

02

Est-ce que l'air est pesant ?

Dans les programmes (cycle 3)

Compétences travaillées :

- Formuler des hypothèses fondées et qui peuvent être éprouvées.
- Suivre un protocole expérimental.
- Utiliser des instruments d'observation, de mesure, des techniques de réparation, de collecte.

La matière :

- Différencier les états physiques.
- Effectuer des conversions d'unités de masse (en se limitant à des unités usuelles).
- Mesurer un volume de gaz par déplacement de liquide.

Messages à emporter :

- « L'air a une masse. »
- « La masse d'un litre d'air est 1,3 grammes à la température ambiante. »
- « La bouteille à température ambiante a une masse plus importante que la bouteille chauffée dans une eau à 80°C. On peut donc en conclure que l'air chaud est plus léger (moins dense) que l'air froid. ».

En cycle 2, les enfants ont pris conscience ou découvert l'existence de l'air qui nous entoure mais ils ne connaissent pas encore ses propriétés. Cette deuxième leçon de Marie Curie va donc permettre de montrer aux élèves que l'air a une masse et qu'il est même possible de la mesurer.

> Pour accompagner cette leçon, un **poster**, un **livret élève** et une **fiche explicative élève** sont disponibles. L'ensemble du projet est à retrouver sur **le site de la Fondation La main à la pâte**.



Dans les leçons de Marie Curie

Organisation de la 1^{ère} séance (découverte)

Matériel nécessaire :

- une boîte à vide et sa pompe (par exemple une boîte alimentaire),
- une balance de précision au dixième de gramme.

Il est conseillé de prévoir des groupes de 4 enfants maximum, chaque groupe disposant de son matériel.

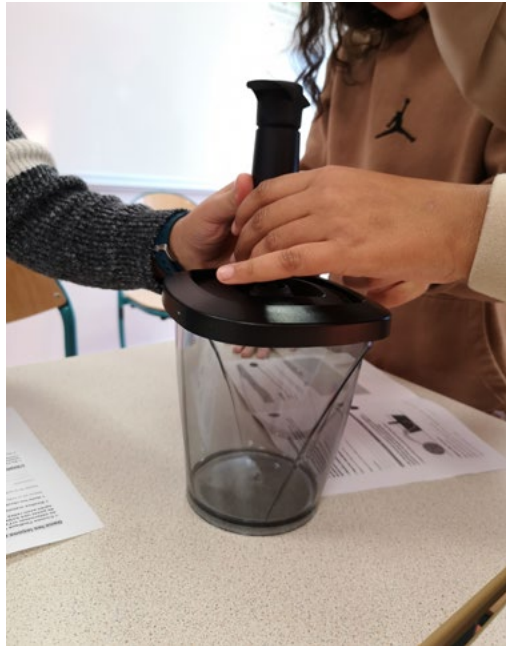
Rappel de l'expérience :

Peser une boîte à vide sans avoir fait le vide, puis retirer l'air grâce à la pompe et la peser à nouveau.

Déroulement : 40 minutes

- Un temps d'échange en amont de l'expérience est nécessaire pour relever les représentations initiales des enfants sur l'air. Que savent-ils sur l'air ? L'air est-il présent dans la classe ? Cela va permettre à l'enseignant de s'assurer que tous les enfants sont au clair sur les connaissances nécessaires pour cette activité (existence de l'air, matérialité...) 10 minutes
- Présentation de la leçon de Marie Curie et questionnement des enfants sur sa signification. Questionnement sur la notion de masse. 5 minutes
- Présentation du matériel et de l'expérience aux enfants par l'enseignant. On attirera l'attention des enfants sur le matériel utilisé pour cette présentation : une boîte que l'on va partiellement vider de son air, une pompe à vide. Cette pompe est en quelque sorte l'inverse de la pompe à vélo. Les enfants pensent parfois qu'elle fonctionne comme une pompe à vélo alors que c'est l'inverse. La pompe à vélo injecte de l'air dans la chambre à air de la roue, un clapet empêche l'air de ressortir ; la pompe à vide retire l'air qui se trouve dans la boîte, un clapet empêche l'air d'y entrer à nouveau. Il faudra insister sur l'importance de tenir la pompe perpendiculairement au couvercle pour ne pas endommager le clapet de la boîte et que l'air entre.
- L'enseignant peut montrer les gestes. Rappel ou présentation de l'utilisation d'une balance numérique. 5 minutes
- Réalisation de l'expérience par les enfants. On attirera l'attention des enfants sur l'unité de mesure de la balance. Il est possible d'utiliser un tableau de conversion pour aider les élèves à comprendre leurs résultats. L'enseignant passe entre les groupes afin de s'assurer de la bonne utilisation de la balance. 10 minutes
- En groupe classe, les élèves vont comparer leurs résultats et les interpréter. L'enseignant guide la réflexion et les échanges par des questions afin d'arriver à la conclusion que l'écart de mesure entre la boîte contenant de l'air et la boîte vidée de son air correspond à la masse de l'air présent dans la boîte avant d'être vidée. Cet échange permettra de structurer les nouvelles connaissances acquises par les enfants sous la forme d'une conclusion construite ensemble. Elle peut, par exemple, prendre la forme suivante : « La masse de la boîte remplie d'air est plus importante que la masse de la boîte vidée de l'air. La différence correspond à la masse de l'air dans la boîte. L'air a donc bien une masse et est pesant ». L'enseignant attirera également l'attention des enfants sur le fait qu'il est impossible d'ouvrir la boîte vidée de son air. En effet, l'air appuie, de toutes parts sur tous les objets. La leçon 3 permettra d'explorer cette situation. 10 minutes

Message à emporter : « L'air a une masse. ».



Utilisation de la boîte à vide par des élèves

Commentaire sur l'expérience de Marie Curie

L'expérience est très simple dans son principe, mais présente des pièges. D'abord, la masse de l'air étant très faible, il faut disposer d'une balance ayant une sensibilité suffisante, au moins de 0,1 gramme.

Il est indispensable de faire l'expérience avec un récipient qui ne se déforme pas (ne s'écrase pas sur lui-même) quand on fait le vide à l'intérieur. En effet, si c'était le cas, la poussée d'Archimède (voir leçon 8) s'exerçant sur le récipient changerait quand on fait le vide, puisque son volume diminuerait, ce qui viendrait compenser la perte de masse d'air. Il faut donc utiliser un récipient en verre ou en plastique épais.



L'expérience pour mieux comprendre

Organisation de la 2^{ème} séance (réinvestissement)

Matériel nécessaire :

- un ballon de basket dégonflé, c'est-à-dire un ballon qui ne rebondit plus mais qui a gardé sa forme sphérique,
- une pompe avec aiguille,
- une balance de précision au dixième de gramme.
- Il est conseillé de reprendre les groupes de la séance précédente.

Rappel de l'expérience :

Peser un ballon de basket dégonflé, le gonfler puis le peser à nouveau.

Déroulement : 35 minutes

- Un temps d'échange avec la classe est nécessaire pour revenir sur la séance précédente et rappeler ce qui a été observé et appris. 5 minutes
- Présentation du matériel et de la nouvelle expérience aux enfants par l'enseignant. Là aussi, l'enseignant peut rappeler l'utilisation d'une balance numérique. 5 minutes
- Les élèves écrivent alors, dans leur livret, ce qu'ils pensent qu'il va se produire et essaient de l'expliquer. Il est intéressant d'échanger avec les élèves et de leur demander de verbaliser leur hypothèse. L'enseignant, par des questions, va guider la réflexion et aider la rédaction de l'explication. 5 minutes

- Réalisation de l'expérience par les enfants. **10 minutes**
- Temps d'échanges en groupe classe afin de commenter et d'analyser les résultats de l'expérience. À partir des remarques des élèves, l'enseignant va faire insister sur le fait que l'écart de masse entre le ballon dégonflé et le ballon gonflé correspond à la masse de l'air qui a été introduit. Cette deuxième expérience permet donc de vérifier et valider ce qui avait été observé lors de la première expérience. La conclusion est ensuite rédigée et construite à partir de ces échanges. **10 minutes**

Commentaire sur l'expérience pour mieux comprendre

Quand le ballon est dégonflé, la surpression à l'intérieur est tombée à quelques dixièmes de bar (disons 0,1 ou 0,2 bar pour fixer les idées). Quand on le regonfle, on remonte la surpression au-delà de 0,5 bar. C'est la masse de l'air qu'on introduit avec la pompe pour faire monter ainsi la pression que l'on mesure par différence.



Le défi

Rappel de l'expérience :

Trouver une méthode pour récupérer 500 ml d'air contenu dans le ballon de basket puis en déduire la masse d'un litre d'air.

Pour cette expérience, il faut utiliser un grand bac d'eau dans lequel on place une éprouvette graduée retournée. On veille à ce que celle-ci soit entièrement remplie d'eau. L'élève devra vider l'air du ballon à l'aide d'une aiguille de gonflage reliée à un tuyau dont l'autre extrémité est glissée sous l'éprouvette immergée (voir schéma).

L'air du ballon sortira sous forme de bulles qui chasseront une partie de l'eau de l'éprouvette. L'élève devra retirer l'aiguille lorsque l'air contenu dans l'éprouvette atteindra la graduation de 500ml. Il aura ainsi délesté le ballon de 500 ml d'air. Deux opérations de pesage du ballon sont nécessaires, au début et à la fin de l'expérience.

À partir de ces données, il sera possible de calculer la masse des 500 ml d'air : **(masse du ballon au début de l'expérience) - (masse du ballon à la fin de l'expérience) = masse des 500 ml d'air**

Il ne restera plus qu'à multiplier par deux pour trouver la masse de 1000 ml d'air, soit 1 l.

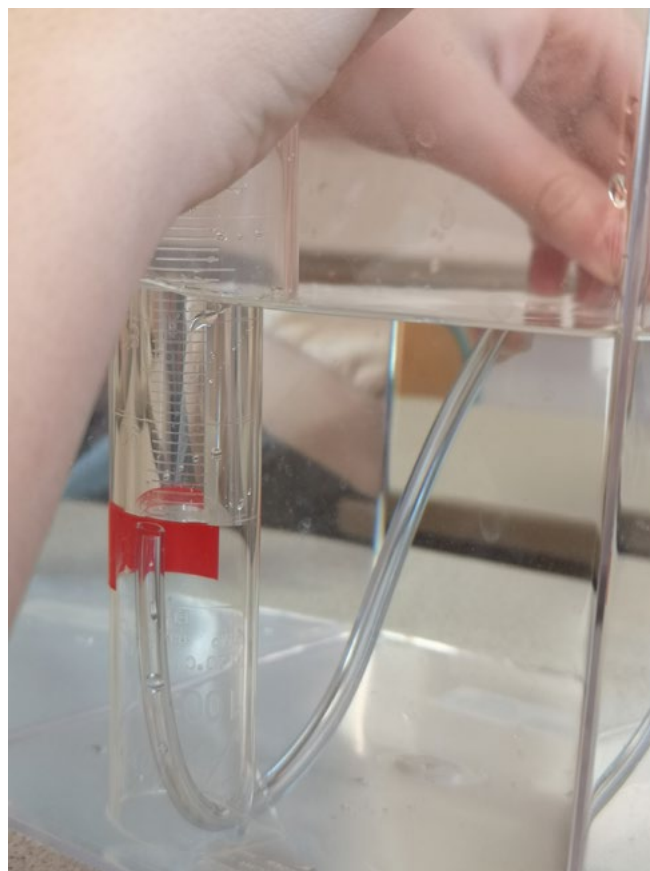
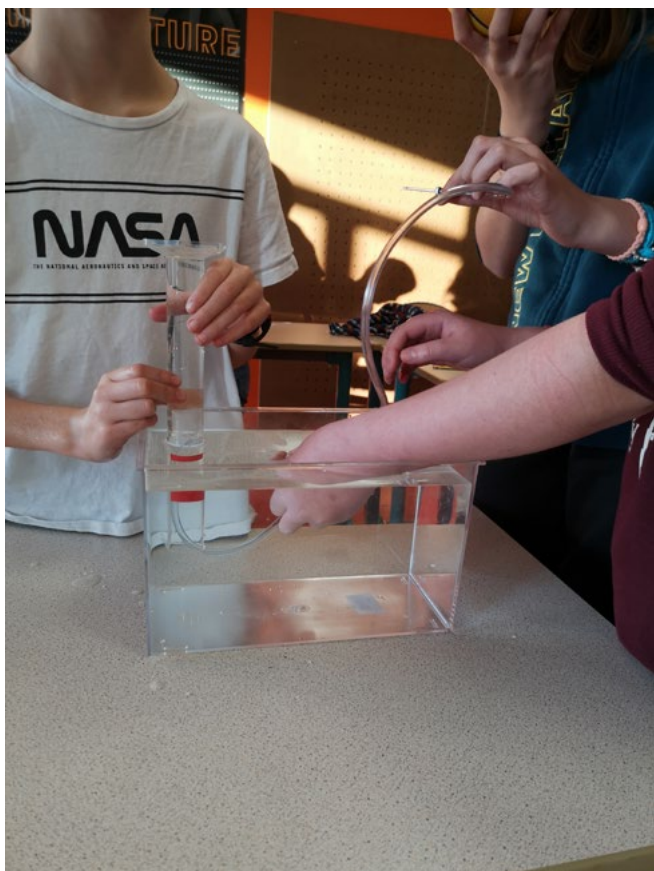


- Présentation du défi à la classe. **5 minutes**
- Phase de recherche en groupe. Selon le niveau des élèves et leur connaissance de la 1ère leçon de Marie Curie, l'enseignant peut présenter le matériel nécessaire ou laisser les enfants lister ce dont ils auront besoin selon eux. Lorsqu'un consensus est obtenu sur la méthode à utiliser, chaque enfant va la dessiner dans son livret. **20 minutes**
- Chaque groupe teste sa méthode. L'enseignant circule afin d'observer les résultats obtenus et de questionner les enfants sur ce qu'ils observent. Il peut ainsi les aider à l'analyser et les guider par des questions sur les difficultés qu'ils rencontrent. L'enseignant pourra également aider les élèves sur les unités de mesure en mettant à disposition des tableaux de conversion mais également sur les différentes étapes de pesage nécessaires. **20 minutes**
- Présentation à la classe de la solution par un groupe qui explique ce qui se produit. **5 minutes**
- Chaque groupe teste alors la solution puis la dessine dans son livret. **5 minutes**

Si aucun groupe n'a trouvé la solution, l'enseignant peut prévoir, à un moment ultérieur, un nouveau temps de recherche. Sinon, il peut présenter lui-même la solution en veillant à ce que les élèves expliquent eux-mêmes la méthode.

Message à emporter : « La masse d'un litre d'air est de 1,3 grammes à température ambiante. »

 Retour de classe



Un montage expérimental pour répondre au défi (à gauche), récupérer et mesurer l'air du ballon (à droite).



Une expérience pour aller plus loin

3^{ème} séance optionnelle

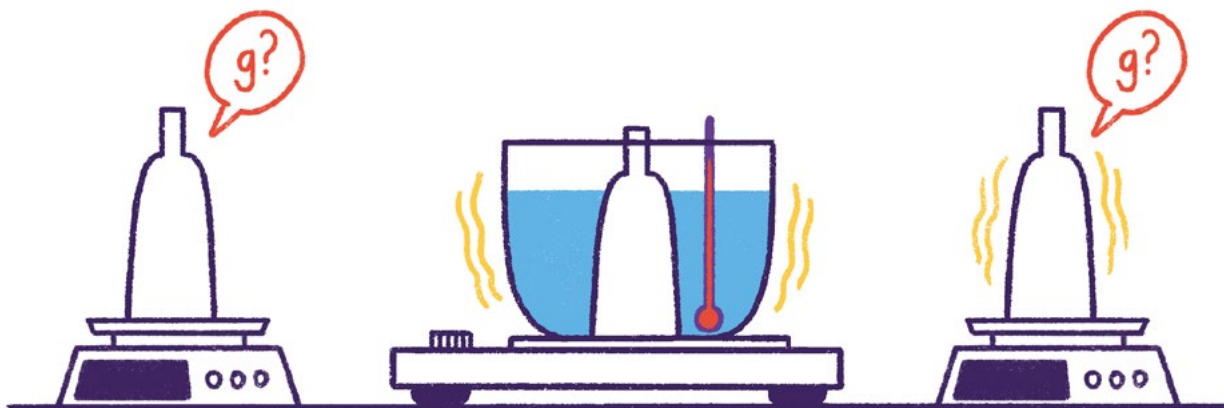
Cette expérience doit être réalisée par l'enseignant pour des raisons de sécurité.

Matériel nécessaire :

- une bouteille en verre,
- un thermomètre gradué jusqu'à 100°C,
- un saladier en verre,
- un gant de cuisson.

Rappel de l'expérience :

Peser une bouteille en verre vide à température ambiante. Faire chauffer la bouteille à 80°C au bain-marie dans le saladier en vérifiant la température avec le thermomètre immergé. Lorsque l'eau est à 80°C, retirer la bouteille à l'aide d'un gant, l'essuyer soigneusement sur l'extérieur puis la peser.



Déroulement :  30 minutes

L'enseignant explique l'expérience aux enfants et leur demande ensuite, dans leur livret, de noter ce qui va se passer selon eux. Puis il procède à l'expérience en demandant à des élèves d'expliquer ce qu'il fait. Il communique les résultats obtenus pour que les enfants puissent les noter.

À partir de ces résultats, un échange se met en place pour les interpréter et les comprendre et arriver à un consensus qui permettra d'élaborer ensemble la conclusion.

Commentaire sur l'expérience pour aller plus loin

Évidemment, quand on chauffe, on peut se demander si la masse de la bouteille elle-même ne va pas changer, ce qui affecterait la conclusion que l'on tire de l'expérience. La réponse à cette question est négative : la masse d'un objet solide ne change pas quand on le chauffe. Le volume qu'il occupe, lui, change (c'est le phénomène de dilatation thermique). Le volume occupé par la bouteille change donc, ainsi, par conséquent, que le volume d'air qui s'y trouve, et donc la masse de cet air. Cela vient donc perturber l'expérience, mais on peut se convaincre facilement que la différence de masse due à ce phénomène de dilatation thermique de la bouteille est négligeable par rapport à celle provenant de l'augmentation de la masse volumique de l'air avec la température.

Message à emporter :

« La bouteille à température ambiante a une masse plus importante que la bouteille chauffée dans une eau à 80°C. On peut donc en conclure que l'air chaud est plus léger que l'air froid. »



Explications

Commentaire général

Heureusement que l'air a une masse ! Sinon, tout l'air s'échapperait dans l'espace et il n'en resterait plus autour de la Terre. Mais, grâce à sa masse, l'air est retenu par la gravité au voisinage de la Terre et il forme une couche qu'on appelle l'atmosphère terrestre. L'atmosphère terrestre a une centaine de kilomètres d'épaisseur. Grâce à elle, nous pouvons respirer et les avions peuvent voler.

Applications technologiques

Un élève demandera peut-être s'il est possible de produire d'une part de l'oxygène d'autre part de l'azote à partir de l'air. La question est intéressante, car ces deux gaz ne se trouvent pas ailleurs que dans l'air et ont de nombreuses applications médicales et industrielles. La réponse est positive. Des procédés pour séparer l'oxygène et l'azote ont été inventés et d'autres sont en cours de développement. C'est l'activité principale d'une compagnie comme Air Liquide®. Le procédé cryogénique - le premier inventé - est basé sur le fait que la température de liquéfaction de l'azote (-196°C) est plus basse que la température de liquéfaction de l'oxygène (-183°C). Donc, si on porte l'air à une température comprise entre -183°C et -196°C, l'oxygène est liquide alors que l'azote est gazeux,

et on peut les séparer facilement, par une opération qui s'appelle la distillation. Mais, ce procédé consomme beaucoup d'énergie. On cherche aujourd'hui à développer la séparation membranaire où on fait circuler l'air sur des membranes qui laissent passer de façon préférentielle oxygène ou azote suivant la taille des molécules (N_2 et O_2) constitutives de ces gaz.



Installation de stockage cryogénique d'azote liquide. Source : Air Liquide®

