

En direct avec Mariotte . . .

par Gérard BORVON,
Lycée de Landerneau.

Dans cette classe de seconde, l'étude de la loi $P \times V =$ constante avait débuté de façon bien classique : T.P., conclusions, applications. Et puis l'idée nous est venue de rechercher le texte original de MARIOTTE. Nous l'avons retrouvé dans une réédition de ses œuvres datée de 1717 et imprimée à Leyde.

Il nous est tout de suite apparu que MARIOTTE allait pouvoir reprendre du service pédagogique au 20^e siècle. Avec son essai intitulé « de la Nature de l'air », il nous apportait une très astucieuse expérience introductive et il nous proposait même les exercices d'applications sans lesquels, comme chacun sait, aucun cours ne peut se terminer.

Le tout était d'entrer dans ce 17^e siècle en ménageant les étapes.

D'abord, un premier fragment de texte distribué à la classe devait permettre de s'y retrouver dans les « lignes », les « pouces » et les « pieds », mesures peu utilisées en notre époque il faut le reconnaître. Ce premier texte décrit l'expérience de TORRICELLI :

« La preuve qui paraît la plus forte pour établir la pesanteur de l'Air, est celle qu'on tire d'un effet surprenant qu'on voit arriver dans des tuyaux de verre de trois ou quatre pieds de hauteur, fermés par un bout et remplis de mercure. L'expérience en est assez connue : on ferme avec le doigt le bout ouvert de l'un de ces tuyaux, et après l'avoir renversé, on plonge ce bout ouvert dans d'autre mercure, mis dans quelque vaisseau ; on ôte le doigt, et alors le tuyau ne se vide pas entièrement, mais il demeure rempli de mercure jusqu'à la hauteur d'environ vingt-sept pouces et demi. C'est ce qu'on appelle l'expérience du vide, et ce tuyau avec le mercure s'appelle un Baromètre, à cause qu'on s'en sert à mesurer la pesanteur de l'air, par le moyen des différentes hauteurs où ce mercure enfermé demeure ».

Par la suite, MARIOTTE prendra 28 pouces pour la mesure de la pression atmosphérique. Cette dernière valeur donne 2,71 cm pour le pouce, ce que confirme un rapide coup d'œil sur une encyclopédie.

Tous nos calculs seront effectués en pouces et nous prendrons 28 pouces pour la pression atmosphérique.

OEUVRES

DE

M^R. MARIOTTE,

de l'Académie Royale des Sciences;

DIVISÉES EN DEUX TOMES,

Comprenant tous les Traitez de cet Auteur,
tant ceux qui avoient déjà paru séparément,
que ceux qui n'avoient pas encore été publiez;

Imprimées sur les Exemplaires les plus exacts & les plus complets;
Revuës & corrigées de nouveau.

TOME PREMIER.



A LEIDE,

Chez PIERRE VANDER Aa,
Marchand Libraire, Imprimeur de l'Université & de la Ville.

M D C C X V I I

Le second fragment de texte décrit l'expérience de mise en évidence de la loi de compressibilité de l'air. MARIOTTE fait d'abord remarquer que l'air a la propriété « de pouvoir être condensé et dilaté et d'avoir la vertu de ressort ». Il se demande ensuite si « l'air se condense *précisément selon la proportion* des poids dont il est chargé, ou si cette condensation suit d'autres lois et d'autres proportions ». C'est donc pour vérifier si le volume d'une quantité d'air est inversement proportionnel à la pression à laquelle il est soumis qu'il propose d'enfermer une certaine quantité d'air dans le tube de TORRICELLI :

« Si on enferme dans un baromètre du mercure avec de l'Air, et qu'on fasse l'expérience du vide, le mercure ne demeurera pas dans le tuyau à la hauteur qu'il était : car l'Air qui y est enfermé avant l'expérience fait équilibre par son ressort au poids de toute l'Atmosphère ».

Vient alors l'expérience fondamentale :

« Si l'air doit se condenser à proportion des poids dont il est chargé, il faut nécessairement qu'ayant fait une expérience en laquelle le mercure demeure dans le tuyau à la hauteur de quatorze pouces, l'air qui est enfermé dans le reste du tuyau, soit alors dilaté deux fois plus qu'il n'était avant l'expérience ; pourvu que dans le même temps les Baromètres sans air élèvent leur mercure à vingt-huit pouces précisément.

Pour savoir si cette conséquence était véritable, j'en fis l'expérience avec le sieur HUBIN, qui est très expert à faire des Baromètres et des Thermomètres de plusieurs sortes. Nous nous servîmes d'un tuyau de quarante pouces, que je fis remplir de mercure jusqu'à vingt-sept pouces et demi, afin qu'il y eût douze pouces et demi d'air, et qu'étant plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau, il y eût trente-neuf pouces de reste, pour contenir quatorze pouces de mercure, et vingt-cinq pouces d'air dilaté au double. Je ne fus point trompé dans mon attente car le bout du tuyau renversé étant plongé dans le mercure du vaisseau, celui-ci descendit, et après quelques balancements, il s'arrêta à quatorze pouces de hauteur et par conséquent l'air enfermé qui occupait alors vingt-cinq pouces, était dilaté au double de celui qu'on y avait enfermé, qui n'occupait que douze pouces et demi ».

MARIOTTE énonce alors la loi suivante :

« On peut prendre pour une règle certaine, ou loi de la nature, que l'air se condense à proportion des poids dont il est chargé ».

Ce texte étant distribué, chacun se retrouve en tête à tête pendant quelques jours avec les indications de recherche suivantes :

« Pourriez-vous :

- Schématiser l'expérience faite par MARIOTTE.
- Faire le calcul qui lui a permis de formuler l'hypothèse de sa première expérience.
- Vérifier sa deuxième expérience dont le texte est le suivant :

"Je lui fis faire encore une autre expérience, où il laissa vingt-quatre pouces d'Air au-dessus du mercure, et il descendit jusques à sept pouces, conformément à cette hypothèse". »

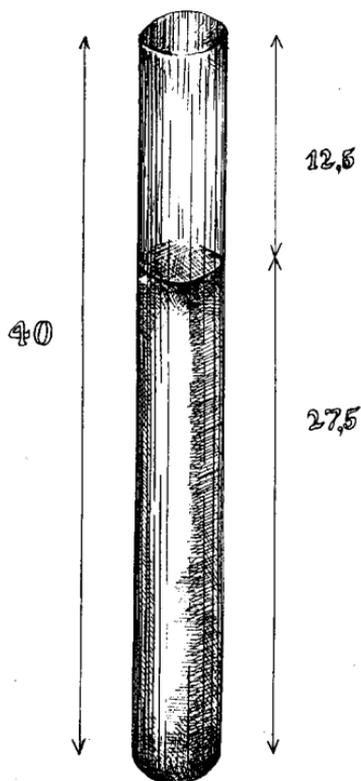
Il faut reconnaître que ce premier contact a été plutôt abrupt. Bien que ce Français du XVII^e siècle soit très « moderne », un terme comme celui de « vaisseau » en a arrêté plus d'un. Sur quelle galère MARIOTTE avait-il bien pu s'embarquer ? Un seul élève a su répondre aux trois questions mais il a reconnu avoir bénéficié du soutien d'un père certainement très perspicace.

Une relecture collective a permis la schématisation de l'expérience, en effet il est apparu que l'essai de MARIOTTE aurait certainement beaucoup gagné en clarté s'il y avait joint quelques planches dessinées. Celles-ci ont finalement été réalisées, à la plume, dans le style des graveurs du XVIII^e siècle par une élève particulièrement douée.

A partir de ce moment, tout est devenu très simple et chacun a pu répondre aux questions posées.

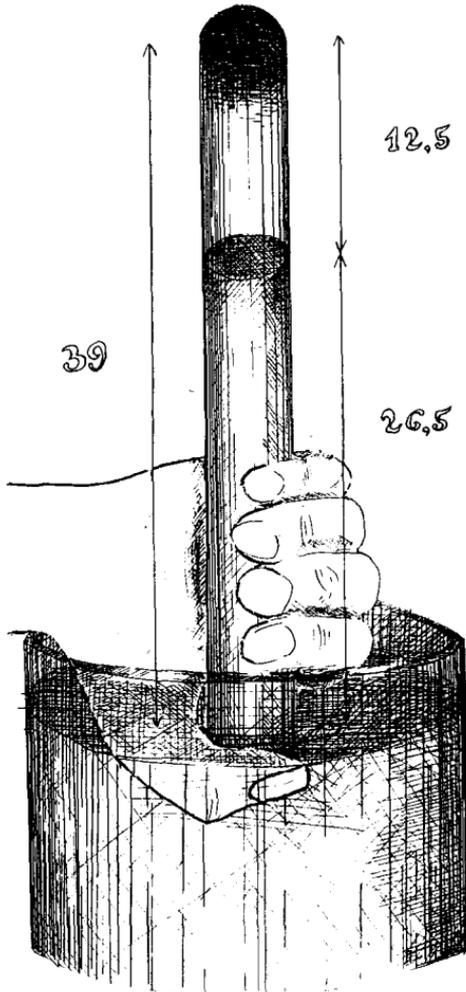
EXPERIENCE
DE
MARIOTTE

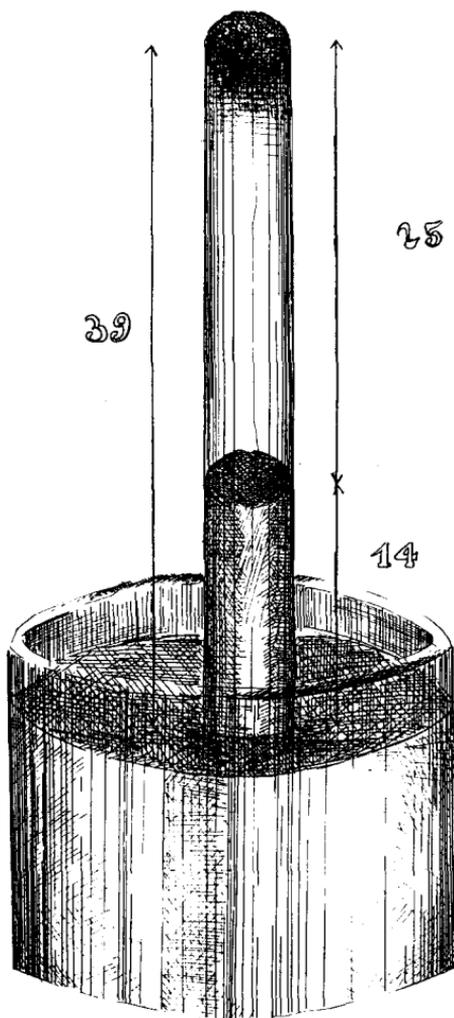
Mesures en P. L.



Nous nous servimes d'un tuyau de quarante pouces, que je fis emplir de mercure jusqu'à vingt-sept pouces & demi, afin qu'il y eût douze pouces & demi d'air ;

& qu'é-
 tant plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau il y eût trente-neuf
 pouces de reste, pour contenir quatorze pouces de mercure, & ving-
 cinq pouces d'Air dilaté au double.





Je ne fus point trompé dans mon attente : car le bout du tuyau renversé étant plongé dans le mercure du vaisseau, celui du tuyau descendit, & après quelques balancemens, il s'arrêta à quatorze pouces de hauteur ; & par conséquent l'air enfermé qui occupoit alors vingt-cinq pouces, étoit dilaté au double de celui qu'on y avoit enfermé, qui n'occupoit que douze pouces & demi.

Dessins de Frédérique Prigent.

Pour terminer : exercices d'application. C'est MARIOTTE lui-même qui propose les trois problèmes suivants :

154

DE LA NATURE

I. PROBLÈME.

*E*tant donnée la hauteur où l'on veut que le mercure demeure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver la quantité de l'air qu'il y faut laisser avant l'expérience.

Soit 4 pouces la hauteur donnée du mercure, & soit le tuyau de 37 pouces, dont on doit plonger un pouce dans le mercure du vaisseau, afin qu'il reste 36 pouces au dessus. Soit supposé que l'expérience soit faite, & que le mercure se soit mis à 4 pouces de hauteur. Donc il restera 32 pouces d'air dilaté. Mais comme 28 pouces, poids entier de l'Atmosphère, est à 24, différence de 4 grandeur donnée, & de 28; ainsi 32 est à $27\frac{1}{2}$. Donc 27 pouces $\frac{1}{2}$ est l'étendue de l'air qu'il faut laisser au dessus du mercure avant l'expérience, afin qu'après l'expérience, le mercure s'arrête à 4 pouces de hauteur. Si le tuyau est de 24 pouces, & qu'on veuille réduire le mercure à 7 pouces, il faut supposer que le bout ouvert du tuyau soit plongé d'un pouce dans le mercure, afin qu'il reste 23 pouces, dont les 7 pouces de mercure étant ôtez, il restera 16 pouces pour l'air dilaté: Et parce que 28 est à 21 différence de 7 & de 28, comme 16 est à 12; on jugera qu'il faudra mettre dans le tuyau 12 pouces d'air au dessus du mercure. On résoudra de même les autres questions semblables.

II. PROBLÈME.

*E*tant donnée la quantité d'air qu'on veut laisser au dessus du mercure dans un tuyau de grandeur donnée, trouver à quelle hauteur le mercure se mettra après l'expérience.

Cette question se peut résoudre par le calcul de l'Algèbre, en cette sorte. Soit la hauteur du tuyau 25 pouces, & l'étendue donnée de l'air, 9 pouces; on demande, à quelle hauteur le mercure demeurera dans le tuyau après l'expérience? Soit appelée A l'augmentation de l'étendue de l'air enfermé: & parce que le bout du tuyau doit être plongé d'un pouce dans le mercure du vaisseau, & qu'il n'y restera que 24 pouces; si on appelle $9 + A$ l'étendue de l'air dilaté, le reste du tuyau jusques à 24 sera $15 - A$, qui est la grandeur inconnue qu'on cherche. Or, par la règle expliquée ci-dessus, 28 pouces de mercure doivent avoir un même rapport à la différence qui est entre ces 28 pouces, & la hauteur où il doit demeurer dans le tuyau, que l'étendue de l'air dilaté, c'est à dire 9 pouces plus A, à 9 pouces. Donc par conversion de raison, $9 + A$ sera à A, comme 28 à $15 - A$. D'où il s'ensuit, que le produit des extrêmes $9 + A$ & $15 - A$, sera égal à celui de 28 par A; Donc le premier produit, savoir $135 + 6A - A^2$ sera égal à $28A$; &

D E L' A I R.

155

& ajoutant A^2 de part & d'autre, il y aura égalité entre $135 + 6A$, & $28A + A^2$; & ôtant $6A$ de chacune de ces grandeurs, il y aura encore égalité entre $A^2 + 22A$ & 135 , & enfin entre A^2 & $135 - 22A$; & si on joint le carré de 11 moitié de 22 à 135, la somme sera 256, dont la racine carrée est 16, duquel nombre ôtant les 11 ci-dessus, le reste 5 sera la valeur de l'étendue qu'on a appelée A , & par conséquent $15 - A$ vaudra 10 pouces, hauteur requise où se mettra le mercure après l'expérience.

On trouvera de même la hauteur du mercure dans d'autres tuyaux, quelque étendue d'air qu'on ait laissée sur le mercure avant l'expérience, soit que cette étendue se puisse exprimer par nombres, ou seulement par lignes; & les expériences se trouveront conformes à ces raisonnemens. On peut même réduire en lignes les grandeurs données, & on trouvera aisément la ligne de la hauteur où se mettra le mercure, si on sçait médiocrement les règles de l'Algèbre.

III. P R O B L È M E.

*E*tant donnée la hauteur d'un tuyau plein d'air, trouver à quelle profondeur il faudra plonger le bout ouvert dans le mercure du vaisseau, afin qu'il monte dans ce tuyau situé perpendiculairement à une hauteur donnée possible.

Soit le tuyau de 10 pouces uniformément large, & soit un pouce la hauteur donnée. Donc l'air du tuyau se doit réduire à 9 pouces, puisque le mercure y doit entrer d'un pouce; & suivant les raisonnemens ci-dessus, comme 9 est à 10, ainsi réciproquement 28 pouces de mercure, à 31 pouces $\frac{1}{2}$. Ce qui fera connoître qu'il faudra que la surface du mercure du vaisseau soit 3 pouces $\frac{1}{2}$ au dessus du mercure qui sera monté dans le tuyau, & par conséquent qu'il faudra que le bout ouvert soit enfoncé de 4 pouces $\frac{1}{2}$ dans le mercure du vaisseau; ce qui se prouve parce que le poids du mercure de 3 pouces $\frac{1}{2}$ joint au poids de l'Atmosphère, qu'on suppose égal à celui de 28 pouces de mercure, chargera l'air du tuyau d'un poids de 31 pouces $\frac{1}{2}$: & 31 pouces $\frac{1}{2}$ est à 28 réciproquement, comme 10 pouces, étendue première de l'air du tuyau, est aux 9 pouces qu'il doit occuper après l'expérience.

On se servira d'un raisonnement semblable pour trouver à quelle hauteur l'eau montera dans un tuyau vuide fermé par le bout d'en haut, lorsqu'on le plonge perpendiculairement dans de l'eau, prenant pour le poids de l'Atmosphère, 32 piés d'eau douce, ou 30 d'eau salée, au lieu de 28 pouces de mercure. De là on jugera que, si on descend un homme dans la mer sous une cloche pleine d'air, lors qu'elle sera à 30 piés de profondeur, l'air se réduira à la moitié de l'espace qu'il occupoit; ce qui n'a pas été remarqué par quelques-uns qui ont parlé de cette expérience.

C'est

Les problèmes I et III étaient à rechercher avec une rédaction détaillée « actualisée ». Le problème II a été traité par le collègue de Mathématiques qui l'a trouvé intéressant pour une approche de l'équation du second degré qui se trouve justement être au programme de la classe.

Pour conclure, chacun pouvait livrer ses propres commentaires sur l'exercice proposé. 23 élèves sur 32 ont accepté ce « jeu » de la critique.

MARIOTTE se fait d'abord sévèrement étriller :

« Il est évident qu'un physicien d'aujourd'hui ne s'en sortirait pas s'il devait rédiger comme au XVII^e siècle... ».

« S'il avait choisi cette méthode : isoler les calculs des explications, ses textes auraient été bien plus clairs... ».

« Dieu soit loué pour l'invention de l'arithmétique et de l'algèbre « modernes » avec lesquelles il n'est pas besoin d'autant de phrases si longues, si compliquées... ».

« MARIOTTE aurait pu faire des dessins... ».

Il est vrai que MARIOTTE, par ailleurs si clair, n'est pas des plus limpides quand il détaille un calcul. Les élèves auront ainsi été sensibilisés au problème de la « rédaction » d'un exercice d'une façon nouvelle.

Par contre, tous ont reconnu le souci pédagogique de MARIOTTE : l'expérience proposée est ingénieuse, la loi apparaît comme une évidence.

Pour finir, nous avons refait les expériences. Un élève a réalisé une règle de 4 pieds graduée en pouces. Nous ne disposions que de tubes de 37 pouces (1 mètre) cela était parfait pour le problème I mais nous avons dû reformuler l'expérience initiale :

« Etant donné un tuyau de 37 pouces, quelle hauteur d'air doit-on laisser au-dessus du mercure pour que celui-ci demeure à 14 pouces dans le tuyau quand il est plongé de 1 pouce dans le mercure du vaisseau ».

Nous avons trouvé 11 pouces, et vous ?
