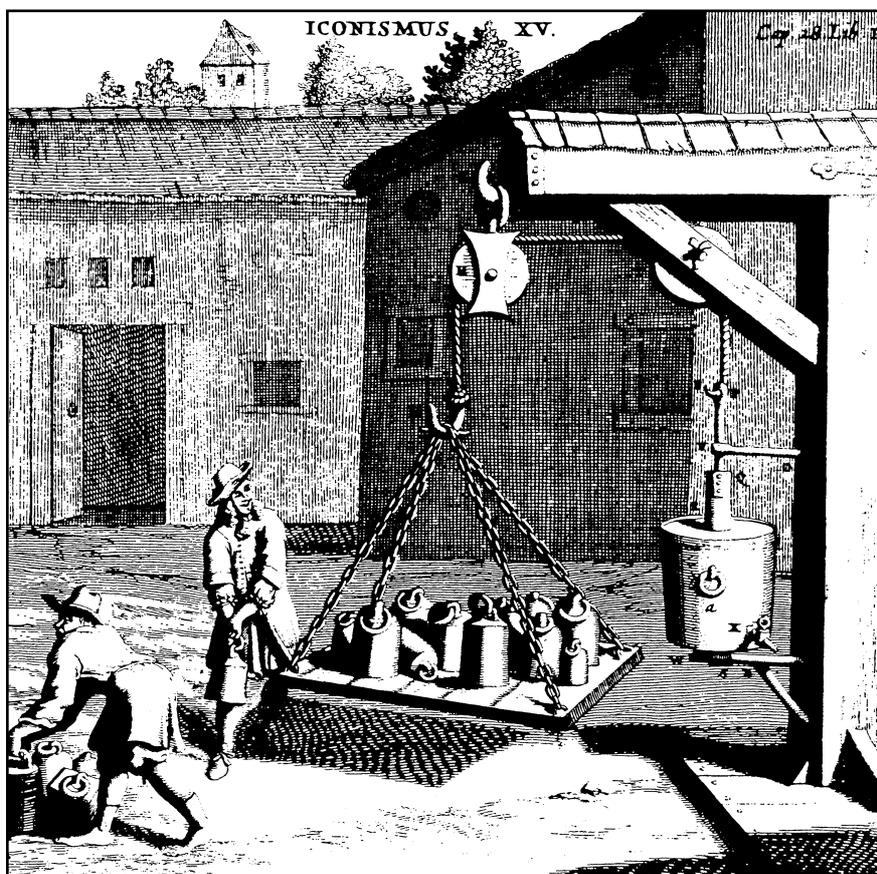


Pression atmosphérique

Existence - Ordre de grandeur

Mesure au moyen d'un baromètre sans mercure

Appareils MF 2150 12201 et MF 1495 32661



Mode d'emploi du baromètre

Résultats expérimentaux



Centre technique et pédagogique
de l'Enseignement de la Communauté française

«La mesure est à la base de toute démarche scientifique. Pour mieux comprendre un phénomène, il faut le mesurer.»

Pierre Gilles de Gennes
Prix Nobel

«Nous vivons submergés dans un océan d'air et nous savons par des expériences indubitables que l'air est pesant.»

Lettre de Torricelli à Michel-Ange Ricci
10 juin 1644
Cité par Jacques Attali
Blaise Pascal ou le génie français

«Je pris le parti de rendre mes leçons palpables en les faisant manœuvrer devant moi sur une machine que je construisis à cet effet.»

Marguerite Angélique Le Boursier du Coudray
Maîtresse sage-femme
Clermont-Ferrand
1759

Pression atmosphérique
Existence - Ordre de grandeur
Mesure au moyen d'un baromètre sans mercure

Montages de démonstration

Appareils MF 2150 12201 et MF 1495 32661

Avant-propos

L'obligation, qui nous a été faite, de renoncer à l'emploi du mercure dans le matériel pédagogique des établissements scolaires, a ouvert des brèches, nombreuses et importantes, dans le support expérimental des cours de physique.

Nous nous sommes efforcés d'en combler une, en concevant puis en réalisant un dispositif mécanique de mesure de la pression atmosphérique, substitut du proscrit baromètre à mercure.

Ceci s'inscrit dans une politique générale du Centre technique et pédagogique, politique qui vise à trouver, à tous les appareils proscrits pour cause «de mercure», des substituts inoffensifs et pédagogiquement acceptables.

Dans le cas qui nous occupe, précisons que le montage présenté

- n'est, ni un dispositif à boîte métallique déformable, ni une «boîte noire» électronique, les vertus pédagogiques de ces dernières nous paraissant souvent douteuses;
- ne le cède pratiquement en rien, quant à la qualité des mesures, au défunt baromètre à mercure.

Participant de notre désir d'en faire, à côté d'un appareil de mesure, un instrument pédagogique mettant en œuvre des définitions et des principes fondamentaux, il est décrit, aux fins d'utilisation et d'exploitation, dans le présent opuscule.

À sa description nous avons joint, toujours à des fins pédagogiques, quelques suggestions de manipulations ainsi que quelques citations et digressions sur le sujet.

A. Frère
Octobre 2000

Sommaire

Pression atmosphérique

Existence - Ordre de grandeur

Mesure au moyen d'un baromètre sans mercure

1. Existence d'une pression exercée par l'air de l'atmosphère terrestre	5
1.1. Principe de la démonstration d'existence	5
1.2. Réalisation de la démonstration	7
1.2.1. Matériel nécessaire	7
1.2.2. Mise en œuvre	8
1.2.3. Remarques	8
2. Estimation rapide de l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique à l'endroit de l'expérience	9
3. Mesure plus précise d'une valeur instantanée de la pression atmosphérique en un lieu donné	
Baromètre mécanique sans mercure	11
3.1. Description générale du montage et principe de son utilisation	11
3.2. Description détaillée du baromètre sans mercure	13
3.3. Description détaillée de l'ensemble du montage (baromètre + pompe) - Montage	15
3.3.1. Matériel nécessaire	15
3.3.2. Montage	16
3.4. Mise en œuvre	16
3.4.1. Contrôle de la correction du montage	16
3.4.2. Estimation de l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique du moment	17
3.4.3. Mesure précise d'une valeur instantanée de la pression atmosphérique à l'endroit où est installé le baromètre	18
3.4.4. Remarques	
1. À propos des incertitudes	22
2. Journée du 30/10/2000 - tempête	23
3. Réglage d'altitude	23
4. Ordre de grandeur des pressions atmosphériques extrêmes et habituelles	23
4. Quelques «montages» qui ne fonctionneraient pas en l'absence d'une pression atmosphérique	
Mythe de l'«aspiration»	25

5. Témoignages et opinions	26
5.1. L'horreur du vide	26
5.2. Le vide - Blaise Pascal et l'horreur du vide	27
5.2.1. Les expériences nouvelles touchant le vide	27
5.2.2. Le «vide» barométrique - La contradiction	28
5.2.3. L'expérience du Puy-de-Dôme	29
5.2.4. La technique et les applications	
Otto de Guericke et Balthazar de Monconys	32
5.3. Cartésiens et newtoniens	35

Pression atmosphérique

Existence - Ordre de grandeur

Mesure au moyen d'un baromètre sans mercure

Le projet pédagogique présenté ici, très ciblé bien sûr, se propose, à propos de la pression atmosphérique:

1. d'établir son existence, de façon indiscutable et spectaculaire. Une existence qui n'est pas toujours évidente aux yeux d'observateurs débutants, voire même plus avertis;
2. de fournir une estimation rapide de sa grandeur;
3. de fournir un moyen simple et pédagogiquement actif, d'en déterminer une valeur instantanée précise et ce en l'absence de tout mercure ou substitut toxique.

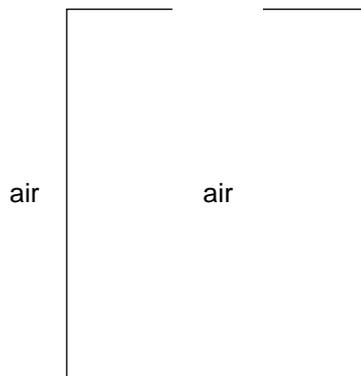
1. Existence d'une pression exercée par l'air de l'atmosphère terrestre: la «pression atmosphérique»

«L'air de l'atmosphère terrestre exerce une pression sur les surfaces qui y sont plongées.»

Cette proposition peut obtenir un vigoureux support expérimental, ceci sans difficulté majeure, rapidement et sans mettre en jeu un matériel improbable.

1.1. Principe de la démonstration d'existence

Considérons un récipient, par exemple parallélépipédique, muni d'une ouverture, plongé dans l'atmosphère terrestre. Ce récipient, entouré d'air, est aussi, du fait de la présence d'une ouverture, plein d'air.



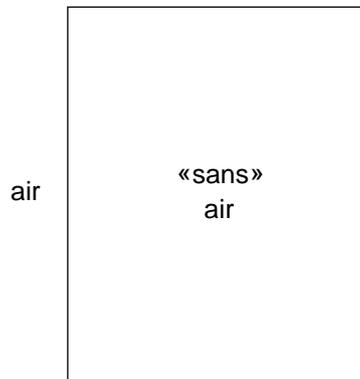
Cet air exerce-t-il, ou

n'exerce-t-il pas,

une pression (qui participe d'une force) sur les surfaces des parois du récipient qui y sont plongées?

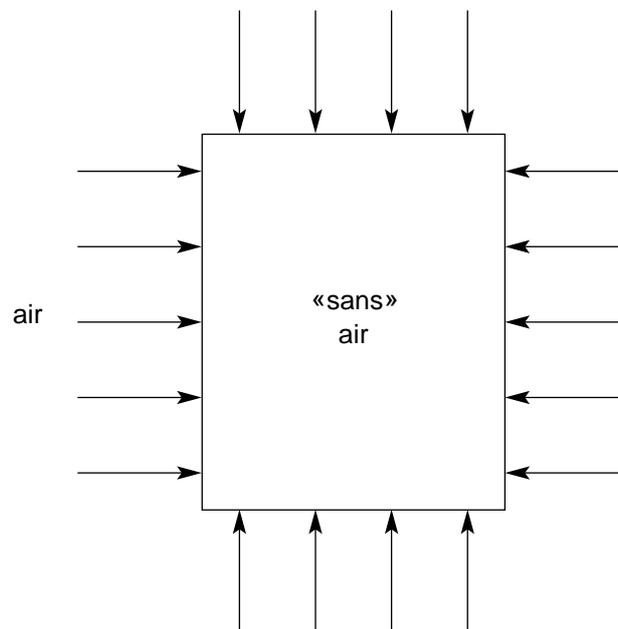
Pour faire un choix entre ces deux hypothèses, il suffit d'enlever, dans la mesure du possible, l'air qui se trouve de l'un ou de l'autre côté des parois en question.

Supposons (ce qui, en pratique, est le plus aisé à réaliser), que l'on enlève la majeure partie de l'air situé à l'intérieur du récipient (après en avoir, évidemment, bouché l'ouverture).



Si l'air situé à l'extérieur, qui subsiste, n'exerce aucune pression, rien ne changera.

Si pression il y a, les faces extérieures des parois du récipient seront, seules, soumises à cette pression, pression à laquelle correspondront des forces auxquelles le récipient, dans son ensemble, sera soumis.



Si le récipient mis en jeu n'est pas trop difficile à déformer, par exemple s'il s'agit d'un bidon en tôle légère, on le verra (à la grande joie des spectateurs) se recroqueviller, s'écraser sur lui-même, le plus souvent à grand bruit.

En plus d'une preuve de son existence, on peut donner ainsi une première idée de la grandeur de la pression atmosphérique en question.

1.2. Réalisation de la démonstration

1.2.1. Matériel nécessaire

1. Un bidon en tôle légère, muni d'un bouchon, si possible parallélépipédique et dont la longueur des arêtes soit de l'ordre de quelques décimètres (bidons de 5 à 10 litres).

Il était souvent possible de trouver, dans les cuisines des écoles, des bidons adéquats, ayant contenu de l'huile végétale alimentaire.

Ces bidons, actuellement remplacés par des récipients en matière plastique, ont pratiquement disparu. Les bidons en matière plastique pourraient en principe convenir, mais il faut savoir qu'ils s'écraseront à peu près sans bruit, ce qui ne nuit pas à la démonstration mais nuit beaucoup à son souvenir (nous en avons l'expérience!).

Certains bidons du commerce, contenant le plus souvent divers liquides organiques pourraient convenir, mais

- il n'est pas simple de se les procurer;
- surtout, il est à craindre que les résidus de liquide qui y subsistent ne polluent gravement et irrémédiablement l'huile des pompes («à vide») utilisées pour en enlever l'air et les vapeurs qu'ils contiennent encore.

Pour pallier ces inconvénients, le Centre technique et pédagogique propose, dans son catalogue¹, des bidons en tôle légère, neufs et donc propres, munis d'une tubulure permettant leur raccordement à une pompe à air («à vide»).

2. Une pompe à air (dite «pompe à vide»). Les pompes en question, motorisées, se trouvent dans la plupart des écoles².

Si l'on n'en dispose pas, une pompe à main (qui existe encore dans le matériel ancien des écoles) ou une trompe à eau, peuvent convenir.

3. Un tronçon (environ 1 mètre) de tuyau en caoutchouc, dit «à vide».

¹ Le catalogue (ou son supplément) propose:

- sous le n° MF 1495 32661:
 - un jeu de trois bidons, munis d'une embouchure filetée,
 - un bouchon à visser sur cette embouchure, muni d'une tubulure de raccordement à une pompe «à vide». Ce bouchon doit être récupéré et peut servir pour les trois bidons;
- sous le n° MF 1495 32642:
 - des bouchons de rechange, ceci en cas de perte du bouchon fourni avec les bidons.

² Si la pompe de l'école a subi les outrages du temps, et les autres, elle peut être révisée, remise en état et, entre autres choses, être vidangée et munie d'huile neuve, au Centre technique et pédagogique. Elle retrouve ainsi, en général, ses qualités d'origine. Si c'est le cas, mettre la pompe «en réparation», *accompagnée de ses accessoires et d'un bon de commande*.

1.2.2. Mise en œuvre

1. Raccorder le tuyau en caoutchouc «à vide» à la tubulure fixée au bouchon du bidon métallique.
2. Raccorder l'autre extrémité du tuyau à la pompe «à vide» ou à la trompe à eau.
3. Mettre la pompe en marche ou ouvrir le robinet qui alimente la trompe à eau.

On pourra alors assister au spectaculaire et bruyant écrasement du bidon, ce à la grande joie de l'auditoire.

1.2.3. Remarques

1. Suivant une vieille tradition orale, voire écrite, les pompes usuelles, utilisées pour l'élévation des eaux sont dites «aspirantes»³.

On en dit autant des «aspirateurs» et même, l'expérience paraît le prouver, de notre pompe «à vide».

On pourrait ainsi attribuer la réussite de l'expérience précédente à une propriété, un peu mystérieuse, de la pompe seule, oubliant ainsi le rôle de la pression atmosphérique.

Un petit montage⁴, présenté par le Centre technique et pédagogique sous le n° MF 1205 12542 de son catalogue (ou de son supplément), permet de démontrer que c'est la pression atmosphérique, associée à l'enlèvement de l'air contenu dans le bidon par la pompe, qui est responsable de l'écrasement du bidon (et de l'ascension des liquides dans les pompes «aspirantes», les chalumeaux...).

2. On n'oubliera pas, une fois l'expérience terminée et le bidon écrasé, de permettre la rentrée de l'air dans l'ensemble du montage de manière à éviter les «remontées» d'huile venant de la pompe restée sous vide.

³ Aspirer: «attirer les fluides en faisant le vide», *Dictionnaire de la langue française*, par Paul Robert.

⁴ Consulter le fascicule *Pression atmosphérique. Contre le mythe de la pompe «aspirante»*. Une mise au point expérimentale. Ce fascicule accompagne l'appareil MF 1205 12542.

2. Estimation rapide de l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique à l'endroit de l'expérience

Mise en évidence de certains de ses effets

Il nous est paru intéressant de permettre d'estimer, par une expérience ne durant que quelques minutes, l'ordre de grandeur de la valeur de la pression atmosphérique, lorsque les conditions atmosphériques sont «habituelles»⁵.

Également de montrer, par la même expérience, combien spectaculaires peuvent être ses effets.

L'idée est de montrer comment la pression atmosphérique, s'exerçant sur une aire très modeste, engendre une force capable de soulever un bloc d'acier de plusieurs kilogrammes et donc de s'opposer à un poids terrestre «important».

Cette démonstration relève de la manipulation rapide, en dehors de toute mesure précise, du baromètre qui fait l'objet principal de cette étude (voir § 3. page 11).

L'expérience nous a paru impressionnante et édifiante, même pour des observateurs réputés avertis.

Pour la description de cette expérience, nous renvoyons le lecteur au § 3. de la présente étude, pages 11 et suivantes.

Donnons dès à présent un aperçu des résultats:

- aire S soumise à la pression atmosphérique: 7,57 cm² environ;
- masse m de l'objet soulevé: 7,4 kg environ;
- poids mg de cet objet: 72,6 N environ.

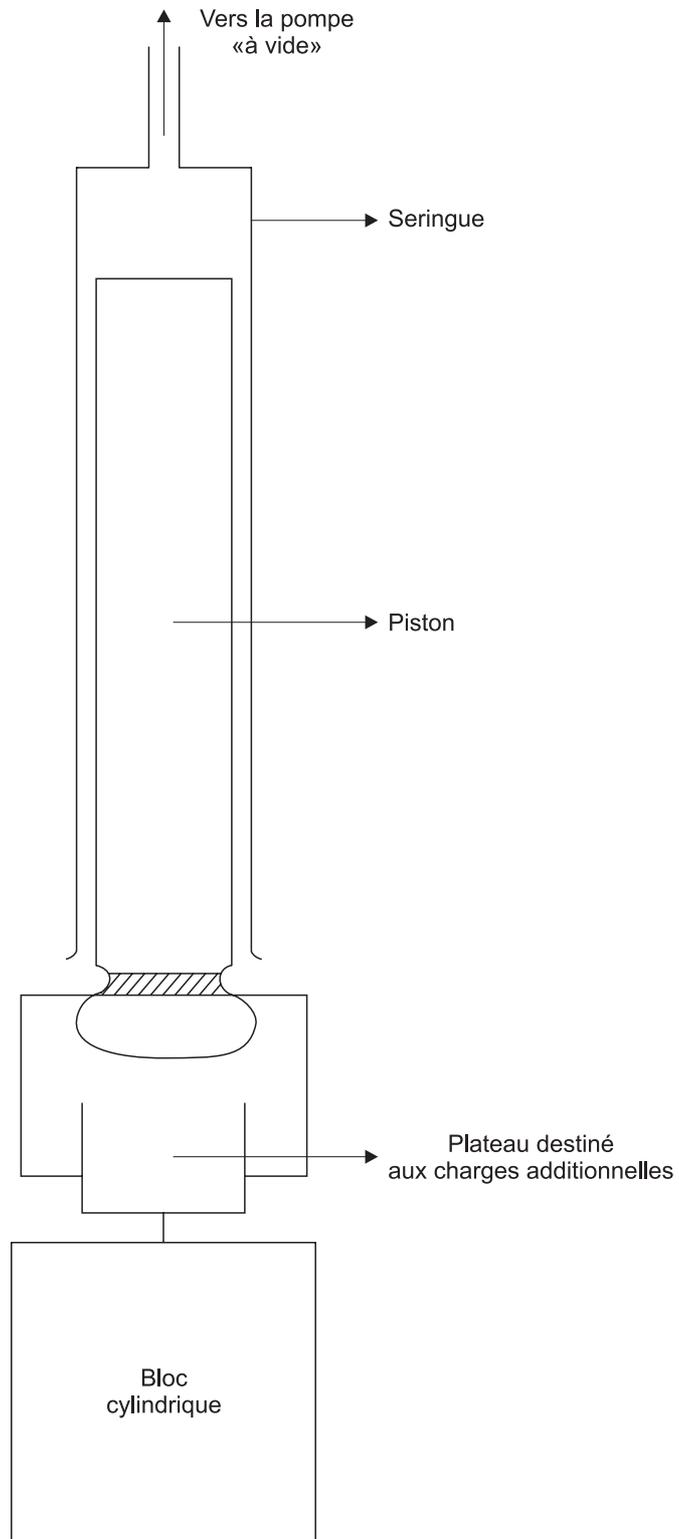
Estimation de la pression atmosphérique du moment à l'endroit de l'expérience:

$$p_{\text{atm.}} = \frac{mg}{S} = \frac{7,4 \cdot 9,81}{7,57 \cdot 10^{-6}} \approx 96\,000 \text{ Pa ou } 960 \text{ hPa}$$

Peut-être est-il alors opportun de montrer que la masse de l'objet soulevé peut probablement être augmentée sans que le piston descende et donc que la valeur trouvée ci-dessus est probablement trop faible (sauf conditions atmosphériques inhabituelles).

On peut aussi, à cette occasion, si on le désire, tenter de faire appel à la mémoire des pressions indiquées chaque jour aux bulletins météorologiques.

⁵ Si elles ne le sont pas, il faut en profiter immédiatement et utiliser le baromètre pour faire une mesure précise de la pression atmosphérique du moment. Les circonstances inhabituelles de la manipulation rendent alors celle-ci impressionnante, donc instructive.



3. Mesure plus précise d'une valeur instantanée de la pression atmosphérique en un lieu donné

Baromètre mécanique sans mercure

3.1. Description générale du montage et principe de son utilisation

Le corps d'une seringue à gaz (*kolbenprober*) est suspendu verticalement, tubulure d'injection vers le haut, le piston correspondant «tête» en bas (voir figures pages 10 et 12).

Une pompe à air (à «vide») fait, par l'intermédiaire d'un tuyau et de robinets, un vide aussi poussé que possible dans l'espace compris entre le fond de la seringue et le bout du piston.

Ce dernier, soumis à la pression atmosphérique sur une seule de ses faces de base, est donc poussé vers le haut.

Un bloc métallique, suspendu au piston, tente, par son poids, de ramener celui-ci vers le bas.

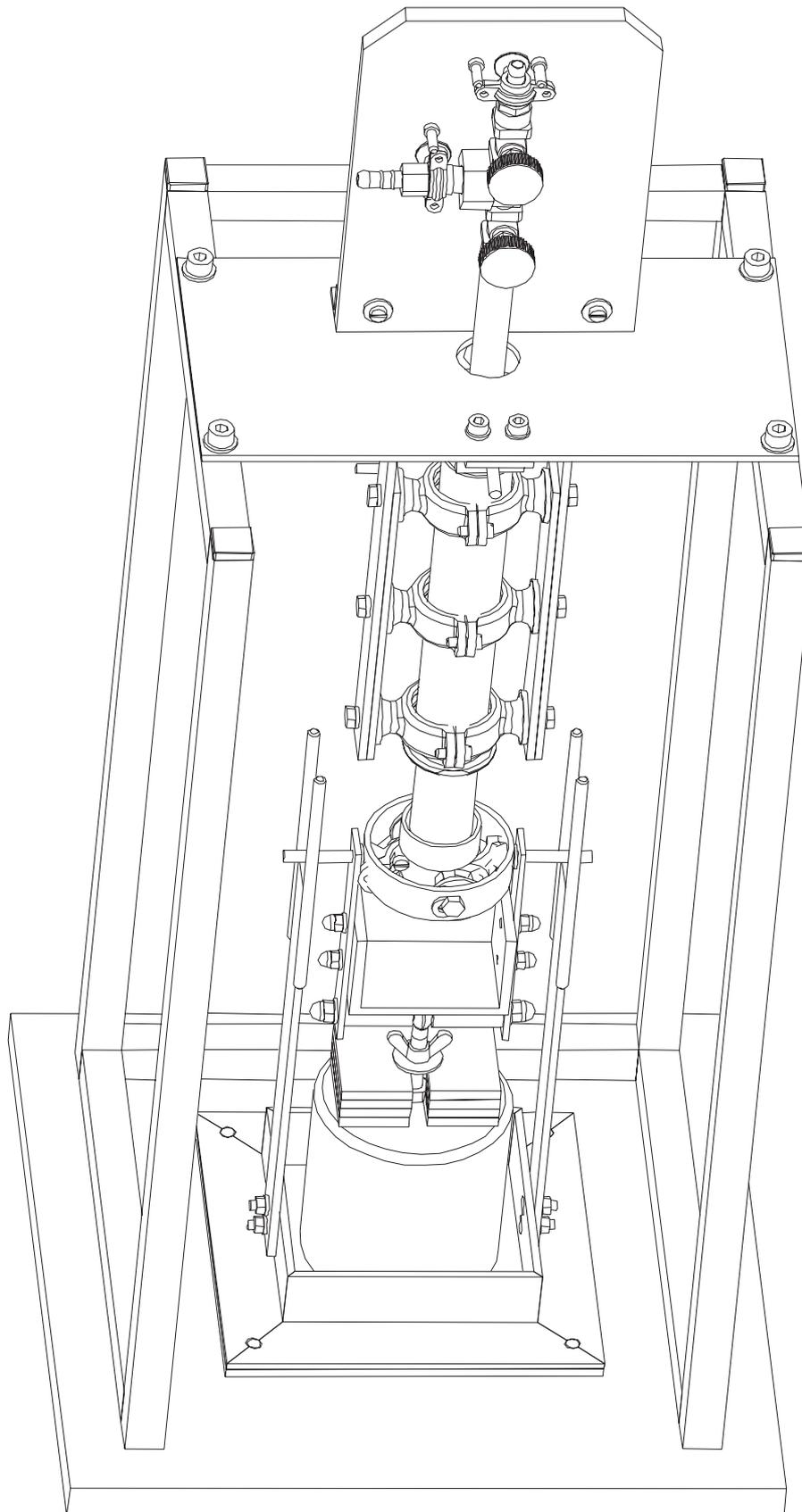
En ajustant la masse de ce bloc à sa valeur m compatible avec l'équilibre du piston, en déterminant le poids mg correspondant, ainsi que l'aire S d'une section droite du piston, on obtient les éléments nécessaires au calcul de la valeur instantanée de la pression qui pousse le piston vers le haut et donc (aux défauts du montage près) de la pression atmosphérique.

$$p_{\text{atm.}} = \frac{mg}{S}$$

Les éléments perturbateurs qui menacent la qualité des mesures sont:

- les frottements, coinçages, collages divers du piston dans le corps de la seringue;
- les défauts, certains inévitables (dans la conception actuelle du montage) qui influencent la qualité du vide qui doit régner dans la partie supérieure de la seringue;
- les bornes mises à la qualité des mesures par la disponibilité en appareils de mesure (des masses de blocs de 7 à 8 kg) des écoles et du Centre technique et pédagogique.

Le montage décrit dans les pages qui vont suivre a éliminé ces éléments perturbateurs, entièrement ou partiellement, ce après beaucoup d'avatars. Les précautions qui vont être signalées sont donc à respecter rigoureusement.



Baromètre sans mercure
Vue en perspective isométrique

3.2. Description détaillée du baromètre sans mercure n° MF 2150 12201

Il comprend:

1. Un chevalet métallique quadripode, placé sur un support carré en bois, muni de quatre pieds en caoutchouc (voir dessin, page 12).

La partie supérieure du chevalet porte une plaque rectangulaire, percée d'un orifice circulaire.

Deux tronçons de cornière en acier, fixés à la partie inférieure de cette plaque, servent de support au dispositif de maintien de la seringue *kolbenprober*.

2. Une suspension «à la Cardan», dont les cornières ci-dessus font partie intégrante.

Deux pièces métalliques en acier «plat», porteuses chacune de trois attaches semi-circulaires en matière plastique, servent de support au corps de la seringue *kolbenprober*.

Ce montage, en particulier la suspension «à la Cardan» permet au corps de la seringue de prendre une position parfaitement verticale, indispensable si l'on veut donner aux frottements (piston-seringue) une valeur minimale, seule acceptable.

3. Un corps de seringue *kolbenprober*, coincé dans les six attaches semi-circulaires, orifice pour piston vers le bas, tubulure d'injection vers le haut. Cette tubulure et le tuyau qui y est adapté passent par l'orifice de la plaque fixée au sommet du chevalet.

4. Le piston correspondant au corps de la seringue, inséré dans celui-ci.

La tête du piston porte, assujettie par deux attaches semi-circulaires, la partie centrale d'une autre suspension «à la Cardan».

5. Le reste de cette suspension, assujettie à la partie précédente.

Cette seconde partie supporte:

- deux supports en acier «plat», peints en rouge, dont les extrémités inférieures sont réunies par une tige horizontale, porteuse de deux entretoises en matière plastique rouge;
- un support en aluminium, en U, dont la fonction sera indiquée plus loin.

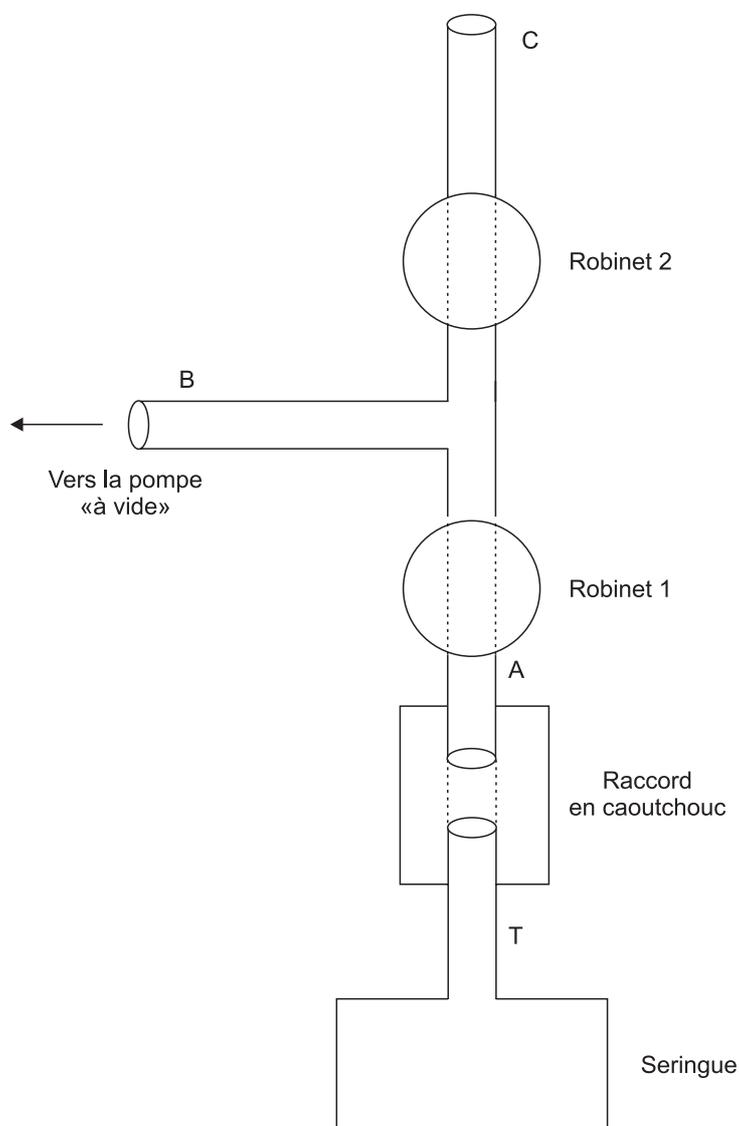
6. Un bloc cylindrique en acier de 7 kilogrammes environ, peint en rouge, qu'une tige métallique à œillet permet de relier à la tige horizontale citée ci-dessus en 5.

Le montage «à la Cardan» auquel ce bloc est suspendu et la totale symétrie de l'ensemble permettent à son axe de prendre, spontanément, une position rigoureusement verticale.

Nous avons déjà signalé l'importance de ces positions en ce qui concerne les frottements.

7. Quatre plaquettes en laiton, portant chacune un numéro et l'indication de sa masse (à 0,01 g près), peuvent être déposées sur la face supérieure du cylindre 6., de manière à augmenter la masse de l'ensemble suspendu au piston. Elles sont destinées à adapter le baromètre à l'altitude du lieu de mesure.

8. Une collerette métallique carrée, en cornière, fixée à la plaque de base en bois, est destinée à s'opposer à un glissement éventuel du bloc cylindrique lors d'un transport éventuel. Une plaque de caoutchouc est, en outre, interposée entre la collerette en question et la plaque de base en bois, destinée à amortir un choc éventuel. Dans le même esprit, un trou de 12 mm a été pratiqué au centre de la plaque de bois et un autre au centre de la plaque de caoutchouc. Ils permettent, après avoir soulevé l'ensemble du montage en laissant sa base horizontale et l'avoir placé sur deux cales, d'insérer un boulon qui se vissera dans un trou taraudé placé, à sa base, dans l'axe du bloc cylindrique. Ce dernier sera, ainsi, fermement maintenu lors d'un transport éventuel.
9. Deux supports verticaux en «fourchettes», fixés à la collerette dont il est question en 8., peuvent recueillir les deux tiges de la seconde suspension «à la Cardan» lorsque le montage est au repos.
10. Surmontant le chevalet métallique, support de la seringue *kolbenprober*, une plaque en bois porte un ensemble comportant trois tubulures et deux robinets, décrit par la figure suivante:



La tubulure C est ouverte à l'atmosphère. La tubulure B doit être reliée à la pompe «à vide».

Il est ainsi possible:

- en ouvrant les deux robinets d'établir la liaison générale A-B-C-atmosphère;
- en fermant alors le robinet 2, d'établir la liaison A-B entre la pompe à air («à vide») et la partie supérieure de la seringue, la branche C étant fermée;
- en ouvrant à nouveau le robinet 2, de permettre la rentrée de l'air atmosphérique dans le montage.

11. Le support de base en bois porte également deux tronçons de tube rectangulaire. Ils sont destinés à contenir des tronçons de barres métalliques, dont l'usage sera expliqué plus loin.

12. Des tronçons de barres métalliques:

- en acier: 15 pièces de masse approximative 50 g;
- en aluminium: 5 pièces de masse approximative 25 g;

13. Un récipient, fourni avec l'appareil, contient:

- 10 écrous de 8 mm, de masse approximative 5 g;
- 5 écrous de 6 mm, de masse approximative 2 g;

Ils serviront de petites charges additionnelles.

3.3. Description détaillée de l'ensemble du montage - Montage

3.3.1. Matériel nécessaire

1. Le baromètre décrit ci-dessus.

2. Une pompe «à vide».

Une pompe à palettes du type «pompe de Gaede» à un ou deux étages convient bien. On en trouve dans la plupart des écoles.

Elle doit être munie de la pièce qui permet de lui relier, dans les règles de l'art, un tuyau de caoutchouc «à vide».

3. Un tronçon de tuyau «à vide» de longueur telle qu'il puisse relier la pompe à la tubulure B du montage placé au sommet du chevalet.

3.3.2. Montage

1. Installer le baromètre, base bien horizontale, sur une table convenable⁶.
2. S'assurer que le boulon signalé au point 8. du § 3.2. a bien été enlevé.
3. Approcher la pompe «à vide» du baromètre, en pensant à la connexion nécessaire par le tuyau «à vide»⁷.
4. Réaliser la connexion pompe-tubulure B du montage placé au sommet du chevalet du baromètre.

Remarque

Les frottements, quels qu'ils soient, solides ou visqueux, sont les ennemis du montage. En particulier, il importe grandement de ne pas souiller, même seulement en la prenant entre les doigts, la surface rodée du piston. On risquerait ainsi d'introduire un frottement visqueux, qui, si faible soit-il, risquerait de perturber les mesures. De même, il importera de protéger le baromètre, entre autres son piston, contre les poussières (housse).

3.4. Mise en œuvre

**Estimation de l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique à l'endroit de l'expérience.
Sa mesure.**

3.4.1. Contrôle de la correction du montage

Vérifier:

- la libération du bloc cylindrique rouge (boulon sous le socle en bois);
- l'attache correcte du bloc cylindrique à la suspension «à la Cardan» inférieure;
- le serrage général (modeste) des boulons, en particulier des deux boulons qui maintiennent, près de la bague du cardan inférieur, les deux attaches semi-circulaires de la tête du piston;
- l'ouverture des robinets 1 et 2.

⁶ Le Centre technique et pédagogique peut fournir, sur commande, une table (roulante) adaptée au support définitif du baromètre.

⁷ Rappelons que le Centre technique et pédagogique peut fournir, sur commande, une table (roulante) adaptée au support des pompes «à vide» et de leurs accessoires.

3.4.2. Estimation de l'ordre de grandeur de la pression atmosphérique du moment

1. Fermer le robinet 1, isolant ainsi la seringue.

2. Mettre la pompe en marche.

3. Fermer le robinet 2.

On coupe ainsi la communication du montage avec l'atmosphère, laissant ainsi la pompe vider la tubulure B.

4. Ouvrir, **avec précaution**, le robinet 1.

Il est probable, au vu des dimensions de la seringue et du poids de l'ensemble qui y est suspendu, que, si les conditions atmosphériques sont habituelles, le bloc cylindrique rouge et son dispositif d'attache seront soulevés.

En effet il y a beaucoup de chances pour que, dans les conditions précitées, la force, qui résulte de la pression atmosphérique, appliquée au piston et orientée de bas en haut, dépasse en grandeur le poids du bloc cylindrique rouge et de son dispositif d'attache⁸.

On réalise ainsi l'estimation rapide citée au § 2. (page 9) du présent exposé.

Cette expérience, au vu des dimensions du bloc cylindrique et de la petitesse relative de la seringue, ne laisse pas d'être impressionnante et, nous semble-t-il, instructive.

On peut d'ailleurs, en se contentant des indications fournies avec l'appareil, en tirer, comme prévu, une première estimation de la grandeur de la pression atmosphérique du moment (données correspondant au prototype n° 2 du baromètre).

$$p_{\text{atm.}} = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$$

m: masse du piston, de l'équipage mobile et du bloc cylindrique rouge

$$m \approx 7,4 \text{ kg}$$

F: force verticale, dirigée de bas en haut, appliquée au piston, due à la pression atmosphérique

À l'équilibre, $F = mg$

$$F \approx 7,4 \cdot 9,81 \approx 72,59 \text{ N}$$

S: aire du piston

$$S = \pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$d = (31,04 \pm 0,01) \text{ mm}$$

$$S = 756,7 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$p_{\text{atm.}} = \frac{F}{S} = \frac{72,59}{756,7 \cdot 10^{-6}} = 95\,935 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{atm.}} \approx 96\,000 \text{ Pa ou } 960 \text{ hPa}$$

Rappelons la remarque faite au § 2. (page 9).

⁸ Si ce n'est pas le cas, enlever une ou plusieurs des plaquettes en laiton signalées au point 7., § 3.2. page 13.

3.4.3. Mesure précise d'une valeur instantanée de la pression atmosphérique à l'endroit où est installé le baromètre

1. Effectuer les opérations décrites aux § 3.4.1. et 3.4.2.

La pompe est donc en fonctionnement, le bloc cylindrique rouge est soulevé.

2. Déposer, un par un, dans la pièce d'aluminium en U citée au § 3.2.5., plusieurs des tronçons de barre d'acier (ou d'aluminium) placés dans les supports fixés à la planche de base et cités au point 12. du § 3.2.

Continuer jusqu'au moment où le piston commence à descendre, sollicité par son poids et par ceux:

- du bloc cylindrique;
- de ses charges additionnelles en laiton;
- du support de cet ensemble;
- des tronçons de barre métallique cités ci-dessus.

3. Enlever une des barres. Il est probable que le piston et tout l'équipage mobile vont remonter.

Si non, enlever une ou plusieurs autres barres.

4. Réaliser l'équilibre (délicat) entre la force F engendrée par la pression atmosphérique et le poids de l'équipage mobile en ajoutant, dans la pièce en U,

- soit les pièces fournies avec l'appareil, citées au point 12. du § 3.2. (en utilisant successivement acier et aluminium);
- soit les petits objets (écrous) cités au point 13. du § 3.2.

On amène ainsi le piston, et l'ensemble qui lui est suspendu, à un équilibre qui peut paraître un peu fluctuant.

Toutefois, si le matériel est en bon état, si la plaque de base est bien horizontale et stable et surtout si le piston et la seringue sont parfaitement propres, on arrive à passer de l'état quasi équilibre «montant» à l'état quasi équilibre «descendant» par l'ajout ou le retrait d'un objet dont la masse est de l'ordre du gramme (1 à 2 grammes).

Ceci correspond à une incertitude relative «de réglage» de l'ordre de $\frac{2}{7500}$, soit 0,026 %.

5. Calculer la valeur instantanée de la pression atmosphérique à l'endroit de l'expérience.

$$p_{\text{atm.}} = \frac{F}{S}$$

$p_{\text{atm.}}$: valeur instantanée de la pression atmosphérique

m : masse totale du piston et de l'ensemble qui y est suspendu (à l'équilibre)

F : force verticale, dirigée vers le haut, appliquée au piston, due à la pression atmosphérique

À l'équilibre: $F = mg$

S : aire d'une section droite du piston

◆ **Indications fournies avec chaque appareil (ici le prototype n° 2 du baromètre sans mercure)**

- Diamètre du piston (moyenne): $(31,04 \pm 0,01)$ mm ou $31,04 \cdot 10^{-3}$ m

- Masse m_0 de l'ensemble:

- piston;
- dispositif de suspension;
- bloc cylindrique rouge **à l'exclusion des plaquettes de laiton posées sur lui.**

L'ensemble a été pesé en une seule opération de manière à minimiser les incertitudes.

Compte tenu des moyens à disposition au Centre technique et pédagogique (qui fixent les incertitudes) on a, pour le prototype n° 2:

Masse m_0 :

- du piston;
- du dispositif de suspension (cardan inférieur);
- du bloc cylindrique rouge et de son dispositif de suspension.

$$m_0 = (6\,660 \pm 10) \text{ g}$$

- Masses des plaquettes de laiton additionnelles:

$$\text{n° 1: } m_1 = (183,89 \pm 0,01) \text{ g}$$

$$\text{n° 2: } m_2 = (184,50 \pm 0,01) \text{ g}$$

$$\text{n° 3: } m_3 = (184,01 \pm 0,01) \text{ g}$$

$$\text{n° 4: } m_4 = (183,98 \pm 0,01) \text{ g}$$

Rappelons que ces plaquettes sont destinées à adapter les baromètres aux altitudes des lieux d'utilisation.

À Frameries (altitude 67 m) nous avons utilisé les quatre plaquettes.

Les masses de tous les objets cités ci-dessus pourraient être déterminées par l'utilisateur.

Cependant, rappelons:

- qu'il s'agit de mesurer, avec une bonne précision, des masses qui sont de l'ordre de 7 à 8 kilogrammes. Il est peu probable que les écoles disposent du matériel adéquat. Celui qui était présent au Centre technique et pédagogique ne nous a d'ailleurs pas donné entière satisfaction;
- que la mesure en question demande un démontage et un remontage de l'appareil, opérations toujours peu recommandables.

Nous avons préféré fournir, avec chaque appareil, les indications nécessaires.

◆ **Quantité à mesurer par l'utilisateur**

Il convient de déterminer la masse m' totale des barres et autres objets déposés dans la pièce d'aluminium en U pour obtenir l'équilibre.

Pour minimiser les incertitudes, il convient de déterminer cette masse si possible en une seule fois, en tenant compte des performances des appareils dont on dispose.

Dans le cas de notre mesure, nous avons trouvé à Frameries (zoning industriel, altitude 67 m), le 26-10-2000 à 13 h 30:

$$m' = (350,88 \pm 0,01) \text{ g}$$

◆ **Quantités à calculer à partir des mesures ou des indications précédemment fournies**

- Aire du piston

$$S = \frac{\pi d^2}{4} \quad d = (31,04 \pm 0,01) \text{ mm}$$

$$S = \frac{\pi \cdot 31,04^2}{4} = 756,7 \text{ mm}^2$$

$$S = (756,7 \pm 0,5) \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

- Masse totale m du piston et des objets qui y sont suspendus

$$m = m_0 + (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) + m'$$

$$\begin{array}{r} m = \quad 6\,660 \quad \text{g} \\ \quad + \quad 183,89 \text{ g} \\ \quad + \quad 184,50 \text{ g} \\ \quad + \quad 184,01 \text{ g} \\ \quad + \quad 183,98 \text{ g} \\ \quad + \quad 350,88 \text{ g} \\ \hline \quad 7\,747,26 \text{ g} \end{array}$$

$$m = (7\,747 \pm 10) \cdot 10^{-3} \text{ kg} = (7,747 \pm 0,010) \text{ kg}$$

◆ **Calcul de la valeur de la pression atmosphérique à Frameries, le 26-10-2000 à 13 h 30:**

$$p_{\text{atm.}} = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S} = \frac{7,747 \cdot 9,81}{756,7 \cdot 10^{-6}} = 100\,441 \text{ Pa}$$

ou 1 004,4 hPa

◆ Incertitudes

$$p_{\text{atm.}} = \frac{F}{S} = \frac{mg}{S}$$

$$\frac{\Delta p}{p} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta S}{S}$$

$$= \frac{10}{7\,747} + \frac{0,01}{9,81} + \frac{0,5}{756,7} \approx 0,003$$

$$\Delta p_{\text{atm.}} = 1\,004,4 \times 0,003 \approx 3 \text{ h Pa}$$

À Frameries, le 26-10-2000 à 13 h 30:

$$p_{\text{atm.}} = (1\,004 \pm 3) \text{ hPa}$$

mesurée

L'incertitude «de réglage» de la masse pesante, d'environ 2 grammes, ne change pratiquement pas le résultat précédent.

Toutefois, il convient de tenir compte d'une incertitude systématique, due à la conception du montage, et de la traiter.

La qualité du «vide», dans l'espace compris entre l'extrémité du piston et le fond de la seringue n'est pas parfaite. Ce défaut, lié à un très léger passage d'air entre le piston et le corps de la seringue peut être attribué:

- au jeu normal qu'il est indispensable de laisser entre deux pièces dont l'une glisse dans l'autre «sur coussin d'air»;
- aux déformations que font subir au corps de la seringue les colliers de serrage et qui agissent sur le jeu précédent (**les colliers de serrage doivent, de ce fait, être serrés au minimum**).

Nous avons tenté d'améliorer les choses en introduisant, entre piston et corps de seringue, une huile extrêmement fluide.

Les frottements visqueux qui ont résulté de cette tentative ont rendu le réglage quasi impossible ou beaucoup plus aléatoire.

Nous nous sommes donc résignés, faute de renoncer à tout le montage et d'en concevoir un autre, à mesurer la pression résiduelle dans le fond de la seringue.

Elle vaut environ (moyenne des mesures faites sur dix montages): 2 hPa.

Il convient donc d'ajouter cette valeur à la valeur calculée plus haut.

Donc, à Frameries (altitude 67 m), le 26-10-2000 à 13 h 30, nous avons trouvé:

$$p_{\text{atm.}} = (1\,006 \pm 3) \text{ hPa}$$

Une station météo voisine⁹ (altitude 68 m), consultée, nous a indiqué, à la même heure:

$$p_{\text{atm.}} = 1\,008,0 \text{ hPa}$$

⁹ Il s'agit de la station météorologique de Chièvres, que nous remercions vivement. Nous avons, en effet, abusé de son obligeance en la sollicitant, à de nombreuses reprises, pour obtenir confirmation de nos mesures.

3.4.4. Remarques

1. On pourrait s'interroger, à propos des incertitudes qui affectent les mesures, sur l'opportunité, lors des mesures des masses (au moyen d'une «balance» automatique, qui mesure en fait des poids), de tenir compte de la poussée d'Archimède subie, dans l'air, par l'équipage mobile.

La grandeur de cette poussée étant de l'ordre du poids d'un objet de masse 1,3 g, elle n'importe guère, vis-à-vis du poids de l'équipage mobile (masse d'environ 7 500 g).

De toute façon, les considérations qui vont suivre montrent qu'il n'y a pas lieu d'en tenir compte.

Considérons par exemple le cylindre rouge seul.

- ◆ Lors de sa pesée, il est soumis:

- à son poids vrai \vec{G}_{vrai} ;
- à la force d'Archimède dans l'air $\vec{F}_{\text{Arch.}}$;
- à la réaction $\vec{G}_{\text{bal.}}$ de la balance.

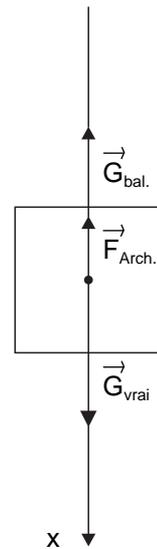
À l'équilibre:

$$\vec{G}_{\text{vrai}} + \vec{G}_{\text{bal.}} + \vec{F}_{\text{Arch.}} = \vec{0}$$

Projetant sur l'axe x:

$$G_{\text{vrai}} - G_{\text{bal.}} - F_{\text{Arch.}} = 0$$

$$G_{\text{vrai}} = G_{\text{bal.}} + F_{\text{Arch.}} \quad (1)$$



- ◆ Lorsqu'il est suspendu au piston de la seringue du baromètre, il est soumis:

- à son poids vrai \vec{G}_{vrai} ;
- à la force d'Archimède dans l'air $\vec{F}_{\text{Arch.}}$;
- à la force due à la pression atmosphérique $\vec{F}_{\text{atm.}}$.

À l'équilibre:

$$\vec{G}_{\text{vrai}} + \vec{F}_{\text{Arch.}} + \vec{F}_{\text{atm.}} = \vec{0}$$

Projetant sur l'axe x:

$$G_{\text{vrai}} - F_{\text{Arch.}} - F_{\text{atm.}} = 0$$

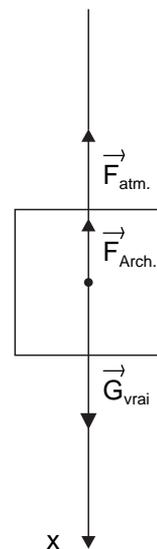
Ce qui nous intéresse est $F_{\text{atm.}}$.

$$F_{\text{atm.}} = G_{\text{vrai}} - F_{\text{Arch.}}$$

Or (1), $G_{\text{vrai}} = G_{\text{bal.}} + F_{\text{Arch.}}$.

D'où $F_{\text{atm.}} = G_{\text{bal.}} + F_{\text{Arch.}} - F_{\text{Arch.}}$.

$$F_{\text{atm.}} = G_{\text{bal.}}$$



2. La journée du lundi 30-10-2000 a été, en Europe du Nord-Ouest, une journée de forte tempête.

En mesurant la pression atmosphérique, toujours à Frameries, le mardi 31-10 à 10 h 05, nous avons trouvé:

$$(984 \pm 3) \text{ hPa}$$

La même station météo, consultée, nous a indiqué:

$$984,4 \text{ hPa}$$

La masse m' qu'il convenait d'ajouter dans la pièce en U était nettement plus petite (181 g au lieu de 351 g) ce qui rendait la chute de pression matériellement sensible (même sans mesure précise) à l'observateur.

3. Les quatre plaquettes de laiton, posées sur le cylindre rouge, permettent d'adapter le baromètre à l'altitude du lieu de l'utilisation.

Il convient en effet d'alléger l'équipage mobile lorsque la pression baisse.

La pièce d'aluminium en U étant vide de toute barre métallique, le baromètre pourra fonctionner sans les plaquettes à partir de $\frac{6,660 \cdot 9,81}{756,7 \cdot 10^{-6}} = 86\,341 \text{ Pa}$ soit environ 870 hPa, ce qui, pour la Belgique, est plus que suffisant.

4. Il ne nous paraît pas sans intérêt d'avoir une idée de l'ordre de grandeur des valeurs extrêmes que la pression atmosphérique a pu prendre au cours des années où cette pression a été mesurée et ses valeurs archivées.

◆ D'une manière générale

- à Agata (Sibérie), altitude 263 m, le 31-12-1968: 1 083,8 hPa (pression réduite au niveau de la mer);
- aux Philippines, typhon Joan le 13-10-1970: 870 hPa (réduite);
- au large de l'île de Guam, typhon du 12-10-1979: 870 hPa (réduite);
- au sommet dit «Dapsang» (alias K2) sommet du Karakoram, altitude 6 811 m: environ 300 hPa (non réduite évidemment).

- ◆ En Belgique

On consultera utilement la lettre¹⁰ dont copie ci-jointe:



Institut Royal Météorologique

Avenue Circulaire 3
B-1180 Bruxelles
tel 32 (0) 2 373 06 11
fax 32 (0) 2 375 12 59

Centre Technique et pédagogique
de l'Enseignement de la Communauté française
Route de Bavay, 70
B-7080 FRAMERIES

Bruxelles, le 23 février 2000

Monsieur,

Voici les renseignements demandés pour la pression observée à Uccle (altitude 100 m) au cours du 20^e siècle :

- Valeur maximale absolue : 1035 hPa (janvier 1932)
- Valeur minimale absolue : 944 hPa (février 1989)
- Ordre de grandeur des valeurs maximales journalières (dans 70% des cas environ)
 - en hiver : de 995 hPa à 1020 hPa
 - en été : de 1000 hPa à 1015 hPa
- Ordre de grandeur des valeurs minimales journalières (dans 70% des cas environ)
 - en hiver : de 985 hPa à 1015 hPa
 - en été : de 990 hPa à 1010 hPa

IRM
Services opérationnels et aux usagers

¹⁰ Ces renseignements nous ont été aimablement fournis par l'Institut royal météorologique de Belgique, Services opérationnels et aux usagers, que nous remercions vivement.

4. Quelques «montages», parmi bien d'autres

Il convient de rappeler à leur propos:

- la remarque 1.2.3. de la page 8;
- qu'ils ne fonctionneraient pas en l'absence de la pression atmosphérique.

Les «aspirateurs» domestiques ou industriels.

Les «ventouses», montées à l'avant des bouteurs adaptés au transport des grands panneaux vitrés.

Les pompes «aspirantes» et «aspirantes et foulantes». Rappelons que ce sont, avant toute chose, des pompes à air, appliquant peu ou prou la loi de Boyle-Mariotte.

L'équilibre des «liqueurs» dans les tubes de divers montages, dont les baromètres à liquide.

L'ascension des liquides dans les chalumeaux, où l'on abaisse la pression à la bouche.

Les siphons et la théorie de leur fonctionnement.

Les bonheurs de la pieuvre commune, «*octopus vulgaris*». Chacune de ses 120×8 ventouses a une structure qui rappelle celle de nos pompes «à vide» à piston. Lorsqu'une de ces ventouses est plaquée sur une surface lisse, elle participe à la confection d'un récipient clos dans lequel l'animal, s'il est bien disposé, peut abaisser la pression jusqu'à 200 hPa¹¹. Si la pression atmosphérique du moment est de l'ordre de 1 000 hPa, la pieuvre bénéficie donc, par cm² de ventouse, d'une force de «placage» de 8 N, due à la pression atmosphérique, ce qui, vu le nombre de ventouses, explique certaines de ses aptitudes.

La patelle (*Patella vulgaris*) fait moins bien (300 hPa environ).

¹¹ Déterminé par Charles Biguenet, spécialiste (en vacances) de la technique du vide. Rapporté par Robert Champeix (*Le vide*).

5. Témoignages et opinions

5.1. L'horreur du vide

- ◆ «... la tentative d'attribuer une figure à chacun des corps simples est irrationnelle, parce qu'**on n'arrivera pas à combler la totalité du lieu.**»

Aristote (– 384; – 322)
De Cœlo

- ◆ «Vous savez quel sentiment les philosophes ont eu sur ce sujet (le vide): tous ont tenu pour maxime que **la nature abhorre le vide;**...»

Lettre de Blaise Pascal
à son beau-frère Périer
1647

- ◆ François Rabelais: idées sur le mécanisme d'un coup de canon en 1533¹².

Comment Gaster inventoit art et moyen de non estre blessé ne touché par coups de canon.

«Dedans un faulconneau¹³ de bronze il (Gaster) mettoit sus la pouldre de canon curieusement composée, degressée de son soulfre, et proportionnée avec camphre fin, en quantité competente, une ballote de fer bien qualibrée, et vingt et quatre grains de dragée de fer, uns ronds et sphericques, autres en forme lachrymale.

Puis mettoit le feu on faulconneau par la bouche du pulverin. La pouldre consommée advenoit que **pour éviter vacuité (laquelle n'est tolérée en nature, plus toust seroit la machine de l'univers, ciel, air, terre, mer reduicte à l'antique chaos, qu'il advint vacuité en lieu du monde)** la ballote et dragées estoient impetueusement hors jettées par la gueule du faulconneau, afin que l'air penetrast en la chambre d'iceluy, laquelle autrement restoit en vacuité, estant la pouldre par le feu tant soudain consommée.»

François Rabelais
Le Gargantua et le Pantagruel
Le quart livre
Chapitre LXII

- ◆ «Que Rohaut¹⁴ vainement sèche pour concevoir
Comment tout étant plein, tout a pu se mouvoir.»

Nicolas Boileau Despréaux
Épître V
1674

¹² Année de la mise en vente du Pantagruel, à la foire de Lyon, le 3 novembre.

¹³ Petit canon, dit aussi huitième de couleuvrine.

¹⁴ Rohaut: cartésien fameux.

5.2. Le vide

Le traité de l'équilibre des liqueurs

Le traité de la pesanteur de la masse de l'air

Blaise Pascal (1623-1662)

Les traités ont été édités en 1663 par Florin Périer.

Auparavant, citons:

5.2.1. Les expériences nouvelles touchant le vide (1647)

◆ L'occasion

AU LECTEUR

Mon cher lecteur, quelques considérations m'empêchant de donner à présent un *Traité* entier où j'ai rapporté quantité d'expériences nouvelles que j'ai faites touchant le vide, et les conséquences que j'en ai tirées, j'ai voulu faire un récit des principales dans cet abrégé où vous verrez par avance le dessein de tout l'ouvrage.

L'occasion de ces expériences est telle: *Il y a environ quatre ans qu'en Italie on éprouva qu'un tuyau de verre de quatre pieds, dont un bout est ouvert et l'autre est scellé hermétiquement, étant rempli de vif-argent, puis l'ouverture bouchée avec le doigt ou autrement, et le tuyau disposé perpendiculairement à l'horizon, l'ouverture bouchée étant vers le bas, et plongée deux ou trois doigts dans d'autre vif-argent, contenu en un vaisseau moitié plein de vif-argent, et l'autre moitié d'eau; si on débouche l'ouverture demeurant toujours enfoncée dans le vif-argent du vaisseau, le vif-argent du tuyau descend en partie, laissant au haut du tuyau un espace vide en apparence, le bas du même tuyau demeurant plein du même vif-argent jusqu'à une certaine hauteur.*

◆ Abrégé de la conclusion dans laquelle «je donne mon sentiment»

Après avoir démontré qu'aucune des matières qui tombent sous nos sens, et dont nous avons connaissance, ne remplit cet espace vide en apparence, mon sentiment sera, jusqu'à ce qu'on m'ait montré l'existence de quelle matière qui le remplisse, qu'il est véritablement vide, et destitué de toute matière.

Blaise Pascal

Paris, le 8 octobre 1647

5.2.2. Le «vide» barométrique - La contradiction

Épître dédicatoire de l'ouvrage *Le plein du vide, ou le corps dont le vide apparent des expériences nouvelles est rempli.*

À Monseigneur le Prince de Conti.

Monseigneur,

La Nature est aujourd'hui accusée de vide, et j'entreprends de l'en justifier en la présence de Votre Altesse. Elle en avait bien auparavant été soupçonnée; mais personne n'avait encore eu la hardiesse de mettre des soupçons en fait, et de lui confronter les Sens et l'Expérience. Je fais voir ici son intégrité, et montre la fausseté des faits dont elle est chargée, et les impostures des témoins qu'on lui oppose. Si elle était connue de chacun comme elle est de Votre Altesse, à qui elle a découvert tous ses secrets, elle n'aurait été accusée de personne, et on se serait bien gardé de lui faire un procès sur de fausses dépositions, et sur des expériences mal reconnues et encore plus mal avérées. Elle espère, Monseigneur, que vous lui ferez justice de toutes ces calomnies. Et si, pour une plus entière justification, il est nécessaire qu'elle paye d'expérience, et qu'elle rende témoin pour témoin, alléguant l'esprit de Votre Altesse, qui remplit toutes ses parties, et qui pénètre les choses du monde les plus obscures et les plus cachées, il ne se trouvera personne, Monseigneur, qui ose assurer qu'au moins à l'égard de Votre Altesse il y ait du vide dans la nature. Cette raison ne laisse rien à faire à toutes les expériences produites et à produire; et je ne doute point que nos adversaires n'en demeurent d'accord avec moi, qui en suis aussi persuadé que personne, et qui, par cette persuasion universelle, ajoutée à mes devoirs particuliers, suis aussi parfaitement que nul autre, Monseigneur,

*de Votre Altesse,
le très humble, très obéissant et très obligé serviteur.*

Estienne Noël
Recteur du Collège de Clermont à Paris
1648

5.2.3. L'expérience du Puy-de-Dôme

Récit de la grande expérience de l'équilibre des liqueurs projetée par Blaise Pascal le 15 novembre 1647 et exécutée par Florin Périer, son beau-frère, le 19 septembre 1648.

RELATION DE L'EXPÉRIENCE FAITE PAR MONSIEUR PÉRIER

La journée de samedi dernier 19 de ce mois fut fort inconstante; néanmoins, le temps paraissant assez beau sur les cinq heures du matin, et le sommet du Puy-de-Dôme se montrant à découvert, je me résolus d'y aller pour y faire l'expérience. Pour cet effet, j'en donnai avis à plusieurs personnes de condition de cette ville de Clermont, qui m'avaient prié de les avertir du jour que j'irais, dont quelques-unes sont ecclésiastiques et les autres séculières: entre les ecclésiastiques étaient le T.R.P. Bannier, l'un des Pères Minimes de cette ville, qui a été plusieurs fois correcteur, c'est-à-dire supérieur, et M. Mosnier, chanoine de l'église cathédrale de cette ville; et entre les séculiers MM. la Ville et Begon, conseillers en la Cour des Aides, et M. la Porte, docteur en médecine et la professant ici, toutes personnes très capables, non seulement en leurs charges, mais encore dans toutes les belles connaissances, avec lesquelles je fus ravi d'exécuter cette belle partie. Nous fûmes donc ce jour-là tous ensemble sur les huit heures du matin dans le jardin des Pères Minimes, qui est presque le plus bas lieu de la ville, où fut commencée l'expérience en cette sorte.

Premièrement, je versai dans un vaisseau seize livres de vif-argent, que j'avais rectifié durant les trois jours précédents; et ayant pris deux tuyaux de verre de pareille grosseur, et longs de quatre pieds chacun, scellés hermétiquement par un bout et ouverts par l'autre, je fis, en chacun de ceux-ci, l'expérience ordinaire du vide dans ce même vaisseau, et ayant approché et joint les deux tuyaux l'un contre l'autre, sans les tirer hors de leur vaisseau, il se trouva que le vif-argent qui était resté en chacun d'eux était à même niveau, et qu'il y en avait en chacun d'eux, au-dessus de la superficie de celui du vaisseau, vingt-six pouces trois lignes et demie. Je refis cette expérience dans ce même lieu, dans les deux mêmes tuyaux, avec le même vif-argent et dans le même vaisseau deux autres fois, il se trouva toujours que le vif-argent des deux tuyaux était à même niveau et en la même hauteur que la première fois.

Cela fait, j'arrêtai à demeure l'un de ces deux tuyaux sur son vaisseau en expérience continuelle. Je marquai au verre la hauteur du vif-argent, et, ayant laissé ce tuyau en sa même place, je priai le R.P. Chastin, l'un des religieux de la maison, homme aussi pieux que capable, et qui raisonne très bien en ces matières, de prendre la peine d'y observer, de moment en moment, pendant toute la journée, s'il y arriverait du changement. Et avec l'autre tuyau, et une partie de ce même vif-argent, je fus, avec tous ces Messieurs, faire les mêmes expériences au haut du Puy-de-Dôme, élevé au-dessus des Minimes environ de cinq cents toises, où il se trouva qu'il ne resta plus dans ce tuyau que la hauteur de vingt-trois pouces deux lignes de vif-argent, au lieu qu'il s'en était trouvé aux Minimes, dans ce même tuyau, la hauteur de vingt-six pouces trois lignes et demie, et ainsi, entre les hauteurs du vif-argent de ces deux expériences, il y eut trois pouces une ligne et demie de différence: ce qui nous ravit tous d'admiration et d'étonnement, et nous surprit de telle sorte, que, pour notre satisfaction propre, nous voulûmes la répéter. C'est pourquoi je la fis encore cinq autres fois très exactement, en divers endroits du sommet de la montagne, tantôt à couvert dans la petite chapelle qui y est, tantôt à découvert, tantôt à l'abri, tantôt au vent, tantôt au beau temps, tantôt pendant la pluie et les brouillards qui nous y venaient voir parfois, ayant à chaque fois purgé soigneusement d'air le tuyau; il s'est toujours trouvé la même hauteur de vif-argent de vingt-trois pouces deux lignes, qui font les trois pouces une ligne et demie de différence d'avec les vingt-six pouces trois lignes et demie qui s'étaient trouvés aux Minimes. Ce qui nous satisfit pleinement.

Après, en descendant la montagne, je refis en chemin la même expérience, toujours avec le même tuyau, le même vif-argent et le même vaisseau, en un lieu appelé *La Font de l'Arbre*, beaucoup au-dessus des Minimes, mais beaucoup plus au-dessous du sommet de la montagne; et là je trouvai que la hauteur du vif-argent resté dans le tuyau était de vingt-cinq pouces. Je la refis une seconde fois en ce même lieu, et ledit sieur Mosnier, un des ci-devant nommés, eut la curiosité de la faire lui-même: il la fit donc aussi en ce même lieu, et il se trouva toujours la même hauteur de vingt-cinq pouces, qui est moindre que celle qui s'était trouvée aux Minimes, d'un pouce trois lignes et demie, et plus grande que celle que nous venions de trouver au haut du Puy-de-Dôme d'un pouce dix lignes et demie ce qui n'augmentait pas peu notre satisfaction, voyant la hauteur du vif-argent se diminuer suivant la hauteur des lieux.

Enfin, étant revenus aux Minimes, j'y trouvai le vaisseau que j'avais laissé en expérience continue, en la même hauteur où je l'avais laissé, de vingt-six pouces trois lignes et demie, à laquelle hauteur le R.P. Chastin, qui y était demeuré pour l'observation, nous rapporta n'être arrivé aucun changement pendant toute la journée, quoique le temps eût été fort inconstant, tantôt serein, tantôt pluvieux, tantôt plein de brouillard, et tantôt venteux.

J'y refis l'expérience avec le tuyau que j'avais porté au Puy-de-Dôme, et dans le vaisseau où était le tuyau en expérience continue; je trouvai que le vif-argent était en même niveau, dans ces deux tuyaux, et à la même hauteur de vingt-six pouces trois lignes et demie, comme il s'était trouvé le matin dans ce même tuyau, et comme il était demeuré durant tout le jour dans le tuyau en expérience continue.

Je la répétai encore pour la dernière fois, non seulement dans le même tuyau où je l'avais faite sur le Puy-de-Dôme, mais encore avec le même vif-argent et dans le même vaisseau que j'y avais porté, et je trouvai toujours le vif-argent à la même hauteur de vingt-six pouces trois lignes et demie, qui s'y était trouvée le matin. Ce qui nous acheva de continuer dans la certitude de l'expérience.

Le lendemain, le T.R.P. de la Mare, prêtre de l'Oratoire et Théologal de l'église cathédrale, qui avait été présent à ce qui s'était passé le matin du jour précédent dans le jardin des Minimes, et à qui j'avais rapporté ce qui était arrivé au Puy-de-Dôme, me proposa de faire la même expérience au pied et sur le haut de la plus haute des tours de Notre-Dame de Clermont, pour éprouver s'il y arriverait de la différence. Pour satisfaire à la curiosité d'un homme de si grand mérite, et qui a donné à toute la France des preuves de sa capacité, je fis le même jour l'expérience ordinaire du vide, en une maison particulière qui est au plus haut lieu de la ville, élevé par-dessus le jardin des Minimes de six ou sept toises, et à niveau du pied de la tour: nous y trouvâmes le vif-argent à la hauteur d'environ vingt-six pouces trois lignes, qui est moindre que celle qui s'était trouvée aux Minimes d'environ une demi-ligne.

Ensuite je la fis sur le haut de la même tour, élevée par-dessus son pied de vingt toises, et par-dessus le jardin des Minimes d'environ vingt-six ou vingt-sept toises; j'y trouvai le vif-argent à la hauteur d'environ vingt-six pouces une ligne, qui est moindre que celle qui s'était trouvée au pied de la tour d'environ deux lignes, et que celle qui s'était trouvée aux Minimes d'environ deux lignes et demie.

De sorte que, pour reprendre et comparer ensemble les différentes élévations des lieux, où les expériences ont été faites, avec les diverses hauteurs du vif-argent qui est resté dans les tuyaux, il se trouve:

Qu'en l'expérience faite au plus bas lieu, le vif-argent restait à la hauteur de vingt-six pouces trois lignes et demie.

En celle qui a été faite en un lieu élevé au-dessus du plus bas d'environ vingt-sept toises, le vif-argent s'est trouvé à la hauteur de vingt-six pouces une ligne.

En celle qui a été faite en un lieu élevé au-dessus du plus bas d'environ cent cinquante toises, le vif-argent s'est trouvé à la hauteur de vingt-cinq pouces.

En celle qui a été faite en un lieu élevé au-dessus du plus bas d'environ cinq cents toises, le vif-argent s'est trouvé à la hauteur de vingt-trois pouces deux lignes.

Et partant il se trouve qu'environ sept toises d'élévation donnent de différence en la hauteur du vif-argent: une demi-ligne.

Environ vingt-sept toises: deux lignes et demie.

Environ cent cinquante toises: quinze lignes et demie, qui font un pouce trois lignes et demie.

Et environ cinq cents toises: trente-sept lignes et demie, qui font trois pouces une ligne et demie.

Voilà au vrai tout ce qui s'est passé en cette expérience, dont tous ces Messieurs qui y ont assisté, vous signeront la relation quand vous le désirerez.

Au reste, j'ai à vous dire que les hauteurs du vif-argent ont été prises fort exactement; mais celles des lieux où les expériences ont été faites, l'ont été bien moins.

Si j'avais eu assez de loisir et de commodité, je les aurais mesurées avec plus de précision, et j'aurais même marqué des endroits en la montagne de cent en cent toises, en chacun desquels j'aurais fait l'expérience, et marqué les différences qui se seraient trouvées à la hauteur du vif-argent en chacune de ces stations, pour vous donner au juste la différence qu'auraient produite les premières cent toises, celle qu'auraient donnée les secondes cent toises, et ainsi des autres; ce qui pourrait servir pour en dresser une table, dans la continuation de laquelle ceux qui voudraient se donner la peine de le faire pourraient peut-être arriver à la parfaite connaissance de la juste grandeur du diamètre de toute la sphère de l'air.

Je ne désespère pas de vous envoyer quelque jour ces différences de cent en cent toises, autant pour notre satisfaction que pour l'utilité que le public en pourra recevoir.

Si vous trouvez quelques obscurités dans ce récit, je pourrai vous en éclaircir de vive voix dans peu de jours, étant sur le point de faire un petit voyage à Paris, où je vous assurerai que je suis,

Monsieur,

Votre très humble et très affectionné serviteur,

PÉRIER.

De Clermont, ce 22 septembre 1648.

5.2.4. La technique et les applications

Le «show» de Magdebourg.

En octobre 1663, Balthazar de Monconys, conseiller du roi de France, voyage en Allemagne.

IOURNAL DES VOYAGES DE MONSIEVR DE MONCONYS

Conseiller du Roy en ses Conseils d'Etat & Priué,
& Lieutenant Criminel au Siege Presidial de Lyon.

*Où les Sçauants trouueront vn nombre infini de nouueautez,
en Machines de Mathematique, Experiences Physiques,
Raisonnemens de la belle Philosophie, curiositez de Chymie,
& conuersations des Illustres de ce Siecle;*

Outre la description de diuers Animaux & Plantes rares, plusieurs
Secrets inconnus pour le Plaisir & la Santé, les Ouurages des Peintres
fameux, les Coûtumes & Mœurs des Nations, & ce qu'il y a de plus
digne de la connoissance d'un honeste Homme dans les trois Parties
du Monde.

Enrichi de quantité de Figures en Taille-douce des lieux & des choses principales,

Auec des Indices tres-exacts & tres-commodes pour l'vsage.

Publié par le Sieur de LIERGVES son Fils.

Le 22 octobre 1663, il rend visite à M. Otoh Gerike¹⁴, bourgue-maitre de Magdebourg.
Là, démonstrations à grand spectacle:

Voyage d'Allemagne

Je vis vne infinité de vases, pour demontrer la force elastique de l'air, comme *Fig. 47.*
deux hemisphères de cuire, desquels l'air estant osté, trente chevaux ne les pou- *Fig. 48.*
uoit pas separer. Vn autre, au bas duquel il y auoit de l'eau, & plusieurs petits *Vases*
tuyaux qui enfonçoient dans cette eau, par lesquels ayant fait entrer de l'air, en *pneuma-*
tournant les robinets, l'air s'introduisoit dans ce vase passant au trauers de l'eau, *tiques de*
& quand l'espace qui estoit au dessus de l'eau commençoit à estre tout a fait rem- *M. Geri-*
pli, l'air faisoit vn extremsme bruit, l'on introduisoit de l'eau dans ce vase par vn *ke.*
siphon, dont vn bout se plongeoit à bas dans vn seau d'eau & l'autre dans l'o-
rifice d'vn des canaux, qui entroient dans la capacité du vaisseau par son col, le
tout bien garny de bons robinets: il auoit aussi vn autre globe suspendu en l'air
le col en bas, d'où l'on auoit attiré l'air, auquel appliquant vne bouteille de verre
quarrée, & ouurant le robinet, elle se rompoit, & si la bouteille estoit ronde elle
ne rompoit pas, & y mettant la main elle s'introduisoit fortement dedans, & par
cét instrument, qui estoit pendu à vn bras de balance, il pese l'air. Il fait aussi par
cét instrument, l'experieence, que luy applicant vn autre vaisseau plain d'air, &
tournant le robinet du vaisseau qui est vuide, à mesure que l'air du plein, entre
avec violence dans le vuide, il se forme beaucoup de vapeurs dans celuy qui
estoit plein, d'où il conclud que lorsque les vents se formēt, c'est que l'air se rarefie
en haut où il laisse les parties aqueuses, qui estoient mêlées avec luy, lesquelles
se reünissant formoient les nuées. Il fait l'experieence du vuide par la seule eau, &
ce par vn canal de verre sellé hermetiquement par vn bout, lequel il introduit dās
vn long Alambic, & le cimente bien par le col, afin qu'il n'y entre point d'air,
que par vn tuyau qu'il y a au couuercle, avec vn robinet; puis il tire tout l'air de *Nouvelle.*
cét instrument, & apres il y fait entrer suffisamment de l'eau, pour surpasser l'o- *experien-*
rifice du canal, de quatre doigts; alors ayant bien fermé le robinet il incline *ce du vui-*
l'instrument, & tout le canal se remplit d'eau: puis il abbaisse l'instrument, en *de.*
sorte que le canal est presque dressé perpendiculairement, & toujours plein d'eau
& son bout ouuert, enfoncé de quatre doigts dans l'eau, en sorte qu'il n'y peut
entrer aucun air: neantmoins dans ce mesme instant qu'il vient au parfait per-
pendicule; ce canal plein d'eau se vuide tout; par où il pretend de mieux demon-

¹⁴ Anobli en 1666, devenant Otto de (von) Guericke.

Octob. 1663. *Attractions.* *Thermometre curieux.*

trer le vuide, que par l'experience de Torricelly. Il tient que la terre attire continuellement toutes choses à elle, & pour le demontrer, il a vn globe de demy pied de diametre fait à ce qu'il me dit de neuf mineraux, il est iaunâtre, & comme du ciment fort poly, lequel estant vn peu frotté, il attire de petites scüilles, de certains legumes, & des plumes de duets; & ce qui est de plaisant, c'est qu'il attire ces plumes, puis il les laisse retomber, puis il les retire & les laisse retomber; & cela continuellement & sans fin; il demontre encor l'effet de l'attraction de la Lune par la Terre, & de l'opposition de la mesme face, par vn plus petit globe, de mesme matiere, qui conduit dans l'air ce duuet toujours de mesme distance, en quelle part qu'il veut, & toujours le mesme costé du duuet tourne contre ce globe; mais si tost qu'on approche vn filet de ce duuet, il se va ioindre au globe, & ne s'en scpare plus, y demeurant comme mort, & tout ioint en peloton. Il me dit que lors qu'il conduit ce duuet proche d'vne lumiere, quoyqu'il fasse, il ne s'en approche iamais assez pour estre brûlé; au contraire il se va ioindre au globe. Il a aussi vn Thermometre particulier d'vn petit homme de bois mis dans vn tuyau de verre vuide dont partie est enfermée dans vne beëtte, qui empêche de voir s'il y a quelque liqueur dedans, il me dit pourtant qu'il n'y en auoit aucune, & tout l'artifice consiste en la matiere, qui soutient la figure de bois, laquelle glisse librement dans le tuyau, & fait hausser cette figure par dessus vn cercle peint au dehors, lors qu'il doit faire beau temps, & quand il doit pleuvoir, comme il faisoit ce iour là, la figure (ou la main qui sert d'indice) descend au dessous au bas du cercle, où il y a plusieurs points marquez, & lors qu'il doit faire de grands vents, elle descend iusques aux plus bas points.

Il me montra le liure d'vn Iesuïte intitulé, *Gaspari Scoti Mechanica Hydraulipneumatica*, à la fin duquel est vn traité du dit Sieur Hoto Gerike.

Malheureusement, ce soir-là:

Nous fûmes cherement, & fîmes meschante chere, & mauuais vin & meschante biere.

Mais le 23:

L'aprèsdiné nous fîmes 3. milles par vn semblable pais que le matin, & arriuasmes apres soleil couché, à Kolten, petite ville, située dans la principauté d'Hanalt; nous fîmes bonne chere d'vne oye grise, & quelques poissons, mais il n'y eut qu'vn lit.

5.3. Cartésiens et newtoniens

Quand les académiciens (de l'Académie des sciences de France) apprirent qu'un Anglais avait le front de rétablir l'existence du vide contre le «plein» cartésien, et de substituer l'attraction mutuelle des corps à l'impulsion comme explication du mouvement, ils se crurent revenus cinquante ans en arrière...

Tous se mobilisèrent pour l'honneur de la France, de Descartes et de la science qui, à leurs yeux, ne faisaient qu'un.

Élisabeth Badinter
Les passions intellectuelles
Tome I, *Désirs de gloire*, 1999