

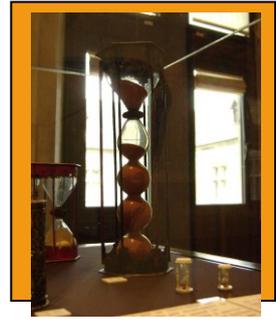
MUSÉE DU TEMPS

DOSSIER

LES SABLIERES



Dossier réalisé par Jean-Pierre MOURAT, enseignant de sciences physiques,
enseignant chargé de mission au musée du Temps, 2015.



Les sabliers

Lequel est le plus ancien : Le sablier ou la clepsydre ?

Voici une citation d'Abel Rey, grand historien des sciences, qui écrivait en 1946 dans son ouvrage en cinq tomes sur la science antique : « *Les temps étaient fournis avec précision par les sabliers et surtout par la clepsydre, où l'écoulement de l'eau, bien mieux réglable, remplace le sable. Elle était connue dans tout l'Orient avant le VI^e siècle, notamment chez les Egyptiens de la XIX^eme dynastie.* » (-1300/-1200 av notre ère).

Des dispositifs à écoulement de sable ont pu exister dès l'antiquité, que l'on songe aux divers dispositifs de fermeture des pyramides dans l'ancienne Égypte, mais il semble y avoir consensus des historiens des sciences et des techniques à propos de l'antériorité des clepsydras sur les sabliers, au moins en ce qui concerne tout dispositif de mesure de durées.

Il faut y voir l'handicap technologique lié à la fabrication du verre : en effet, le verre soufflé doit avoir la forme d'une fiole symétrique d'un seul tenant, technique assez élaborée qui ne fut disponible au plus tôt qu'au VIII^{ème} siècle, date à laquelle un moine, Luitprand de Chartres, ressuscita l'art du souffleur de verre (source : *Les instruments des sciences, par Henri Michel, éd. De Visscher 1980*). C'est donc une forme complexe à réaliser, difficulté contournée autrefois en réunissant grâce à un joint de cire deux fioles identiques inversées. La deuxième difficulté concerne l'étanchéité du réceptacle et la régulation rigoureuse de son humidité interne, qui se doit d'être minimale si l'on veut que le sable ou la poudre de coquillages finement broyés ne s'agglomère et surtout ne colle à la paroi. La troisième difficulté, maîtrisée en pratique de façon empirique ne fut résolue théoriquement qu'en 1725 par **Daniel Bernoulli**, savant bâlois (objet d'une récompense lors d'un concours de l'académie Royale des Sciences de Paris). Il s'agit de la pente de l'orifice, donc la forme du sablier qui optimisera l'écoulement.

Les sabliers seraient donc des clepsydras à sable inventées entre autres raisons pour s'affranchir du gel et des écoulements irréguliers de l'eau si on en dérangerait l'horizontalité.

En effet, et on peut concrètement l'observer, le sablier est très peu sensible à un écart angulaire raisonnable, contrairement aux clepsydras, aspect non négligeable pour le qualifier d'instruments de marine !

Les sabliers furent largement utilisés à partir du XIV^e siècle sous le nom d'« orloge » (source de confusion dans les textes techniquement peu précis), puis « horloge à sablon » et enfin « sablier » au XVIII^e siècle.

Le sablier reste l'instrument par excellence de mesure des intervalles de temps fixes, mais toute perte de temps dans son retournement le raye définitivement des appareils garde temps sur le long terme. Cependant, il eut de réelles heures de gloire dans la marine au temps de la navigation à l'estime, à défaut de tout autre moyen fiable. Seuls les chronomètres de marine sous l'impulsion de Huygens lui ravirent définitivement la vedette.

Modèle de durée 3 minutes.
XIX^e siècle, musée du Temps



Quelques interrogations :

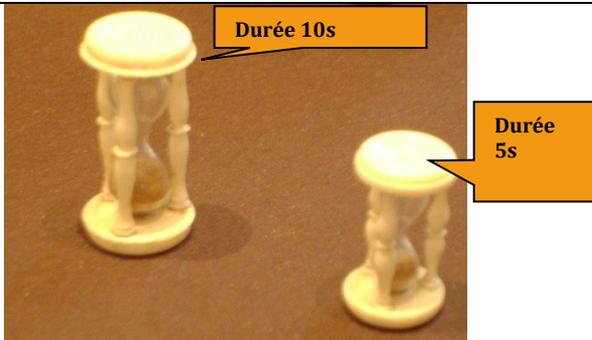


Quelle forme prend le tas de sable supérieur ?

Que se passe-t-il dans cet étranglement ?

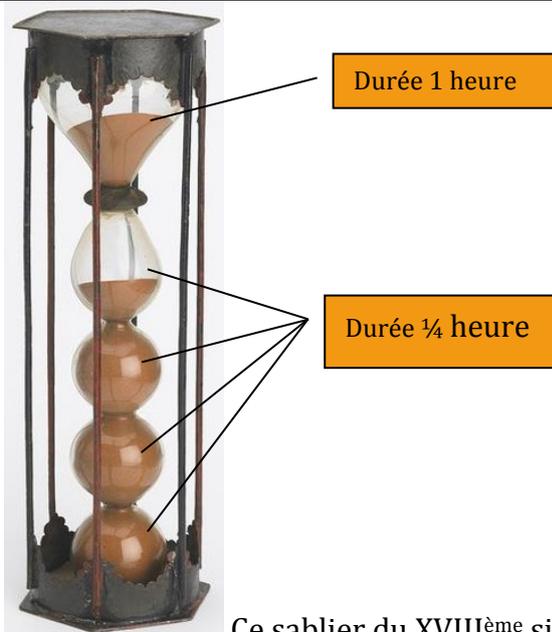
Quelle forme prend le tas de sable inférieur ?

La forme du sablier est-elle géométriquement pertinente ?



Modèles de diverses durées avec monture tournée en ivoire.
XVIII^e siècle, musée du Temps

On remarquera que le musée du Temps propose des sabliers de durées variées , de 5 secondes à une heure ! De même que des dispositifs à bulbes multiples permettant des découpes plus fines, exemple, heure découpée en quatre.



Ce sablier du XVIII^{ème} siècle permet une découpe des durées en ¼ heures.



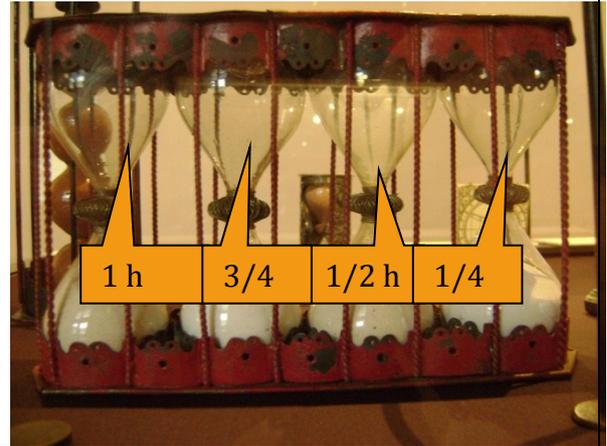
Ces quatre sabliers placés côte à côte indiquent respectivement l'heure, les trois quarts de l'heure, la demi-heure et le quart-d'heure.

Au regard des dimensions quasiment identiques de ces sabliers on peut facilement en déduire que la nuance entre eux réside dans le diamètre de leurs strictions qui joueront sur l'écoulement du sable.

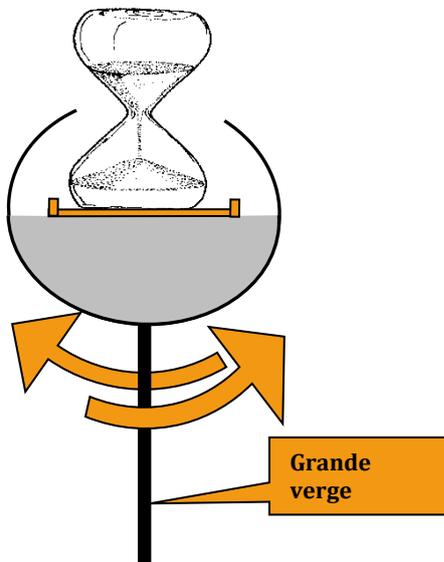
Retournés simultanément, ils

fractionneront toujours de la même façon le temps (à condition d'attendre l'heure !).

Certains modèles pouvaient même être accompagnés d'un compteur mécanique enregistrant (automatiquement ou non). Le nombre de retournement de l'ensemble est indispensable dans la navigation en haute mer par exemple.



Voici le dispositif de stabilisation pour un sablier de marine sur bain de mercure proposé par Daniel Bernoulli.



DISCOURS

*SUR LA MANIÈRE LA PLUS PARFAITE
de conserver sur Mer l'égalité du mouvement
des Clepsidres ou Sabliers.*



Es Sabliers requierent deux choses pour la conservation de l'égalité de leur mouvement : sçavoir , un repos parfait de leurs parties internes, qui est détruit par les secouffes & une continuelle position verticale , à laquelle sont opposées les différentes inclinaisons : tant les secouffes que les inclinaisons, retardent le mouvement des Clepsidres ; & pour en comparer les effets, j'ai mis un Sablier sur une table, que je battois des mains durant tout le mouvement du même Sablier , qui en fut retardé de deux ou trois minutes. Ensuite je mis ce Sablier de sorte qu'il inclina de 10 degrez , & cette inclinaison le retarda environ d'une minute. Quoiqu'on ne puisse pas faire fort exactement ces experiences, à cause de quelque inégalité naturelle des Sabliers, elles ne laissent pas de montrer que le premier point merite autant d'attention que le second ;

Daniel Bernoulli : Recueil des pièces qui ont remporté le prix de l'Académie royale des Sciences en l'année 1725.

Contrairement à la clepsydre, le débit d'écoulement du sable est indépendant de sa hauteur dans la fiole.

Seule la pente de l'orifice doit être rigoureusement déterminée. En 1725, Daniel Bernoulli gagne le concours de l'académie royale des Sciences de Paris en calculant cette pente.



Quelle forme prend le tas de sable inférieur ?

On pourra sur une vidéo montrer que l'angle reste constant, et caractérise une pente du type "avalanche" pour ce type de granulats.

En fait, l'inclinaison du tas de sable se situe toujours à la limite du glissement. La valeur de l'angle étant constante pour un sable donné.

N'oublions pas que la forme est le résultat d'instabilités permanentes.



Quelle forme prend le tas de sable supérieur ?

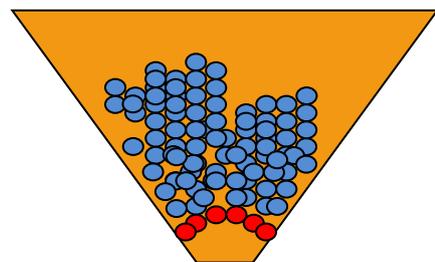
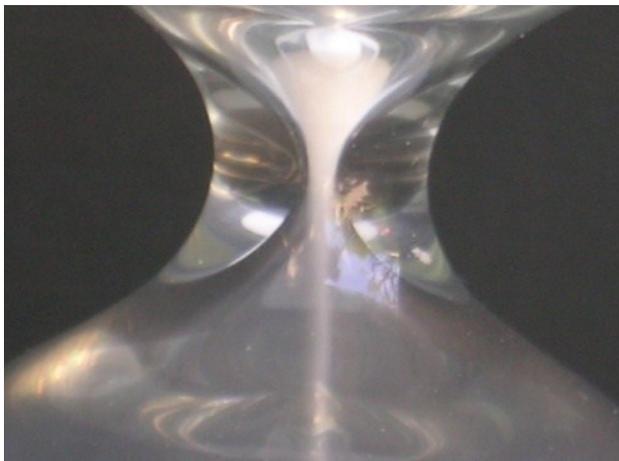
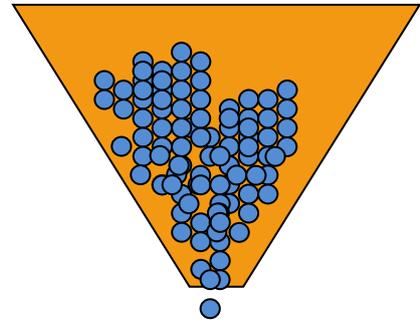
Il ne s'agit pas d'un liquide. La surface initiale horizontale est détruite rapidement, un cône se forme au centre du sable.

Une même pente caractérise ce cône supérieur, formé également toujours à la limite de l'avalanche .



Que se passe -t-il dans cet étranglement ?

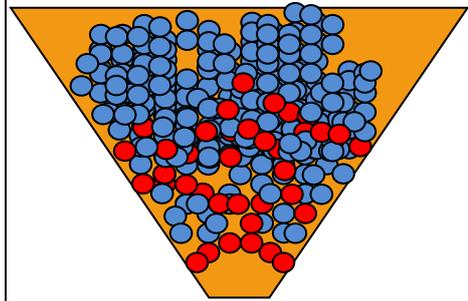
Il n'y a pas écoulement continu mais écoulement du sable par intermittence.
En remplaçant le sable par de petits disques **on peut simuler le fonctionnement.**



On a pu repérer que de petites voutes se formaient, bloquaient l'écoulement, puis en se brisant, laissaient le flux se reformer.

Par des techniques de visualisation adaptées (disques en matière plastique et photoélasticimétrie), on peut mettre en évidence des chaînes continues de disques jointifs qui se maintiennent momentanément, parce qu'ils sont soumis à des forces allant d'une paroi du sablier à l'autre. Les disques non concernés pouvant glisser, ceux des chaînes s'immobilisant pendant des instants très courts. Il ne s'agit là que d'un modèle explicatif, les grains de sable, irréguliers, étant plus complexes à modéliser.

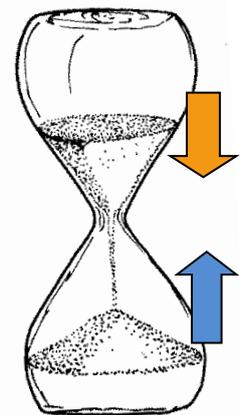
Nous avons cependant une petite idée de ces contraintes si nous utilisons des grains plus gros, par exemple du riz. Il n'est alors pas rare



de voir l'écoulement bloqué dans un orifice un peu trop étroit, pourtant plus large que les grains en présence !

Un petit tour de magie : Peut on bloquer l'écoulement du sable ?

C'est possible ! Mais ceci est plus ou moins délicat en fonction de la taille du sablier. Si on refroidit au préalable un sablier, on peut, en réchauffant entre ses mains la partie basse, arriver à provoquer une surpression dans la fiole basse qui peut compenser la pression exercée par le sable dans la striction entre la basse et la partie haute. On évite ainsi la rupture de la petite voute dans l'orifice d'écoulement, celle-ci se maintient et empêche momentanément l'écoulement, lequel se rétablit très vite....





Bibliographie

- **Sables émouvants - La physique du sable au quotidien**, Par Jacques Duran, Co-Ed. Belin Pour la Science, coll. Bibliothèque scientifique, Paris 2003
- **Ce que disent les fluides**, par Etienne Guyon, Jean Pierre Hulin et Luc Petit, Co-Ed. Belin Pour la Science, coll. Bibliothèque scientifique, Paris 2005
- **L'instrument de marine**, par Jean Randier, Éditions MDV (Maitre du Vent), Babouji 1977
- **De l'outil à la machine**, Histoire des techniques jusqu'en 1800, par Jean Baudet, Ed Vuibert, Paris 2003.

Liens

Sur le site de « La Main à la pâte » : autour du thème du sablier, témoignage d'expériences réalisées par des élèves cycle 3.

http://www.lamap.fr/?Page_Id=6&Element_Id=72&DomainScienceType_Id=13&ThemeType_Id=28

http://www.lamap.fr/?Page_Id=6&Element_Id=23&DomainScienceType_Id=13&ThemeType_Id=28