

# Surfaces

<https://vod.canal-u.tv/vod/media/canalu/documents/utls/download/pdf/190705.pdf>

Lydéric Bocquet. *Approche physique du frottement*. 2005. Extraits.

## Le mystère des surfaces.

[...] Cette complexité sous-jacente se retrouve dans une autre manifestation des lois de Amontons - Coulomb : **l'indépendance des coefficients de frottement vis-à-vis de l'aire de contact**. Léonard de Vinci avait déjà observé ce phénomène, comme le montre l'une de ses planches (figure 3).

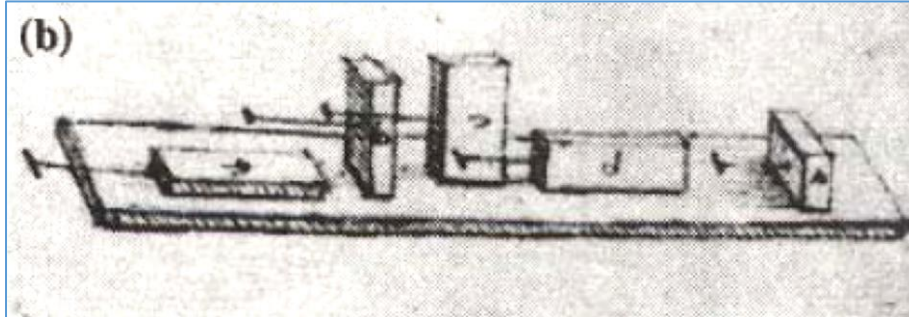


Figure 3 : dessins de Léonard de Vinci, illustrant ses expériences démontrant l'indépendance du coefficient de frottement vis-à-vis de l'aire de contact entre le corps frottant et la surface (tiré de [Dowson]).

Quelle que soit la surface de contact de l'objet frottant, la force de frottement est identique. Ce résultat très contre-intuitif a défié l'imagination des scientifiques plusieurs siècles avant que Bowden et Tabor au Cavendish à Cambridge n'en proposent une explication dans les années 1950. La clef de ce phénomène est une nouvelle fois la rugosité de surface. Comme on le montre schématiquement sur la figure 4, à cause de la rugosité, les zones de contact réel entre les surfaces sont bien plus petites que l'aire de contact apparente entre les surfaces, telle qu'elle nous apparaît de visu.

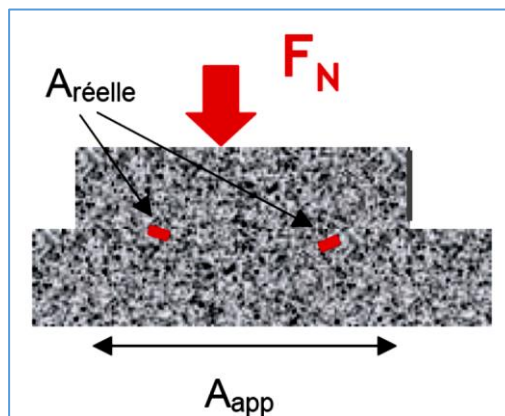


Figure 4 : Illustration de deux surfaces rugueuses en contact. L'aire de contact réelle ( $A_{réelle}$ ) entre les surfaces est bien plus petite que l'aire apparente ( $A_{app}$ ).  $A_{app}$  surface de l'objet.

Cette distinction entre surface réelle et surface apparente a été démontrée par visualisation optique directe de la surface de contact, notamment par Dieterich et Kilgore et plus récemment par Ronsin et Baumberger. Cette observation donne une image de zones de contact réel très clairsemées, avec une taille typique pour chaque zone de l'ordre du micron. Ainsi l'aire de contact réelle entre deux objets macroscopiques ne représente typiquement que 0.1 % de l'aire de contact totale :  $A_{réelle} / A_{app} \sim 0,001$ . Une conséquence immédiate est que la force normale ( $F_N$ ) à laquelle on soumet l'objet ne se répartit que sur les aspérités en contact et non sur l'ensemble de la  $A_{réelle}$ .

En conséquence la pression au sein de ces contacts, c'est-à-dire la force par unité de surface,  $P_{contact} = F_N / A_{réelle}$ , est bien plus grande que celle que l'on attendrait a priori si la force  $F_N$  se répartissait sur l'ensemble de la surface,  $P_{app} = F_N / A_{app}$ . Or aux très grandes pressions, un matériau devient en général plastique, c'est à dire qu'il s'écrase sans que sa pression ne varie. La valeur de la pression à laquelle se déroule ce phénomène est appelée dureté du matériau, que l'on notera  $H$ . La pression au sein des contacts étant fixée à  $H$ , on en déduit alors que l'aire réelle du contact est directement proportionnelle à la force appliquée :  $A_{réelle} = F_N / H$ . Autrement dit, plus la force appliquée est grande, plus le contact réel est grand, ce qui est finalement assez intuitif.