

# La tribologie de l'antiquité à nos jours

## Partie 2 : de la révolution industrielle à nos jours

Jean Frêne

Professeur émérite à l'Université de Poitiers  
Membre de l'Académie des technologies  
Département Génie Mécanique et Systèmes Complexes  
Laboratoire Pprime-UPR 3346-CNRS-Université de Poitiers-ENSMA  
SP2MI Boulevard Marie et Pierre Curie BP 30179  
86962 FUTUROSCOPE CHASSENEUIL Cedex France

### Avant-propos

La première partie de ce texte a été publiée dans l'annuaire 2018 de l'AMOPA de la Vienne Page 8 à 20. Il est possible de se procurer des tirés à part de cette première partie auprès du secrétariat de l'AMOPA de la Vienne ou directement auprès de l'auteur à l'adresse courriel suivante : [jean.frene@univ-poitiers.fr](mailto:jean.frene@univ-poitiers.fr)

### 5. LA RÉVOLUTION INDUSTRIELLE

Dès le début de la révolution industrielle, de nombreuses machines sont réalisées ; elles utilisent pour la plupart des paliers lisses mais aussi des roulements. Des butées à billes sans cage, ont été retrouvées sur différents mécanismes et en particulier sur une vanne de barrage à Philadelphie construit vers 1770 et sur un moulin à vent à Sprowston, près de Norkwilk en Angleterre construit vers 1780 (figure 22).

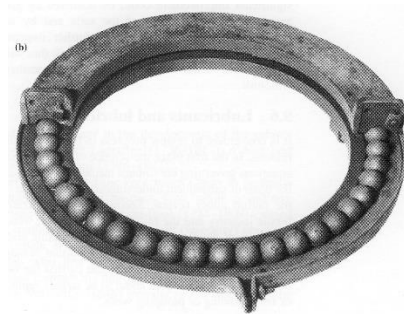


Fig. 22 : Butée à billes sans cage

Cette période est marquée dans le domaine de la tribologie par Charles Augustin Coulomb (1736–1806) né à Angoulême et qui présente en 1780, un mémoire intitulé : "Théorie des machines simples en ayant égard au frottement de leurs parties et à la roideur des cordages". Ce travail obtint le premier prix de l'Académie des Sciences au Printemps 1781 et fut publié en 1782 [8].

Une seconde édition à laquelle ont été ajoutées : « *les Mémoires du même auteur, 1° sur le frottement de la pointe des pivots ; 2° sur la force de torsion et sur l'élasticité des fils de métal ; 3° sur la force des hommes, ou les quantités d'action qu'ils peuvent fournir ; 4° sur l'effet des moulins à vent et la figure de leurs ailes ; 5° sur les murs de revêtements et l'équilibre des voûtes.* » a été publiée en 1821.

Coulomb a construit différents dispositifs et a réalisé de nombreuses expériences afin d'étudier de façon précise l'influence des cinq paramètres suivants, sur le frottement de glissement et dans certains cas sur le frottement de roulement :

- (1) nature des matériaux,
- (2) effet d'un lubrifiant,
- (3) étendue de la surface de contact,
- (4) charge appliquée,
- (5) temps de repos pendant lequel les surfaces restent en contact avant l'expérience.

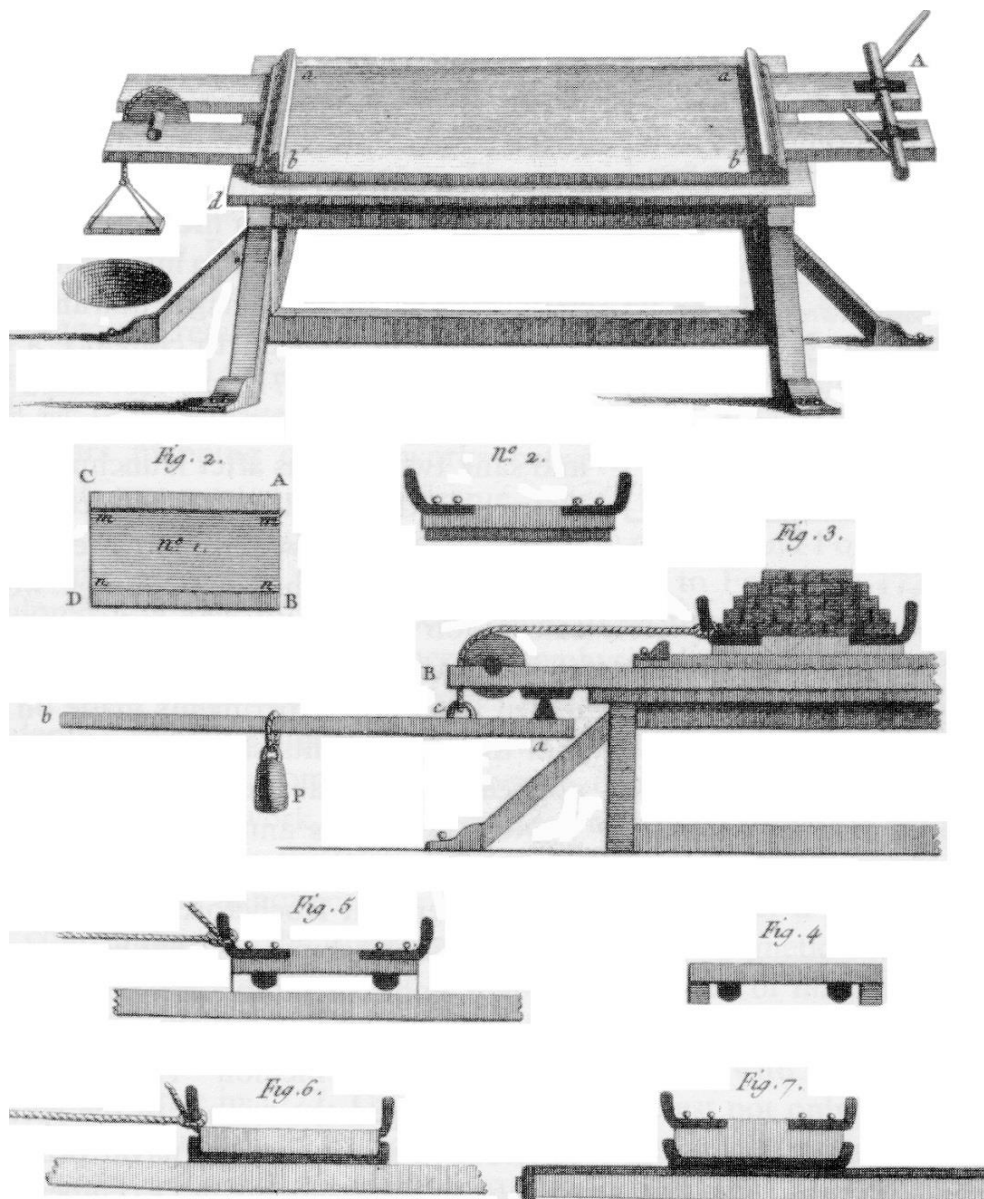


Fig. 23 : Dispositifs d'essais de Coulomb

La figure 23 montre quelques-uns des dispositifs utilisés par Coulomb pour étudier le frottement de glissement. Il a ainsi déterminé de nombreuses valeurs du coefficient de frottement statique et dynamique encore globalement valables aujourd'hui. Il a aussi montré que le frottement dépendait à la fois de l'adhésion et de la déformation des surfaces. Par ailleurs il confirme les 2 lois d'Amontons et montre que dans beaucoup de cas le coefficient de frottement est indépendant de la vitesse de glissement. Cette troisième loi qui lui a été attribuée, a été appliquée pendant plus d'un siècle, à tort dans le cas du frottement lubrifié, alors que Coulomb était certainement conscient de ses limites. Les travaux de Coulomb ont servi de référence pendant plus de 150 ans et sont encore très utilisés aujourd'hui. Les Anglo-saxons le considèrent comme l'un des plus grands tribologues de tous les temps.

En 1784 Samuel Vince (1749–1821) présente devant la "Royal Society" anglaise un article intitulé : "On the motion of bodies affected by friction". Ce travail, sans doute réalisé indépendamment de celui de Coulomb, traite essentiellement des problèmes de frottement dynamique.

Du point de vue technologique le XVIII<sup>e</sup> siècle qui correspond au tout début de la révolution industrielle voit la réalisation de nombreuses machines utilisant des paliers lisses et même des roulements. Par ailleurs le développement des machines à vapeur a entraîné l'utilisation de nombreux paliers lisses. La figure 24 montre un des paliers lisses d'une machine à vapeur de type Watt construite en 1788 et qui se trouve au musée Ford à Détroit.

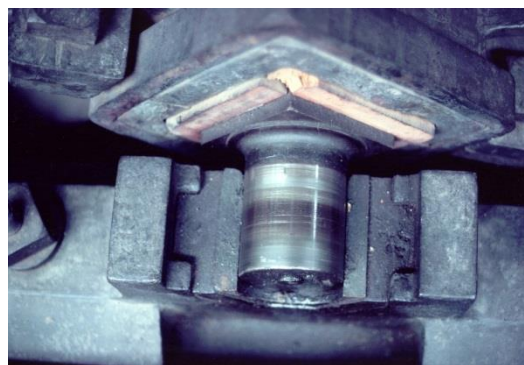


Fig. 24 : Palier lisse d'une machine Watt

Le XIX<sup>e</sup> siècle a été marqué par des développements très importants dans tous les domaines et en particulier en Tribologie.

Des expériences très précises ont aussi été réalisées au XIX<sup>e</sup> siècle tant en frottement sec qu'en frottement lubrifié. Par ailleurs, la première étude connue sur l'usure a été réalisée en 1803 en Angleterre pour déterminer la perte de poids des pièces de monnaie. En effet le Roi George III, le 10 février 1798, demande que des études soient effectuées sur l'usure des pièces d'or, qui entraînait des pertes financières importantes.

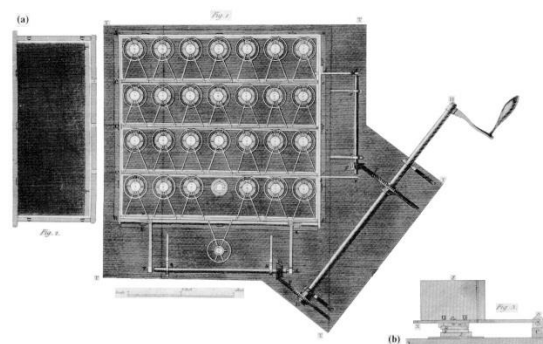


Fig. 25 : Usure des pièces d'or

Charles Hatchett de la Royal Society présenta en 1803, un article de 151 pages dans "Proceeding of the Philosophical Transactions". Différents alliages de pièces d'or ont été testés à l'aide du dispositif présenté figure 25 et qui permettait de faire frotter 28 pièces d'or les unes contre les autres. Les résultats obtenus ont mis en évidence le comportement à l'usure de différents alliages de monnaie en or.

En ce qui concerne les lubrifiants, c'est le début du développement des lubrifiants minéraux. En effet les principaux lubrifiants utilisés jusqu'alors étaient soit d'origine animale (suif, lard, graisses, spermaceti...) soit d'origine végétale (huile d'olive, de colza, de palmier, d'arachide...). Les huiles dérivées du pétrole, connues depuis très longtemps, n'étaient que peu employées. Le développement du machinisme entraîna des besoins considérables en lubrifiant. Dans le même temps, vers le milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, le pétrole commence à être exploité aux États-Unis, en Ecosse, au Canada et en Russie. Le véritable départ de cette industrie est le forage du premier puits de pétrole à Titusville aux États-Unis par le "Colonel Drake" en 1859 (figure 26). La France se trouve un peu à l'écart de ce mouvement car il n'y a que très peu de pétrole dans son sous-sol. Cependant, dès 1834, Selligüé avait généralisé en France, l'usage du pétrole pour l'éclairage domestique.

Parallèlement au développement des lubrifiants minéraux, les lubrifiants solides comme le graphite et le bi-sulfure de molybdène ainsi que les revêtements solides de type régule, alliage d'étain et de plomb, commencent à être employés ; ils sont encore utilisés de nos jours.