

Pièce qui a remporté le prix de l'Académie royale des sciences. Proposé pour l'année mil sept cens vingt-cinq, selon la [...]

Bernoulli, Daniel (1700-1783). Auteur du texte. Pièce qui a remporté le prix de l'Académie royale des sciences. Proposé pour l'année mil sept cens vingt-cinq, selon la fondation faite par feu M. Rouillé de Meslay,... 1725.

**1/** Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

[CLIQUEZ ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

**2/** Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

**3/** Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

**4/** Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

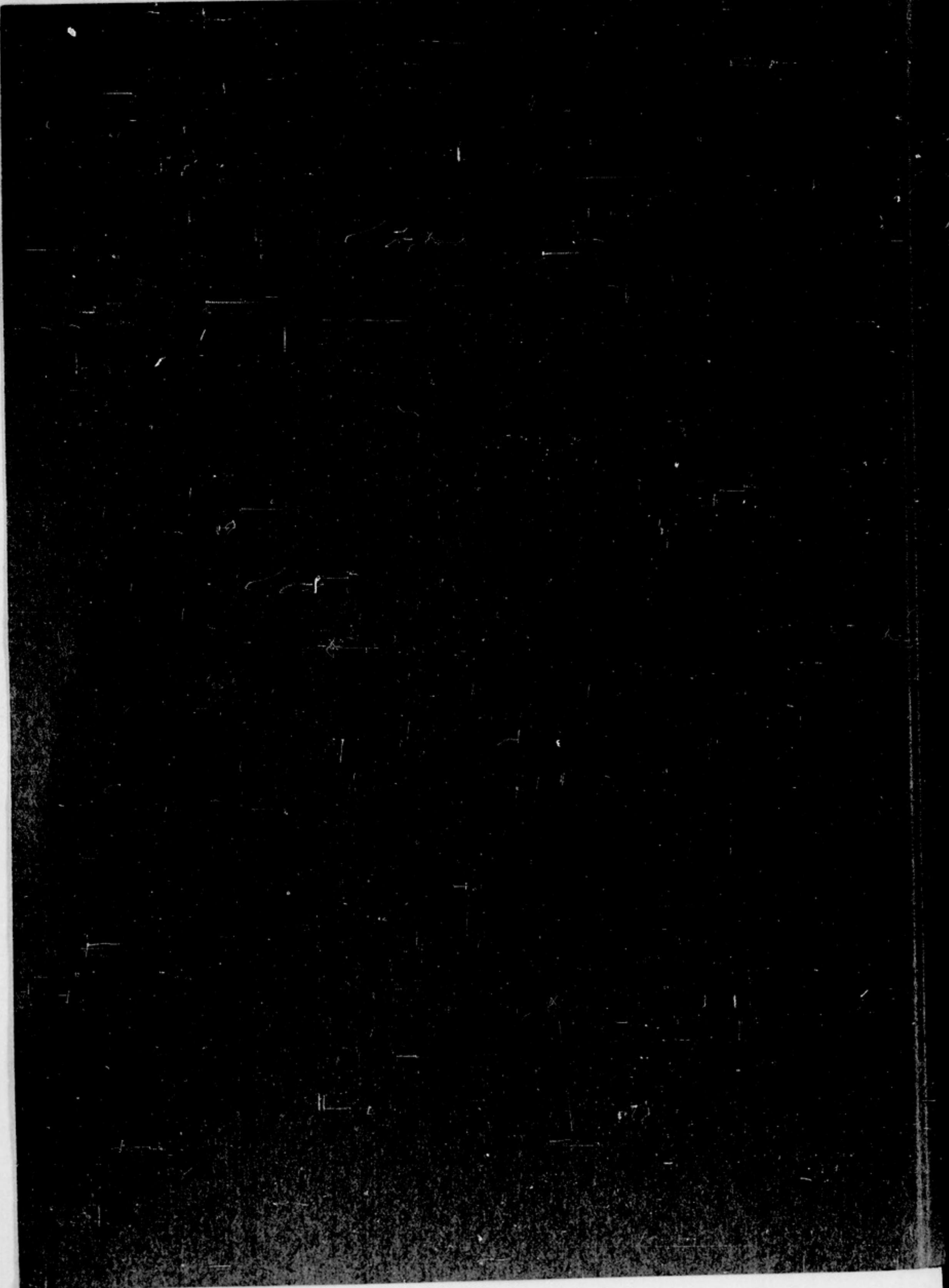
**5/** Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

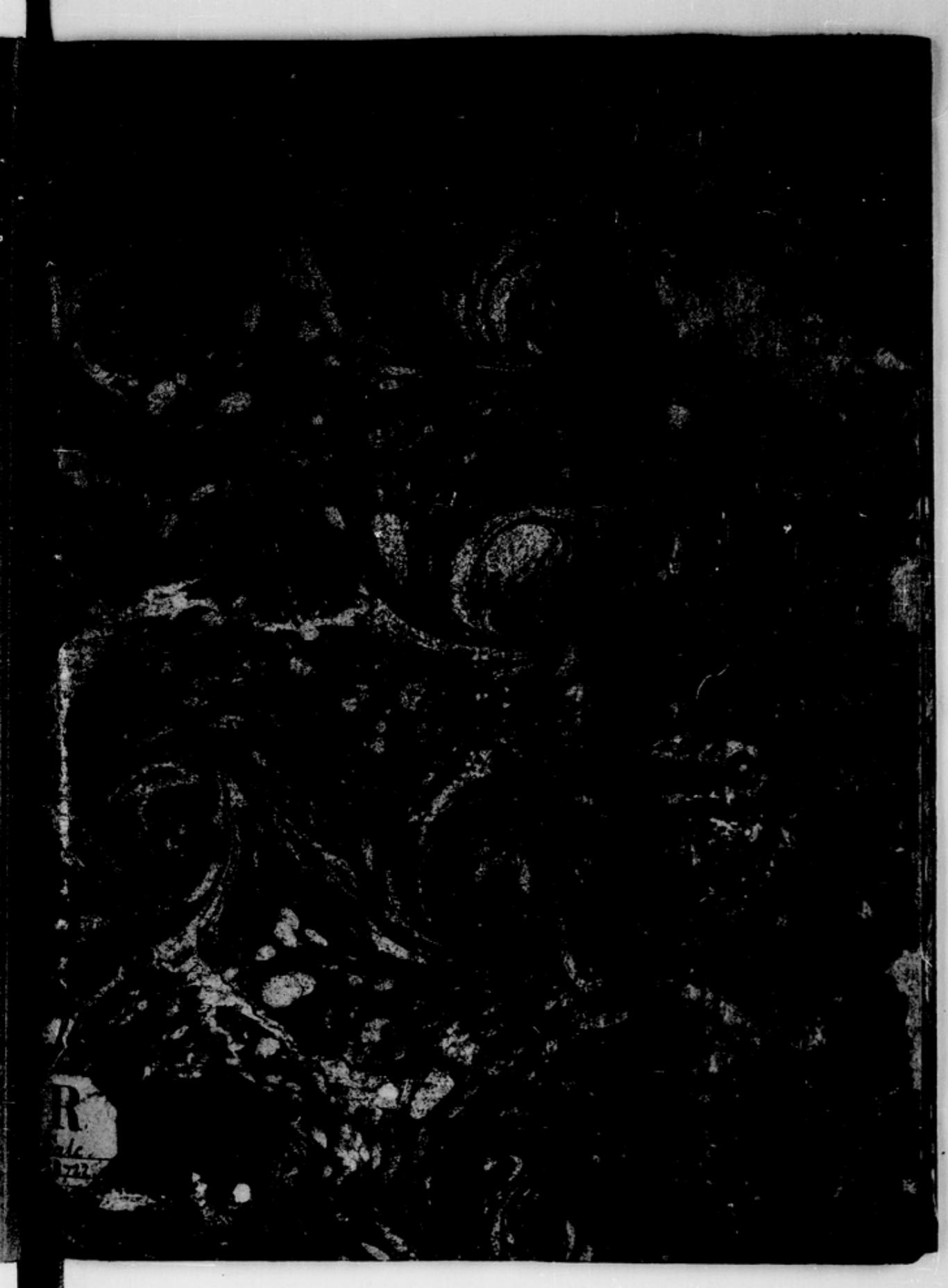
**6/** L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment possible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

**7/** Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter [utilisation.commerciale@bnf.fr](mailto:utilisation.commerciale@bnf.fr).

INVENTAIRE

R 6458





R. 1134.

R.

PIECE  
QUI A REMPORTÉ LE PRIX  
DE  
L'ACADEMIE ROYALE  
DES SCIENCES

Proposé pour l'année mil sept cens vingt - cinq , selon  
la Fondation faite par feu M. Roüillé-de Messay ,  
ancien Conseiller au Parlement de Paris.



A PARIS , ruë S. Jacques ,  
Chez CLAUDE JOMBERT , au coin de la ruë des Mathurins , à l'Imago  
Notre-Dame.

M. DCC. XXV.

AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROI.

6758

18722

## AVERTISSEMENT.

L'Académie ne peut s'empêcher d'avertir le Public, que dans les Pièces qui ont été envoyées pour cette année 1725. elle n'a point trouvé les Experiences & les Recherches de Pratique que le Sujet & le Prix méritoient. Elle avoue même qu'à cet égard la Piece victorieuse ne répond pas à ce qu'on pouvoit attendre de la sagacité & du scavoir que l'Auteur y fait paroître; & elle exhorte ceux qui travailleront à l'avenir sur des Sujets de cette nature, d'être plus soigneux de faire les Experiences que la matière demandera, & de les insérer dans leurs Ecrits.

L'Ouvrage qui a remporté le Prix, est de M. DANIEL BERNOULLY, fils du celebre M. JEAN BERNOULLY, Professeur à Basle.



## DIS COURS.

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

**L**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 secousses & une continue position verticale , à laquelle sont opposées les differentes inclinaisons : tant les secousses 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 : c'est pourquoi en examinant la maniere la plus parfaite de conserver sur Mer l'égalité du mouvement des Clepsidres , & remarquant d'abord que tout ce qui a communication avec les Vaisseaux battus impetueusement des

A ij

4 DISCOURS SUR LE MOUVEMENT

vagues , en doit nécessairement être secoué : mon premier soin fut d'empêcher les secousses des Sabliers ; ensuite j'examinai quelle pourroit être la maniere la plus parfaite de tenir sur Mer les Sabliers dans une continuelle situation verticale , même pendant les plus violentes agitations du Vaisseau. Je me flatté de n'avoir pas tout-à-fait échoué dans l'examen de ces deux points : cependant comme l'on ne peut être trop exact dans cette matiere , je suis allé plus avant , en recherchant des manieres de construire les Horloges à sable , telles que leur inclinaison ne retarde pas sensiblement ou rien du tout leur mouvement : & enfin sachant que les meilleurs Sabliers ne sont guères propres à mesurer le tems assez exactement , pour en pouvoir faire un jugement précis & solide des longitudes ( car c'est-là qu'aboutit la question ) je me suis formé une idée de quelques autres especes de Clepsidres ; qui promettent plus d'égalité de mouvement , que les Sabliers ordinaires , & qui pourront fort commodément être mises en usage sur Mer. Voici les quatre points qui font le sujet de mon Discours présent , que j'ai l'honneur de soumettre au jugement de l'Academie.

I. Les Sabliers étant ordinairement suspendus sur les Vaisseaux par une ficelle , il est évident que les vagues battant avec impetuosité le Vaisseau , la ficelle s'en tremoussera , & ébranlera par-là le Sablier même. Si l'on chargeoit le Sablier d'un grand poids , cette commotion en deviendroit moins sensible aux yeux ; mais les petits chocs se feroient plus rapidement , & même avec plus de force. Il est clair aussi que chaque petit coup que reçoit le Sablier , arrête ou diminuë , selon qu'il est plus ou moins fort , le passage du sable , comme on en peut faire l'experience en donnant à une Clepsidre un coup de doigt. Pour prévenir donc ces retardemens & ces inégalitez de mouvement , il faudra tenir les Sabliers d'une maniere que le choc des vagues contre le Vaisseau ne puisse pas se communiquer auxdits Sabliers. On en viendra à bout ,

### DES CLEPSIDRES OU SABLIER.

en faisant nager dans un liquide un corps solide, sur lequel on mettra la Clepsidre, dont on veut se servir sur Mer. Je montrerai ci-dessous tout ce qu'il faudra observer sur ce point. De cette maniere les chocs du vase qui contient le liquide, ne pourront faire aucune impression sur le corps, qui y nage librement, ni par consequent sur le Sablier, dont il est charge. Il ne s'agit donc plus que d'empêcher qu'un tel corps ne fasse sortir par ses flottemens le Sablier hors de sa situation verticale. C'est ici le sujet de notre second article.

II. Avant que d'exposer les mesures qu'il faut prendre pour conserver le plus qu'il est possible la situation verticale des Clepsidres, j'examinerai la maniere ordinaire dont on se fert pour cette fin. Elle ne consiste qu'à suspendre les Sabliers par un cordeau ou une ficelle. Voici ce qui en arrive. Soit (fig. 1.) A le point du Vaisseau, où la ficelle est attachée. Soit au lieu du Sablier un poids P suspendu par le fil AP. Si on conçoit maintenant que le point A soit transporté par l'agitation du Vaisseau en  $\alpha$ , il est constant que P ne sera environ qu'en  $p$ ; lorsque A est déjà parvenu en  $\alpha$ , & qu'ensuite il fera plusieurs oscillations  $pt$ , avant qu'il s'arrête au point  $m$ , & que le fil se tienne en repos dans sa situation verticale  $am$ . Quel moyen après cela de conserver entierement le parallelisme des Sabliers, dont la direction est la même que celle du fil? Il faudroit pour cet effet que le mouvement de P égalât celui de A, & que précisément dans le même tems que A fait le chemin  $A\alpha$ , P fît celui de  $Pm$  semblable & égal à l'autre : mais cela ne peut pas être, pour deux raisons. Premierement, parce que la vitesse des corps qui tombent est au commencement de la chute infiniment plus petite que celle du point A, qui est finie. Et en second lieu, parce que le poids P perd la plus grande partie de sa vitesse naturelle, puisque la direction de son mouvement vers  $m$ , ne peut être que fort oblique avec la direction verticale qu'ont les corps qui tombent avec leur vitesse naturelle. La premiere de ces raisons

## 6 DISCOURS SUR LE MOUVEMENT

n'est considerable que pour le premier moment , puisque si le corps P pouvoit tomber verticalement , sa vîtesse surpasseroit bien-tôt celle du point A , quelque violente que pût être l'agitation du Vaisseau. Selon M. Huguens , un corps qui tombe fait dans le tems d'une seconde plus de 15 pieds de Roy ; ou , ce qui revient au même , acquiert une vîtesse avec laquelle étant mû uniformement , il peut parcourir l'espace de 30 pieds en moins d'une seconde. Il faut donc attribuer la plus grande partie de ces oscillations , à ce que le poids P ne peut employer qu'une petite partie de sa pesanteur naturelle pour suivre le mouvement du point A.

Il est facile de voir après ce que je viens de dire , qu'une liqueur dans un vase qu'on remuë , conservera infiniment mieux son niveau qu'un fil tendu par un poids qui lui est attaché , ne conserve sa position verticale , quand il est agité par l'autre bout. Ainsi si (fig. 2.) ACE est un vase en forme d'un grand segment sphérique ; & si on conçoit que ce vase rempli d'une liqueur pour le moins jusqu'au centre F , fasse un mouvement infiniment petit autour de son centre ( je ne considere pas le mouvement progressif , lequel conservant le parallelisme des parties dudit Vaisseau , ne peut causer aucun mouvement dans le fluide ) en prenant la situation ace ; il faudra que la surface du fluide pour conserver son niveau , vienne de *b* en *m* ; mais elle sera fort prompte à faire ce petit mouvement , parce que le fluide y emploie toute sa pesanteur directement , & que chaque goutte descend perpendiculairement en *p* , & force de l'autre côté la goutte *q* à monter en *r*. On voit donc que quelque mouvement que fasse le vase , le fluide sera toujours fort prompt à reprendre le niveau , qu'il n'abandonnera jamais , pour ainsi dire , que pendant un instant , particulierement si le liquide est de l'argent vif , qui est également pesant & fluide : aussi voit-on qu'un tel vase cessant de se mouvoir , le mercure se met aussi tôt en repos , & ne fait tout au plus que de petits mouvemens ondoyans ,

### DES CLEPSIDRES OU SABLIERS.

7

presqu'insensibles , & point du tout à comparer avec les balancemens qui restent à un corps suspendu après le mouvement du point de suspension. On pourra donc admettre sans peine que la surface du mercure dans un vase sphérique , conservera son niveau , nonobstant les agitations du Vaisseau. Je ferai usage de ce principe , après avoir examiné auparavant la nature des corps qui nagent dans les liqueurs.

On démontre facilement qu'un corps étant plongé dans une liqueur d'une pesanteur spécifique , plus grande que celle du corps , il furnage ayant une partie enfoncée , qui a la même raison à tout le corps , que la pesanteur spécifique du corps à celle du liquide. Mais comme chaque corps peut être divisé en raison donnée en une infinité de manières , ce Théoreme ne suffit pas pour déterminer la situation des solides dans les liquides ; on y ajoute pour cet effet un autre principe , qui est que le centre de gravité commun tant à la liqueur qu'au corps submersé , doit toujours être le plus bas qu'il soit possible. Je remarque ici qu'un corps ayant sa situation naturelle , la ligne qui joint le centre de gravité de la partie submergée avec celui de l'autre partie , est toujours verticale ou perpendiculaire à la surface du liquide. Le principe nous mènera à la solution d'une question qui fait à notre propos , sc̄avoir , quelle figure il faut donner à un corps , afin que la force requise pour le faire sortir hors de sa situation naturelle , soit la plus grande qu'il est possible , ou quelles sortes de corps reprennent le plus promptement leur situation naturelle , lorsqu'ils en ont été détournés. Il ne faut que remarquer pour la solution de cette question , que plus la ligne qui passe par les centres de gravité des deux parties du corps divisé par le plan de la surface du liquide , que plus , dis-je , cette ligne pâche vers l'horison , plus promptement se tournera le corps , & prendra sa situation naturelle.

Soit donc (fig. 3.) AB une perche longue , mais fort mince , & d'une pesanteur spécifique moindre que celle

8 DISCOURS SUR LE MOUVEMENT

de la liqueur , dont la surface est CD. Cette perche étant mise dans le liquide , se mettra horizontalement , & les dits centres de gravité seront fort proches l'un de l'autre , & se confondront presque en M, N ; en sorte pourtant que la ligne FE tirée par les mêmes centres , soit verticale : je dis que cette perche ne pourra faire le moindre mouvement , sans que la ligne FE de verticale soit devenue tout d'un coup horizontale . [ Il faut pourtant remarquer que je ne considère pas le mouvement autour de l'axe AB , & que je suppose que la partie submergée soit toujours d'un même volume . ] Car imaginons-nous qu'elle ait fait un mouvement fort petit en prenant la situation ab , il est évident que ce mouvement , quelque petit qu'il soit , ne se peut faire , sans qu'un des bouts sorte tout-à-fait hors du liquide , puisque je suppose la perche fort mince ; il faut donc que la ligne qui passe par les deux centres de gravité n & m , ait la même direction que la perche même , laquelle ne diffère pas sensiblement de la direction horizontale . Mais si la perche étoit composée de deux matières hétérogènes , une plus pesante que le liquide & l'autre plus légère ; & si on la plongeoit dans la liqueur , elle prendroit d'abord une position verticale ; de laquelle si on l'écarte , la ligne des centres de gravité ne panchera jamais plus que la perche même ; en sorte qu'on peut dire qu'il faut infiniment plus de force pour changer la situation de la perche homogène que celle de l'hétérogène . S'il y avoit en n & m deux forces qui tinssoient la perche dans la situation oblique , ces deux forces souffriroient une résistance égale , puisque le centre de gravité en n est sollicité avec la même force à descendre , que l'autre à monter . Si donc la pesanteur absoluë de la partie ag est exprimée par g , la somme de ces deux forces sera 2g . Il suit de-là ( ce qui est assez paradoxal ) que si la pesanteur spécifique du liquide est plus que double de celle du corps , il faut plus de force pour tenir la perche obliquement dans le fluide , que pour la tenir suspendue dans l'air ; & si la pesanteur du liquide étoit

### DES CLEPSIDRES OU SABLIER.

étoit infinie , la première seroit double de la seconde , puisqu'il n'y auroit qu'une partie infiniment petite submergée en  $b$  ; mais qui ne laissoit pas d'être poussée avec autant de force à monter , que toute la perche à descendre. Mais reprenons le fil de notre discours. Je dis donc qu'entre les corps d'un même volume , celui qui est le plus plat , satisfera à notre question ; ce qui n'a plus besoin de preuve. Voici encore une autre question de la même nature , qui servira pareillement de Lemme à ce qui suivra. On demande la raison de la pesanteur spécifique du corps à celle du liquide , afin que la force requise pour mettre le corps hors de sa situation naturelle , soit la plus grande qu'il est possible. Soit la pesanteur spécifique du liquide  $a$  , celle du corps  $x$  , le volume du corps  $b$  ; la pesanteur absolue de tout le corps sera  $bx$  , celle de la partie submergée  $\frac{bxx}{a}$  , & celle de l'autre partie  $\frac{abx-bxx}{a}$  ; & par consequent la force requise pour tenir le corps hors de sa situation naturelle , sera  $\frac{2abx-2bxx}{a}$  , laquelle quantité devant être entre toutes les possibles la plus grande , il s'ensuit  $\frac{2abd^2-4bd^2}{a}=0$  , ou  $x=\frac{1}{2}a$  ; ce qui marque que la pesanteur spécifique du solide doit être égale à la moitié de celle du liquide.

Pour appliquer ces deux Lemmes , qui ont fait le sujet principal de notre digression , je ferai quelques reflexions sur le corps , qui nageant dans le mercure , doit soutenir le Sablier. Je remarque donc premierement que ce corps doit avoir la forme d'une grande médaille , qui n'a que deux ou trois lignes d'épaisseur sur environ six pouces de diamètre , ou plus , si le vase du mercure le permet. Cette plaque étant mise dans le mercure , se couchera d'abord horizontalement ; & de même que le mercure conserve son niveau pendant tout le tems que le vase change de situation (par le principe ci-dessus page 7) ainsi la plaque conservera sa situation naturelle en se tournant

16 DISCOURS SUR LE MOUVEMENT

à mesure que le vase se tourne , & que le mercure roule dans le vase ; car elle ne peut quitter tant soit peu cette situation , qu'elle n'y soit repoussée directement tant par sa propre pesanteur , que par celle du liquide , au lieu que les autres corps ( qui sont plus ou moins indifferens pour toutes les situations , selon qu'ils sont plus ou moins sphériques ) ne peuvent être si prompts à reparer par leur propre mouvement celui du vase . Tout cela est clair par notre premier Lemme . On voit donc qu'en mettant la Clepsidre sur une telle plaque plongée dans le mercure , non seulement on la garantira des secousses , mais on conservera en même tems infiniment mieux que par la suspension ordinaire , sa situation verticale ; & de ces deux points dépend l'égalité du mouvement des Sabliers . Au reste on pourra faire au milieu de la plaque un petit bord concentrique , qui empêchera que le Sablier ne puisse glisser , si par hazard la plaque venoit à pancher un peu , & qui en même tems servira pour mettre toujours exactement le Sablier au milieu ; il sera bon aussi de faire que la pesanteur du Sablier soit la moindre qu'il est possible .

Je remarque en second lieu , que la plaque doit être faite de fer , non seulement parce que le fer se conserve dans l'argent vif , mais aussi parce que sa pesanteur spécifique est à peu près la moitié de celle du mercure ; & qu'ainsi il a la qualité indiquée dans notre second Lemme .

Je dirai encore deux mots sur la maniere de tenir le vase même qui contient le mercure ; on pourra l'affermir à une verge longue & ployable , qu'on fiche verticalement dans quelque endroit du Vaisseau : cette verge sera ployée par le poids du vase , alors que le Vaisseau panche de quelque côté que ce soit ; si elle étoit infiniment flexible , elle feroit le même effet qu'une ficelle ; & le vase seroit sujet à faire des balancemens , comme j'ai dit page 5 . lesquels donneroient au mercure quelque force centrifuge , qui pourroit peut-être diminuer sa promptitude à se mettre toujours horizontalement ; mais

### DES CLEPSIDRES OU SABLIERES:

11

par contre-coup le vase n'est jamais mis dans une grande obliquité. Si au contraire la verge est supposée n'avoir aucune flexibilité, le vase ne se remuë qu'avec le Vaisseau ; mais en échange ce mouvement met toujors le vase dans la même obliquité, dans laquelle se trouve le Vaisseau.

L'expérience enseignera donc à quel point il faut moderer la flexibilité de la verge pour prendre le meilleur parti. Je crois pourtant que les Sabliers ne manqueront pas d'avoir, sans ces dernieres précautions, toute la précision dont ils sont capables. Je m'assûre aussi que si on faisoit le vase & la plaque de fer assez grands pour y pouvoir mettre une pendule, cette maniere de les tenir sur Mer seroit beaucoup meilleure que celles que M. Huguenens enseigne dans son *Horologium oscillatorium*.

III. Notre maniere de conserver la situation verticale des Clepsidres sur Mer, est sans doute la plus parfaite de toutes ; ce que nous avons établi par des principes trop évidens pour en pouvoir douter. J'avouë pourtant volontiers, qu'elle ne sera pas d'une précision si juste qu'on pourroit la demander à la rigueur ; mais aussi cette exactitude n'est pas trop nécessaire, puisqu'une continue inclinaison de 10 degrez ( à laquelle les Sabliers n'arriveront sans doute jamais ) emporte à peine une minute. Cependant pour ne rien omettre de ce qui pourroit contribuer à la dernière perfection de notre sujet, je donnerai dans ce Chapitre deux manieres de construire les Sabliers, telles que leur mouvement ne sçauroit être déreglé par leurs differentes inclinaisons. Pour donner une idée de ces constructions, & pour en établir en même tems la validité, je mettrai ici toute la méthode que j'ai suivie dans la recherche de ces Clepsidres.

Il n'y a rien de plus facile que de voir que les inclinaisons doivent retarder le mouvement des Sabliers ; car les Sabliers étant inclinez, le plan du trou devient oblique à la direction du sable coulant, qui est toujors verticale, dans quelque situation que se trouve la Clepsidre ; le fil

Bij

12 DISCOURS SUR LE MOUVEMENT

du sable coulant formera donc un cylindre oblique ; dont la base est le trou rond , mais dont la section perpendiculaire ou horizontale forme une Ellipse , qui est au trou ou à la base circulaire , comme le sinus du complément de l'angle d'inclinaison du Sablier , ou comme le sinus de l'angle d'inclinaison du plan du trou au sinus total : c'est donc la même chose que si le Sablier restoit dans sa situation verticale , & que le trou rond fut changé en un trou plus petit & elliptique ; ce qui ne scauroit le faire , sans que la quantité de sable qui s'écoule dans un tems fixe , ne diminuë , ou sans que le tems dans lequel tout le sable s'écoule , n'en soit augmenté . [ J'entens par les angles d'inclinaison du Sablier & du plan du trou , les angles que font leurs directions avec la ligne verticale . ] Il seroit facile de déterminer par les angles d'inclinaison les retardemens , si on supposoit que les quantitez de sable qui passent dans des tems égaux , mais par des trous differens , sont en raison des trous . Cette supposition si-bien fondée en apparence , n'est pourtant pas tout-à-fait conforme à l'experience : c'est peut-être parce que les grains de sable ne sont pas infiniment petits , comme on le suppose dans la Théorie . J'ai remarqué plutôt que ces retardemens sont à peu près en raison des angles d'inclinaison , lorsque ces angles ne sont pas trop grands . Cette remarque peut avoir lieu jusques aux angles de 24 à 30 degrez . Je n'ai pas manqué de faire les expériences avec la dernière exactitude , ayant particulierement attention que la feüille de laiton , qui divise les deux empoules , fût bien parallele aux deux surfaces planes du Sablier ; & après avoir réitéré plusieurs fois les expériences ( qui ne sont jamais tout-à-fait conformes ; ce qui est le défaut naturel des Sabliers ) j'ai pris le moyen arithmétique des résultats .

Il suit de cette observation , qu'en faisant une planche (fig. 4.) ABC . dont l'angle en C n'excede pas 24 ou 30 degrez , & qu'en mettant sur chaque côté AC & BC un Sablier de même durée , il passera toujours une même

quantité de sable dans les deux Sabliers, de quelque manière qu'on mette la planche, pourvu que le plan ACB soit droit avec l'horizon, & que la ligne verticale tirée du sommet C, soit entre les deux jambes CA & CB ; la raison en est, qu'un des Sabliers s'approche autant de la situation verticale, que l'autre s'en éloigne, & par conséquent l'acceleration de l'une est détruite par le retardement de l'autre : ceci m'a donné lieu de m'aviser qu'au lieu de la feüille plane, qui sépare les deux ampoules, on pourroit faire une autre séparation de laiton mince en forme d'un petit cone, dont la section par l'axe seroit MNP (fig. 5.) où l'angle MNP est de 156 ou de 150 degrez : ce cone est percé par deux trous égaux, & en des endroits opposez, comme en o & q ; cette Clepsidre feroit le même effet que les deux Clepsidres dans la quatrième figure, & on pourroit l'incliner jusqu'à 12 ou 15 degrez, sans déregler son mouvement, puisque la somme du sable qui s'écouleroit par les deux trous, seroit toujours la même. Il faut pourtant remarquer que les centres des deux trous doivent être dans le même plan avec la ligne verticale tirée du point N ; sans quoi cette structure ne pourra plus lever entierement les inégalitez du mouvement des Sabliers, causées par leurs differentes & incontestables inclinaisons. Elle diminuera pourtant ces inégalitez sensiblement ; & cela plus ou moins, selon que la ligne qui joint les centres des trous o & q, est éloignée de la ligne verticale tirée du point N. Si on vouloit suivre d'autres manieres de tenir les Sabliers sur les Vaissaux, que la nôtre, il y auroit plusieurs moyens de faire que les balancemens auxquels les Sabliers sont sujets, se fassent toujours dans un même plan ; & en ce cas notre construction obtiendroit tout son effet ; mais il seroit difficile en suivant notre maniere, de procurer que les petits flottemens qui resteront peut-être aux Sabliers pendant les plus violentes agitations du Vaisseau, se fassent aussi dans un même plan. C'est pourquoi j'ajouterai encore une autre maniere de construire les Sabliers, telle que les inclinai-

14 DISCOURS SUR LE MOUVEMENT

sions, quelque grandes qu'elles soient, & de quelque côté qu'elles se fassent, ne pourront aucunement troubler ou dérégler leur mouvement. Mais il sera nécessaire d'établir auparavant une vérité, qui n'est peut-être pas universellement reçue ; savoir, que le sable sort avec une vitesse constante depuis le commencement du mouvement du Sablier jusqu'à la fin, en sorte que la vitesse du sable qui s'écoule, ne dépend nullement de la hauteur du sable dans la phiole, comme cela est dans les fluides. Pour m'assurer de ce que je viens de dire, j'ai pris au lieu de l'ampoule des Sabliers ordinaires, un tuyau par tout également large, & j'ai trouvé que les abaissements de la surface du sable dans le tuyau étoient toujours proportionnez aux tems de l'écoulement : & si quelquefois j'ai trouvé quelque petite différence entre la raison des abaissements & celle des tems, au moins n'a-t'elle jamais été considérable par rapport à la difference des hauteurs. Cette expérience me fait croire que le sable ne fait que tomber par le trou avec sa pesanteur naturelle, sans y être aucunement sollicité par la pression du sable supérieur. Voici la maniere de laquelle ce Phenomene assez paradoxe, me paroît pouvoir s'expliquer. AFED (fig. 6.) étant le tuyau rempli de sable jusqu'en BC de la hauteur d'environ un demi pouce, on remarque qu'il se forme sur le trou *q p* une cataracte B *q p* C à peu près telle que M. *Jurin* Medecin Anglois s'est imaginée dans les fluides ; & le sable ne fait que glisser le long des remparts ou des côtes de la cataracte pour sortir du tuyau. Il est donc manifeste en ce cas que le sable ne fait que tomber d'une petite hauteur, & qu'il passe par le trou avec cette vitesse qu'il peut acquérir par une telle chute. Supposons maintenant que le tuyau soit plein de sable jusqu'en AD, & il se formera de même une petite cataracte pendant que les grains de sable s'accrochent en *o r*, & forment comme une voûte qui empêche que la colonne de sable qui repose sur *o r*, ne puisse faire aucun effet sur le sable coulant, jusqu'à ce que les côtes de la cataracte

## DES CLEPSIDRES OU SABLIER.

15

n'étant plus capables de soutenir la pression de tout le sable, la voûte creve & donne lieu à la formation d'une nouvelle cataracte : & ainsi quelque grande que soit la hauteur du sable, la vîtesse du sable qui s'écoule n'en pourra jamais être augmentée. Ceci bien établi, je m'en vais donner la description de ma nouvelle Clepsidre.

CB & AF (fig. 7.) sont les deux verres de la Clepsidre séparez par le corps AMafNB, qui a la forme d'un chapeau, dont les aîles AMNB sont un peu plus fortes que la coupe MafN, qui doit être fort mince. Cette coupe a la forme d'un segment de Sphere plus ou moins grand, selon qu'on trouvera à propos. Elle est aussi criblée en toute sa surface par un grand nombre de trous petits, égaux, & également distans. Cela étant, le sable ne passera que par les trous les plus horizontaux, comme *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, dont le nombre sera plus ou moins grand, selon que le sable est subtil & fin, & que les trous sont grands ; car le sable ne pourra passer par les autres trous, qui sont notablement inclinéz, par la même raison qui fait que les Sabliers ordinaires s'arrêtent quand on les incline trop. On voit aussi que si le Sablier CF pance de quelque côté que ce soit, il n'en arrivera sinon que le sable passe par d'autres trous, mais dont le nombre & l'obliquité seront les mêmes ; & comme en même tems la pression du sable supérieur (dont on change véritablement la hauteur, en inclinant le Sablier) ne contribue rien au passage du sable inférieur ; il faut qu'il s'en écoule la même quantité dans la situation oblique & dans la verticale en des tems égaux : & ainsi on pourra changer à tout moment la situation du Sablier, & même le coucher quelque tems horizontalement, si le segment de Sphere MafN est assez grand, sans que son mouvement en soit déréglé.

Au reste le corps AMafNB doit être mis d'une maniere qu'on le puisse tourner par dehors, afin qu'en tournant le Sablier, on puisse toujours faire regarder la concavité en haut.

I V. J'ai déjà dit que les meilleurs Sabliers ont quelque inégalité de mouvement, qui apparemment est causée par la diversité de figure & de grandeur des grains de sable. Cela étant, les Anciens n'avoient pas tort de se servir dans leurs Clepsidres au lieu de sable d'un fluide, dont les parties peuvent passer pour égales & infinitement petites : mais d'un autre côté l'eau qui est le fluide dont ils se servoient, est si peu propre pour les Clepsidres, qu'il ne faut point s'étonner qu'elles ayent été entièrement abolies parmi nous. L'eau est sujette à la corruption, congélation, évaporation, condensation, &c. elle s'attache outre cela aux côtes de la Clepsidre ; elle passe plus ou moins vite, selon qu'il fait chaud ou froid. M. Ozanam dans ses Observations sur le Traité des Horloges Elementaires de Martinelli, qu'il a traduit en François, examine au long quelle liqueur on pourroit substituer à l'eau simple pour éviter tous ces inconveniens. Mais je m'étonne qu'il n'y fasse point mention du mercure, qui n'en a aucun, à moins qu'on ne veuille compter pour tel une petite condensation pendant les grands froids, qui, selon M. Amontons, n'est que d'une cent quinzième partie de la plus cuisante chaleur au plus grand froid, & qui par consequent peut passer pour insensible. Je crois donc qu'une Clepsidre à mercure sera bien plus juste qu'un Sablier ; & on s'en servira avec d'autant plus d'utilité sur Mer, que les plus violens mouvements du Vaisseau ne pourront la dérégler, si elle est faite de la maniere que je dirai ci-dessous, & qui n'est pas plus composée que la maniere ordinaire. Je me propose donc ici à peu près le même Problème que j'ai fait par rapport aux Sabliers ; savoir, que la vitesse du mercure soit la même dans chaque situation de la Clepsidre. La différence qu'il y a à cet égard entre les Sabliers & les Horloges à mercure est, que dans ceux-là il n'y a à considerer que les inclinaisons du plan du trou, sans avoir égard aux hauteurs du sable, pendant que dans celles-ci les inclinaisons du plan du trou, ne changent aucunement

ment la quantité du mercure , la direction du mercure qui sort étant toujours perpendiculaire audit plan , & que cette même quantité dépend entierement des hauteurs du mercure , ou des vitesses qui sont en raison des racines quarrées des hauteurs : on voit donc qu'il suffit pour la solution dudit Problème , de faire que la distance du centre du trou à la surface du mercure , soit la même dans toutes les situations de la Clepsidre.

Voici maintenant la simple construction d'une telle Clepsidre. AMB & AFB ( fig. 8. ) sont deux hemisphères de verre parfaitement égaux , qui sont séparez par le diaphragme AB, qui est de fer, & qui est percé dans son centre d'un trou c. Il est manifeste que la distance du centre du trou à la surface du mercure DE ( qui est toujours horizontale ) est la même dans quelque position que se trouve la Clepsidre , pourvû que les extrêmitez de la surface ne touchent pas la separation AB ; mais afin que cela n'arrive jamais sur Mer , on tournera la Clepsidre , quand le mercure n'est descendu que jusqu'en NO , & l'arc NA ou OB , se déterminera par la plus grande inclinaison , dans laquelle la Clepsidre pourroit être jettée pendant les plus violentes agitations du Vaisseau. Je fçai que feu M. Amontons a construit avec beaucoup de peine sa Clepsidre , dans l'esperance qu'elle pourroit servir sur Mer ; mais je ne puis pas croire qu'elle soit si simple & si sûre que celle que je viens de décrire. Je suis pourtant fâché de n'avoir pû trouver dans ces Pays son Livre intitulé: *Remarques & Experiences Physiques sur la construction d'une nouvelle Clepsidre , &c.* où j'espérois trouver de très-belles choses sur notre sujet. Je ferai , à son exemple , quelques remarques sur notre Clepsidre.

Il faut bien prendre garde qu'on mette d'abord une même quantité de mercure dans chaque hemisphere , avant que de les souder avec le diaphragme ; & cela afin qu'il y ait dans chacun une même quantité d'air ; sans quoi le tems de l'écoulement de M vers F , ne fçauroit être égal au tems de l'écoulement reciproque. Cette égale

C



18 DISCOURS SUR LE MOUVEMENT  
distribution d'air étant une fois établie, se conservera  
toujours, si la quantité du mercure est plus grande que  
la capacité d'un seul hemisphere, puisqu'en ce cas le  
même mercure bouchera toujours le trou, & empêchera  
l'air d'aller d'un hemisphere à l'autre.

On doit observer aussi que les deux orifices du trou  
(que je considère comme un petit tuyau) soient parfaite-  
ment égaux ; ce qui est encore nécessaire pour que les  
deux passages soient d'une même durée. Cette remarque  
est fondée sur une expérience que M. Poleni Professeur  
à Padouë, a inserée dans une Lettre publiée depuis  
quelques mois : je transcrirai ici le passage mot à mot.  
*Secundum (experimentum) institutum fuit rotundo forami-  
ne diametro jam constituta linearum 3. in lamella ex orichalco  
crassitie pauxillo excedentis quartam linea partem ; bujus  
autem crassitiei pars dimidia in foramine intacta erat, dimi-  
dia vero altera pars, derofo, ut ita dicam, angulo figuram  
superficiei frusti coni rectanguli (cujus basis radius equalis  
altitudini ipsius coni) obtinebat : cum ita posita esset lamella,  
ut pars illius intacta tubi cavitati (ce Tubus est le vaisseau  
rempli d'eau, laquelle s'écoulait par le trou de la feüille  
de laiton) responderet, tempore unius minutii effluxerunt pol-  
lices aquæ cubici 6 2 7. Tertium experimentum habui eadens  
lamella, sed contrario modo posita, ut ejus superficies, quæ  
parte ora foraminis erat intacta, exterius foret ; tempore autem  
unius minutii pollices aquæ cubicos 7 1 3. fluxisse observatum  
est. J'ai rapporté cette expérience, non seulement parce  
qu'elle éclairent notre remarque, mais aussi parce qu'elle  
est nouvelle & curieuse. Pour cette raison & quelques  
autres, on pourra faire le diaphragme fort mince vers le  
milieu, tel qu'on le voit dans la 9<sup>e</sup> figure.*

Quant à la quantité de mercure, on y mettra, à mon  
avis, les deux tiers de ce que pourroient contenir tous les  
deux hemispheres : de ces deux tiers, ou six neuvièmes,  
on laissera couler d'un hemisphere à l'autre deux neuvié-  
mes, en sorte qu'il y ait toujours au commencement du  
mouvement  $\frac{1}{3}$  dans l'hémisphère supérieur, &  $\frac{2}{3}$  dans

l'autre. Pour déterminer exactement le moment que les dites  $\frac{2}{3}$  se sont écoulées, on pourroit faire de part & d'autre un tuyau fort étroit, mais assez long & oblique, qui eût communication avec la cavité de l'hémisphère ; les abaissements du mercure dans ces tuyaux seroient plus sensibles ; mais ce ne sont pas là des choses fort essentielles.

DE (fig. 8. & 10.) étant la surface du mercure au commencement du mouvement de la Clepsidre, & NO l'étant à la fin, j'ai trouvé qu'en donnant 100 parties au rayon, & en suivant les hypothèses que je viens de faire, CH sera = 36, HG = 43, & GM = 21 ; l'arc AN ou BO sera de 21 degrés ; l'arc ND ou OE de 31, & DM ou EM de 36. Si on veut graduer la Clepsidre, & diviser le tems qu'employe le mercure à s'abaisser de G en H, en quelques parties égales, on pourra les déterminer ou par expérience ou par le calcul. Pour faire le calcul, je supposerai après Galilée, & avec tous les Géomètres de notre tems, que la vitesse qu'a le mercure en sortant, diminuë selon la proportion des racines quarrées des hauteurs : dans cette hypothèse, & en nommant MG = a, GC = b, GH = d, GS = f, le tems que le mercure emploie à s'abaisser de G en S = t, on trouve cette équation

$$xx - 2bx - 4bb = 10ab - 5aa\sqrt{b} - x = t - 5a^2 - 10ab - 4bb\sqrt{b},$$

où il faut supposer successivement  $t = c$ ,  $t = 2c$ ,  $t = 3c$ ,  $t = 4c \dots \dots t = nc$ , où  $n$  est le nombre des parties égales, dans lesquelles on veut diviser le tems total, &  $nc$  est la valeur de  $t$  dans le cas  $x = d$  ; on cherchera chaque fois la valeur de  $x$ , & ces différentes valeurs montreront les abaissements dans une, deux, trois, quatre, &c. parties de tems. En faisant les suppositions que j'ai faites ci-dessus, c'est-à-dire, en supposant  $a = 21$ ,  $b = 79$ ,  $d = 43$ , & en voulant diviser le tems qu'emploie le mercure en descendant de G en H, en quatre parties égales, j'ai trouvé par une approximation aux racines des équations qui sont de cinq dimensions, que le mercure s'abaisse

Cij

15 DISCOURS SUR LE MOUVEMENT  
dans le premier quart de 16 parties ; dans le second de  
 $1\frac{1}{2}$ ; dans le troisième de  $8\frac{1}{2}$ , & dans le quatrième de 7.  
Si on veut faire les divisions sur la surface de la Sphere  
par des cercles parallèles au diaphragme AB, il faut re-  
marquer que le premier arc est de 13 degrés, le second  
de 8, le troisième de  $5\frac{1}{2}$ , & le quatrième de  $4\frac{1}{2}$ .

Si les hemisphères sont vides d'air, & si le mercure  
est bien purifié, le fil CR (fig. 8.) sera luisant, & pourra  
servir à marquer les heures de nuit, comme M. Nebel  
l'a remarqué dans une These qu'il a soutenuë à Basle de  
*Mercurio lucente in vacuo.*

Je finirai mon discours par la description d'une autre  
Clepsidre à mercure, laquelle ne sera point déreglée non  
plus par le mouvement du Vaisseau, tenant son principe  
de mouvement d'un ressort, sur lequel les différentes  
positions ne peuvent faire aucun effet, comme elles font  
sur les corps dont l'action consiste dans la pesanteur.

AB (fig. 11.) est le corps de la Clepsidre en forme  
d'un tuyau de verre, divisé en deux également par le  
diaphragme CD percé en O. EF & GH sont deux ronds  
mobiles, dont les surfaces cylindriques se joignent bien  
avec le verre. LM & RS sont deux ressorts d'une force  
égale, dont les extrémités M & S s'appuient sur lesdits  
ronds, pendant que les deux autres bouts sont affermis  
aux fonds AT & NB. Il y a aussi en L & R deux trous,  
par lesquels on passe deux bouts de ficelle attachés aux  
ronds EF & GH, moyennant lesquels on peut tirer ces  
ronds vers les fonds AT & NB, en bandant les ressorts.

Pour mettre en usage cette Clepsidre, je suppose qu'au  
commencement chaque ressort soit bandé sans pouvoir  
se débander, à cause d'un nœud ou obstacle qu'on peut  
lever dans un moment, je mets la Clepsidre verticalement,  
en sorte que la partie qui contient le mercure  
soit en haut. Je lève l'obstacle en L, laissant cependant  
l'autre en R. De cette manière le ressort LM pressera le  
mercure en ED, qui s'écoulera dans l'autre cavité vide,  
jusqu'à ce qu'après une, deux ou plusieurs heures (selon

l'amplitude du tuyau , la force du ressort & la grandeur du trou ) tout le mercure soit passé ; après quoi je bande le ressort LM ( ce que je fais avant que de renverser la Clepsidre , afin que le passage de l'air en CP par le trou O se conserve ouvert ; sans quoi il seroit difficile de de tirer le rond EF vers AT ) & débande l'autre , en renversant immédiatement après la Clepsidre . Je suppose ici que le ressort soit incomparblement plus fort que la pression du mercure ED ; avec quoi il est clair que ni les secousses , ni les changemens de situation , ne pourront déregler cette Clepsidre . On remarquera au reste la même chose par rapport au diaphragme & au trou , que dans la Clepsidre sphérique .

Je ne parle pas de quelques autres manieres que j'ai trouvées , de mesurer le tems sur Mer , parce qu'il me semble que l'intention de l'Académie n'est que de regler le mouvement des Clepsidres .

Sous le PRIVILEGE DU ROT.

---

**L**OUIS par la grace de Dieu Roy de France & de Navarre : A nos amez & feaux Conseillers , les Gens tenans nos Cours de Parlement , Maîtres des Requêtes ordinaires de notre Hôtel , Grand Conseil , Prevôt de Paris , Bailliifs , Sénéchaux , leurs Lieutenans Civils , & autres nos Justiciers qu'il appartiendra , Salut. Notre bien amé & féal le Sieur Jean Paul Bignon , Conseiller ordinaire en notre Conseil d'Etat , & President de notre Academie Royale des Sciences , Nous ayant fait très-humblement exposer , que depuis qu'il Nous a plû donner à notredite Academie , par un Reglement nouveau , de nouvelles marques de notre affection , elle s'est appliquée avec plus de soin à cultiver les Sciences , qui font l'objet de ses exercices ; en sorte qu'outre les Ouvrages qu'elle a déjà donné au Public , elle seroit en état d'en produire encore d'autres , s'il Nous plaisoit lui accorder de nouvelles Lettres de Privilege , attendu que celles que Nous lui avons accordées en datte du 6. Avril 1699. n'ayant point de tems limité , ont été déclarées nulles par un Arrêt de notre Conseil d'Etat du 13. Août 1713. Et desirant donner au sieur Exposant toutes les facilitez & les moyens qui peuvent contribuer à rendre utiles au Public les travaux de notredite Académie Royale des Sciences , Nous avons permis & permettons par ces Presentes à ladite Academie , de faire imprimer , vendre ou débiter dans tous les lieux de notre obéissance , par tel Imprimeur qu'elle voudra choisir , en telle forme , marge , caractere , & autant de fois que bon lui semblera , toutes ses Recherches ou Observations journalieres , & Relations annuelles de tout ce qui aura été fait dans les Assemblées ; comme aussi les Ouvrages , Memoires ou Traitez de chacun des Particuliers qui la composent , & généralement tout ce que ladite Academie voudra faire paroître sous son nom , après avoir fait examiner lesdits Ouvrages , & jugé qu'ils sont dignes de l'impression ; & ce pendant le tems de quinze années consecutives , à compter du jour de la datte desdites Presentes. Faisons défenses à toutes sortes de personnes de quelque qualité & condition qu'elles soient , d'en introduire d'impression étrangere dans aucun lieu de notre Royaume ; comme aussi à tous Imprimeurs , Libraires & autres , d'imprimer , faire imprimer , vendre , faire vendre , débiter ni contrefaire aucun desdits Ouyrages imprimé par l'Imprimeur de ladite Académie , en tout ni en partie , par extrait , ou autrement , sans le consentement par écrit de ladite Academie , ou de ceux qui auront droit d'eux : à peine contre chacun des contrevenans de confiscation des Exemplaires contrefaits au profit de sondit Imprimeur , de trois

mille livres d'amende , dont un tiers à l'Hôtel-Dieu de Paris , un tiers audit Imprimeur , & l'autre tiers au Dénonciateur , & de tous dépens , dommages & intérêts ; à condition que ces Presentes seront enregistrées tout au long sur le Registre de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris , & ce dans trois mois de ce jour : que l'impression de chacun desdits Ouvrages sera faite dans notre Royaume & non ailleurs , & ce en bon papier & en beaux caractères , conformément aux Reglemens de la Librairie ; & qu'avant que de les exposer en vente , il en sera mis de chacun deux Exemplaires dans notre Bibliothèque publique , un dans celle de notre Château du Louvre , & un dans celle de notre très-cher & féal Chevalier Chancelier de France le Sieur Daguefleau ; le tout à peine de nullité des Presentes. Du contenu desquelles vous mandons & enjoignons de faire joüir ladite Academie , ou ses ayans cause , pleinement & paisiblement , sans souffrir qu'il leur soit fait aucun trouble ou empêchement. Voulons que la copie desdites Presentes qui sera imprimée au commencement ou à la fin desdits Ouvrages , soit tenuë pour dûément signifiée , & qu'aux copies collationnées par l'un de nos amez & feaux Conseillers & Secrétaires , foi soit ajoutée comme à l'original. Commandons au premier notre Huissier ou Sergent de faire pour l'execution d'icelles tous actes requis & nécessaires , sans demander autre permission , & nonobstant clamour de Haro , Charte Normande , & Lettres à ce contraires. Car tel est notre plaisir. Donné à Paris le vingt-neuvième jour du mois de Juin l'an de grace mil sept cens dix-lept , & de notre Regne le deuxième. Par le Roy en son Conseil.

Signé , FOUQUET.

Il est ordonné par l'Edit du Roy du mois d'Août 1686. & Arrêt de son Conseil , que les Livres dont l'impression se permet par Privilege de Sa Majesté , ne pourront être vendus que par un Libraire ou Imprimeur.

*Registre le present Privilege , ensemble la Cession écrite ci-dessous , sur le Registre IV. de la Communauté des Imprimeurs & Libraires de Paris , p. 155. N. 205. conformément aux Reglemens , & notamment à l'Arrêt du Conseil du 13. Août 1703. A Paris le 3. Juillet 1717.*

Signé , DELAULNE , Syndic.

Nous soussigné Président de l'Academie Royale des Sciences , déclarons avoir en tant que besoin cédé le present Privilege à ladite Academie , pour par elle & les differens Academiciens qui la composent , en joüir pendant le tems & suivant les conditions y portées. Fait à Paris le premier Juillet 1717. Signé , J. P. BIGNON.

---

*Extrait des Registres de l'Academie Royale des Sciences.*

Du 6. Decembre 1724.

Par délibération faite selon la forme ordinaire, la Compagnie  
a résolu de permettre au sieur JOMBERT, Marchand Libraire,  
d'imprimer la *Pièce qui a remporté le Prix de l'Académie Royale des*  
*Sciences*, & de lui céder à cet égard le Privilege qu'elle a obtenu  
du Roy en date du 29. Juin 1717. En foi de quoi j'ai signé le  
présent Certificat. A Paris ce 6. Decembre 1724.

FONTENELLE, Sec. perp. de l'Ac. R. des Sc.



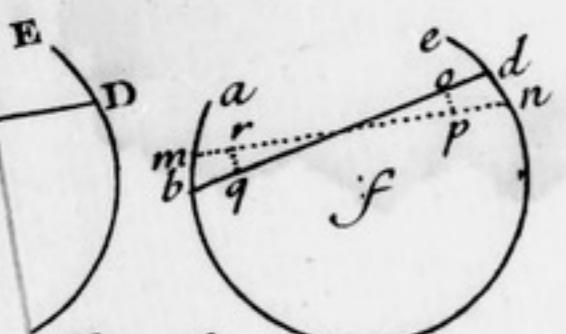


Fig. 2.<sup>o</sup>



Fig. 3.<sup>e</sup>

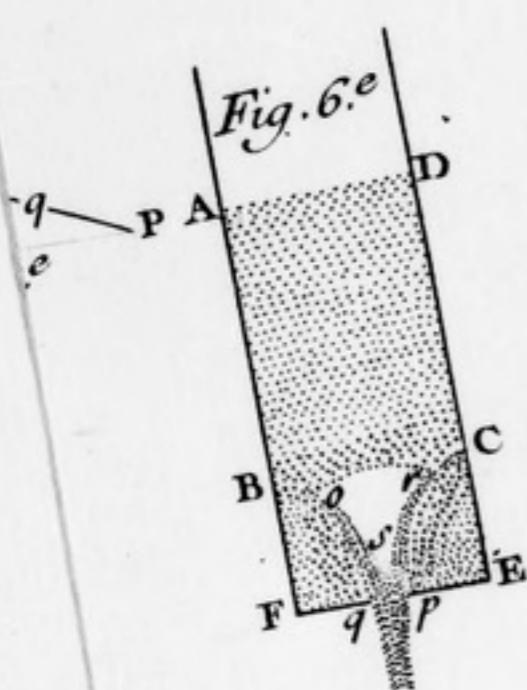


Fig. 9.<sup>e</sup>

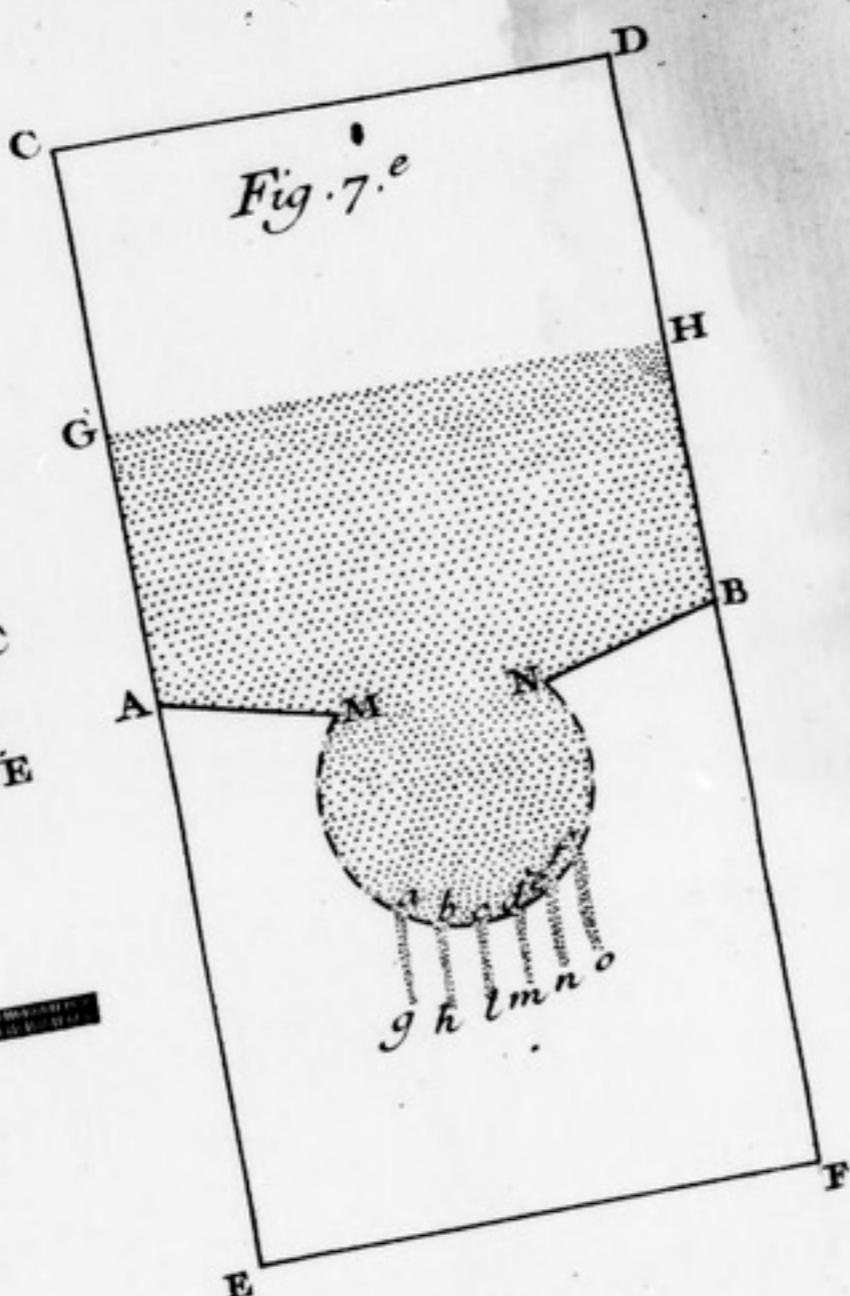


Fig. 7.<sup>e</sup>

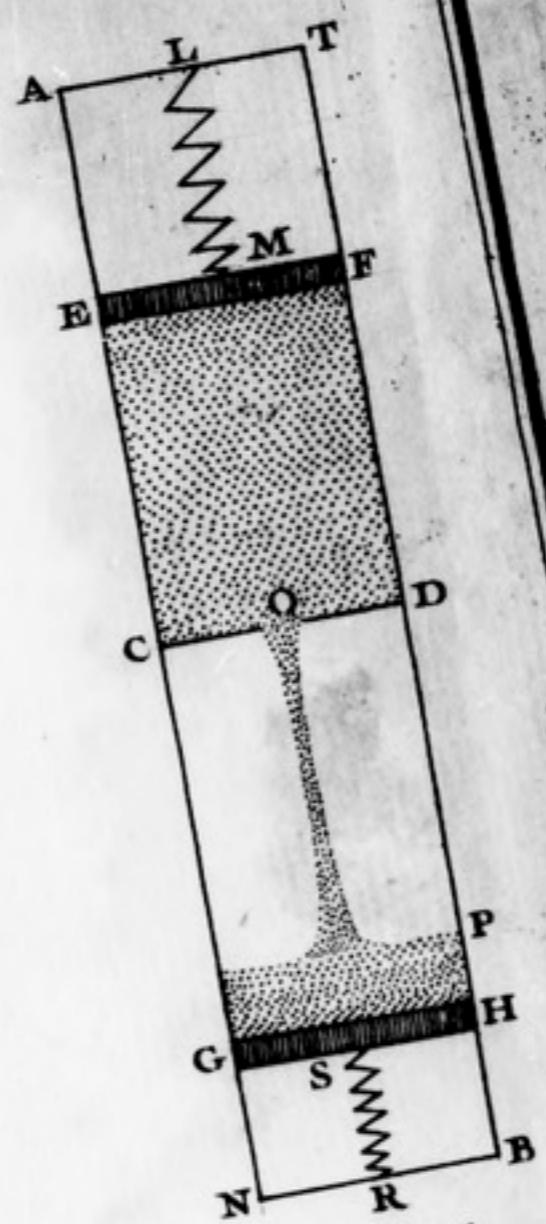
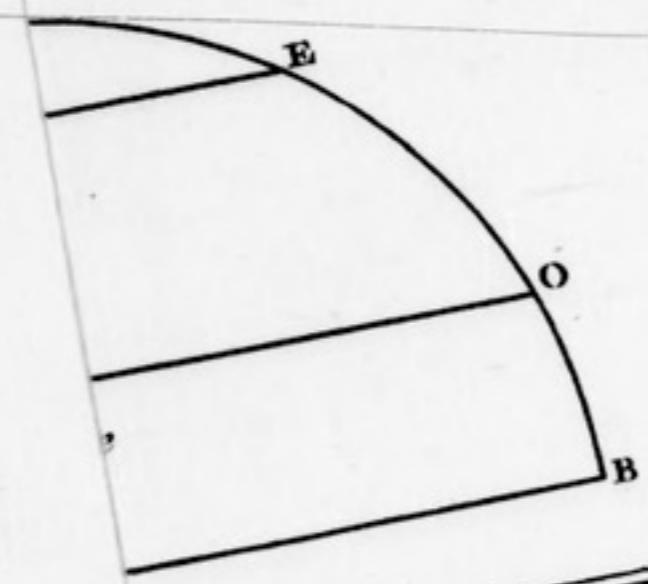


Fig. 11.



$$\begin{aligned}
 C M &= 100 \\
 C H &= 36 \\
 H G &= 43 \\
 G M &= 21 \\
 \text{Arc } AN \text{ ou } B C &= 21 \text{ deg} \\
 \text{N D ou O E} &= 31 \\
 \text{D M ou E M} &= 38 \\
 &\quad \vdots = 13
 \end{aligned}$$

$$d\alpha = 3$$

$$a^b = 8$$

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{c} =$$

$$c^N = 0$$

$t \cdot \text{G}_d =$

*lig*  $\frac{G}{d} e =$

$$d \equiv$$

e<sup>f</sup>  
H=

f H =

1000

— 1 —

*Gavé par F. Baillioul.*

