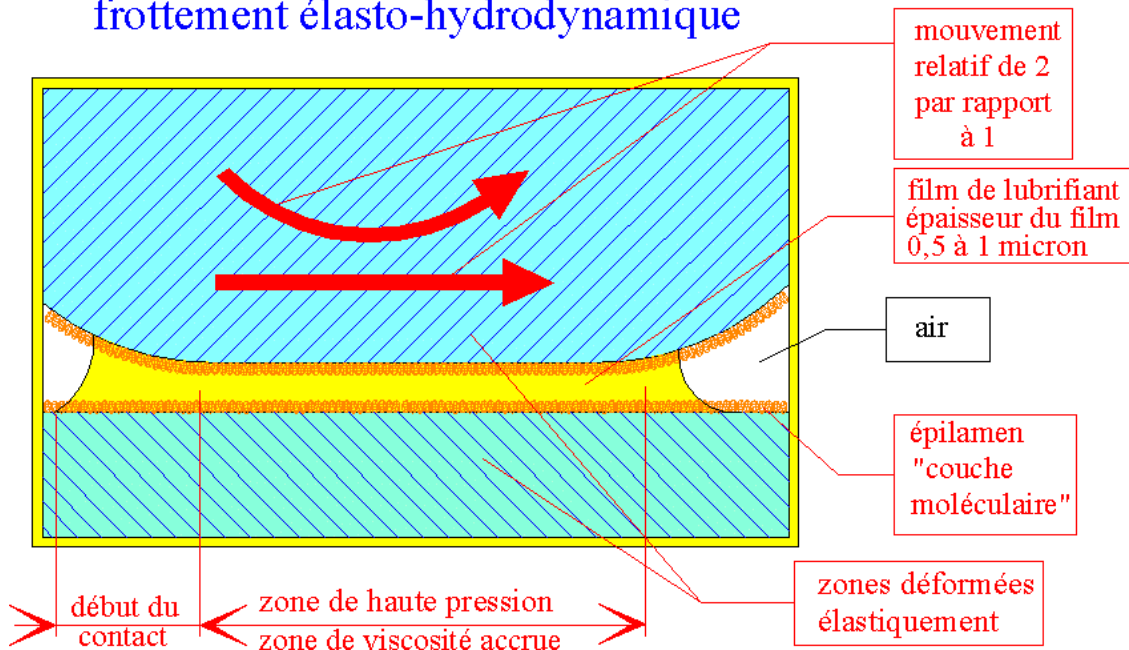


Figure 4