

**Lois des gaz: intégrer plus efficacement les expériences dans les cours.**

Anbergen Bernadette et Moreau Francis,



Le but des “travaux pratiques” est d’inciter les élèves à développer leur propre apprentissage: comprendre en observant et en analysant.

“Il n’y a pas de matériel dans mon école”, “ma classe n’est pas prévue pour réaliser des expériences”, ne sont pas des excuses pour ne pas faire travailler les élèves de façon pratique.

Comment pouvons-nous introduire une expérience simple dans un cours de telle sorte que l’apprentissage et la compréhension de la théorie soient étayées de façon efficace?

1. Susciter l’intérêt pour le sujet.

Stimuler les élèves à la construction d’un raisonnement logique.

Utiliser une seringue de 60 ml. Tirer le piston à moitié. Eventuellement utiliser un bouchon (par exemple le raccord entre une seringue et un Baxter.)

Question: *Comment faire varier le volume d’air dans la seringue?*

Réponse: .....  
.....  
.....  
.....

Laisser quelques minutes aux élèves pour répondre. Noter les suggestions au tableau.

2. Clarifier le sujet.

Modifier un paramètre à la fois!

a. Le volume est fonction de la pression.

Découvert par Boyle (1662) et complété par Mariotte (1670).

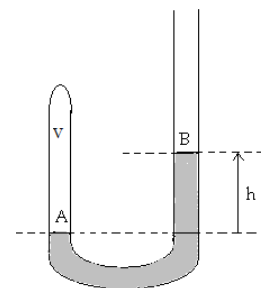
Comment Boyle s’y est-il pris?

Dans un tube en forme de J, Boyle a versé du mercure ; il a ensuite emprisonné de l’air en fermant la partie la plus courte du tube. Ensuite, il a versé petit à petit du mercure dans le long tube.

Plus il y avait de mercure, plus la pression exercée sur le mercure est élevée et plus le volume V d’air diminué.

$$P = p_{atm} + \rho gh$$

Il détermine que  $p.V=cte$



L’utilisation du mercure dans les classes est interdit. Il faut environ 13 fois plus d’eau pour réaliser cette expérience. Comment pourrions-nous alors réaliser une expérience où la variation de pression serait mesurée de cette façon ? En faisant de la plongée!

(La pression hydrostatique augmente avec la profondeur...)

Un plongeur a utilisé une seringue fermée, dans laquelle il a emprisonné de l'air. Il a réalisé des photos à différentes profondeurs en mer, non loin de l'Espagne.  
(NB: température extérieure: +/- 23°C; à 30 m de profondeur, température: +/- 18°C)

voir site web:

<http://www.scienceonstage.be/Scienceonstagefr/didactique/expériences/physique> sous "loi de Boyle en Mariotte", Dans la rubrique « physique »:

Regarder les 7 photos. Déterminer le volume d'air dans la seringue; calculer la pression exercée sur le piston (et donc sur l'air dans la seringue). Tirer les conclusions.

Faire un graphique. Discuter les résultats. (N'y a-t-il qu'un seul paramètre qui a changé?)

b. Le volume dépend de la température.

Découvert par Gay-Lussac (1802): "Entre 0°C et 100°C, tous les gaz se dilatent de la même façon si ils sont soumis à la même pression, en étant soumis à la même variation de température. Pour 100 unités de volume à 0°C, le volume se dilate à 137 unités à 100 °C"

\* Glisser sur le goulot d'une bouteille de verre (environ 1 litre) un ballon de baudruche raplati Plonger la bouteille dans un seau d'eau bien chaude.

Note les observations.

Après un court instant, le ballon se gonfle.

\*Placer un bouchon muni d'un trou sur une bouteille de verre (1/4 litre) et glisser au travers du bouchon un tuyau en plastique de 2 m, à moitié rempli avec de l'eau colorée, ou

\*Utiliser une seringue de 60 ml, fixée au tuyau d'un Baxter de 2 m. (Couper le goulot à goulot). Remplir le tuyau à moitié avec de l'eau colorée.

Plonger la seringue (ou la bouteille) dans un récipient avec de l'eau chaude.

Le dénivelé de l'eau dans le tuyau doit rester le même. (Pourquoi ?)

Que va-t-il se passer?

Cette expérience peut être réalisée à différentes températures (de l'eau); éventuellement faites réaliser ceci par différents groupes d'élèves dans la classe. Rassemblez les résultats des différents groupes et réalisez un graphique. Vous pouvez aussi calculer le coefficient de dilatation de l'air, en mesurant le déplacement de la colonne d'eau colorée. Le diamètre intérieur du tuyau est égal à 3 mm. ( $\Delta V = V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta \theta$ )

c. La pression dépend de la température.

Découvert par Charles (1787), mais formulée par Gay-Lussac.

Utiliser une seringue de 60 ml, fixée au tuyau d'un Baxter de 2 m. (Couper le goulot à goulot). Remplir le tuyau à moitié avec de l'eau colorée.

Plonger la seringue (ou la bouteille) dans un récipient avec de l'eau chaude.

Du côté de la seringue, le niveau de l'eau doit toujours rester à la même place.

Que faut-il faire alors avec l'autre côté du tuyau?

Mesurer la différence de hauteur d'eau. Calculer la pression hydrostatique correspondant à la variation de pression dans la seringue

Cette expérience peut être réalisée à différentes températures (de l'eau); éventuellement

faites réaliser ceci par différents groupes d'élèves dans la classe. Rassemblez les résultats des différents groupes et réalisez un graphique. Vous pouvez aussi calculer le coefficient de variation de pression de l'air, ( $\Delta p = p_0 \cdot \beta \cdot \Delta \theta$ ).

d. Le volume dépend de la quantité de gaz.

Il y a plusieurs façons de montrer ceci:

*Relier, à température ambiante et sous pression atmosphérique, 2 seringues, contenant chacune un peu d'air (par exemple 30 ml pour l'une et 20 ml pour l'autre). Pousse sur le piston de l'une des seringues. L'air se déplace dans l'autre seringue et le volume total sera égal à 50 ml. La température et la pression sont restées les mêmes.*

3. Applications

a. La pression atmosphérique existe!

Utilise les hémisphères de Magdebourg, une petite pompe permettant de retirer l'air dans les bouteilles de vin (= "pompe vacuvin", en vente dans les magasins de matériel de cuisine pour +/- 10 €) muni des bouchons adéquats. Selon le modèle des hémisphères, regarde comment fixer le bouchon sur l'hémisphère, par exemple en utilisant un tuyau en caoutchouc épais (tuyau à gaz) ou le raccord des hémisphères à la pompe à vide du labo.)



*Placer les 2 demi sphères l'un sur l'autre. Aspirer l'air au moyen de la pompe, (pomper au moins 20 à 30 fois ; on doit sentir que cela devient difficile).*

*Essayer de séparer les hémisphères...*

Expliquer ce qui s'est passé.

(La quantité d'air diminue, donc la pression diminue dans la sphère, ...)

b. La pression atmosphérique dépend de l'altitude.

Quand on part en vacances en montagne, on voit souvent dans les alimentations que les emballages de nourriture sous atmosphère modifiée (MAP) sont gonflés. Ceci est encore plus visible lorsqu'on prend en promenade en altitude, un paquet de chips.



Emporter aussi une bouteille PET en altitude (boire le contenu de la bouteille... utiliser la bouteille vide). Fermer la bouteille et la ramener à la maison.

On peut aussi réaliser une petite expérience en demandant à une personne qui part en montagne en différentes altitudes d'emporter des seringues avec bouchons adaptés. Il doit tirer sur le piston jusqu'à 60 ml, puis placer le bouchon, indiquer l'altitude sur la seringue et ramener le tout à la maison.

Regarder comment le volume varie. Plus l'altitude est élevée plus le volume diminuera.

Expliquer pourquoi!

Eventuellement, calculer la pression atmosphérique en différentes altitudes.

c. Un œuf dans une bouteille.

Cette expérience bien connue n'est pas souvent réalisée convenablement (Utilisation d'une allumette brûlante, qu'on jette dans la bouteille). D'autre part, lorsque l'œuf tombe dans le fond de la bouteille, il explose, la bouteille est sale et c'est du gaspillage de nourriture....

L'expérience suivante est réutilisable.

utiliser une bouteille de verre avec une large ouverture (comme les bouteilles de sauce tomate Panzani), Prendre un bouchon de bouteille de boisson (genre aquarius) que l'on peut ouvrir et fermer, un ballon de baudruche et de l'eau très chaude.

Placer le ballon sur le bouchon et maintiens-le au-dessus de la bouteille. Gonfler le ballon pour que l'ouverture de la bouteille soit juste fermée ; ferme le bouchon aquarius. (Eventuellement, fixer une petite ficelle sur le bouchon)

verser de l'eau très chaude dans la bouteille et secouer afin de la réchauffer ; jeter l'eau. Placer le ballon gonflé sur l'ouverture.

verser de l'eau froide sur la bouteille pour la refroidir. La pression diminue et le ballon est poussé dans la bouteille car la pression atmosphérique est plus grande que la pression dans la bouteille.

Attraper le bouchon au moyen de la ficelle, dégonfler le ballon et recommencer.



d. En avion mes oreilles me font mal.

Fixer au moyen d'un élastique un morceau de ballon de baudruche sur l'ouverture d'une petite éprouvette.

Placer l'éprouvette dans une bouteille PET. Fermer la bouteille au moyen d'une petite pompe spéciale (Fizz keeper) JOCARI, permettant d'augmenter la pression dans les bouteilles de boisson gazeuse) (En vente sur Internet) ou à défaut, utiliser un bouchon muni d'une pipette<sup>1</sup> et une pompe à vélo.

Gonfler légèrement la bouteille et observer la membrane.

En glissant l'éprouvette dans une bouteille en verre (bouteille de sirop d'érable et éprouvette pour les prises de sang), diminuer la pression dans la bouteille au moyen de la pompe vacuvin. Observer.

Cette expérience est un modèle de tympan. Celui-ci ferme l'oreille interne.

Lorsqu'on se trouve dans un avion, la pression y est légèrement plus basse (+/- 800kPa)

Le tympan s'incurve et cela fait mal.

Pour corriger cela, il faut avaler ou boucher le nez et souffler.

L'oreille interne est reliée au nez et à la gorge via la trompe d'Eustache. Il s'agit d'un petit conduit entouré d'un muscle en forme de spirale. Habituellement, ce conduit est fermé. En avalant, le muscle se décontracte et l'air peut passer dans la trompe afin d'équilibrer la

<sup>1</sup> Forer un trou au milieu d'un bouchon de bouteille PET (boisson gazeuse). Découper à 2 mm du bord, une pipette de roue de vélo. Glisser la pipette au travers du trou. Eventuellement, fixer la pipette à l'extérieur au moyen d'un écrou.

pression des deux côtés du tympan.

e. L'air est-il lourd?

Utiliser une petite seringue (5 ou 10 ml). Tirer sur le piston jusqu'à la dernière graduation, 5 ou 10 ml. Fermer la seringue en vissant dans l'embout une petite vis. (Bien serrer) ou brûler l'embout pour le fermer. Place la seringue dans une bouteille PET d'un 1/2 l. Fermer la bouteille au moyen d'une petite pompe spéciale (Fizz keeper JOCARI, permettant d'augmenter la pression dans les bouteilles de boisson gazeuse) (En vente sur Internet) ou à défaut, utilise un bouchon muni d'une pipette et une pompe à vélo.

Peser la bouteille fermée sur une balance électronique.

Si on gonfle la bouteille (même volume et température), la pression monte dans la bouteille, ainsi que dans la seringue. Donc le volume d'air dans la seringue diminue.

Si le volume de l'air de la seringue est diminué de moitié, la pression dans la bouteille (et dans la seringue) est doublée.

Si la pression est doublée, on a ajouté la même quantité d'air (1/2 litre) dans la bouteille sous pression atmosphérique.

Peser à nouveau la bouteille. On aura le poids d'un demi litre d'air..



f. Quand l'eau bout-elle ?

Chacun sait que l'eau entre en ébullition à 100°C... (conditions ???)

Utiliser une bouteille de verre, (pas trop grande, par exemple 1/4 of 1/2 litre).

Faire chauffer de l'eau à environ 75°C. Verser l'eau dans la bouteille (max 1/3 de la hauteur), mesurer la température.

Mettre le bouchon de la pompe à vide et aspirer l'air et la vapeur d'eau au moyen de la pompe. Qu'observe-t-on ?

(Des bulles apparaissent. Qu'y a-t-il dans les bulles? Quand ces bulles peuvent-elles éclater à la surface? )

Prendre la bouteille par le dessous avec un gant en silicone. Verser de l'eau froide sur le goulot de la bouteille. La température de l'air et de la vapeur d'eau diminue. Que constate-t-on ?

Au bout de quelques minutes, enlever le bouchon et mesurer à nouveau la température.

Un peu d'explication:

Au début, des bulles apparaissent dans le fond de la bouteille et remontent. Qu'y a-t-il dans les bulles ? (De la vapeur d'eau).

La pression dans la bouteille pousse sur l'eau et est exercée partout dans le liquide (loi de Pascal) Les bulles sont comprimées et la vapeur d'eau redevient de l'eau.

Si la pression à la surface diminue, tout se passe comme si les molécules d'eau étaient écartées par aspiration les unes des autres. Si la pression sur l'eau est égale à la pression dans les bulles, elles remontent et arrivent à la surface. L'eau entre en ébullition.

Cette pression est appelée pression de vapeur saturante. Elle dépend de la température.

Selon la loi de Charles la pression diminue si la température diminue.

Il est donc possible de faire bouillir de l'eau à une température très basse.

Inversement, si la pression monte, on empêche l'ébullition.  
Dons, dans les casseroles à pression, le liquide se vaporise, augmentant la pression.  
L'ébullition s'arrête et la température peut à nouveau augmenter. Ces casseroles sont faites de telle sorte que la température ne dépasse pas les 120 °C. La nourriture cuit plus rapidement.  
Il peut arriver, s'il y a un défaut de fabrication que la casserole explose ! ☺.

#### Bibliographie

<http://www.chemheritage.org/discover/media/magazine/articles/30-1-full-boyle.aspx>

<http://philippe.boeuf.pagesperso-orange.fr/robert/physique/pression-altitude.htm>

Les physiciens classiques et leurs découvertes, Emilio Segré, Ed. Fayard, 1983

Physique, Hecht, Ed Deboeck

Elements de physique, Delaruelle et Claes ; Ed. Wesmael-Charlier, 1985