

06

Qu'est-ce qui maintient l'eau dans un tube ?

Dans les programmes (cycle 3)

Compétences travaillées :

- Formuler des hypothèses fondées et qui peuvent être éprouvées.
- Suivre un protocole expérimental.

La matière :

- Différencier les états physiques.

Messages à emporter :

« La pression atmosphérique appuie sur l'eau du récipient. Il n'y a pas d'air dans le tube et donc aucune pression ne s'exerce sur l'eau en haut du tube. Si le poids de la colonne d'eau dans le tube a tendance à la faire descendre, il n'est pas suffisant pour dépasser la force vers le haut due à la pression atmosphérique. »

« La pression atmosphérique s'exerce dans toutes les directions et donc sur le côté de la feuille en contact avec l'eau. La pression atmosphérique dépasse le poids de l'eau contenu dans le verre. Elle reste en place une fois le verre retourné. »

Dans la quatrième leçon de Marie Curie, les enfants ont découvert que la pression atmosphérique. Cette leçon complète donc les précédentes. L'air appuie sur l'eau, mais si l'eau est contenue dans un tube sans air et que ce tube est renversé dans un bac à eau, l'eau du tube va-t-elle s'écouler ?

> 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)

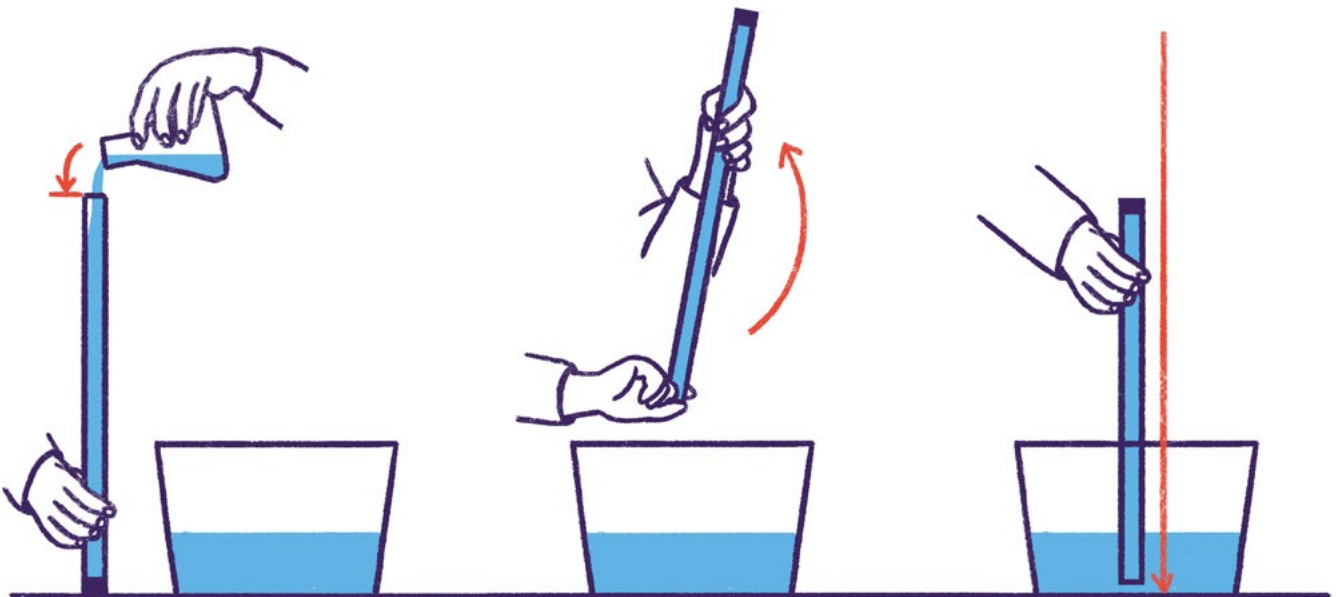
Matériel nécessaire :

- un bac rempli d'eau,
- un tube et son bouchon,
- du colorant alimentaire.

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

Rappel de l'expérience :

Remplir d'eau un tube bouché à une extrémité et le retourner sur un bac rempli d'eau et observer ce qui se passe.



Déroulement :  60 minutes

- Un temps d'échange en amont de l'expérience est nécessaire pour faire le point sur ce qui a déjà été vu dans les leçons précédentes. 5 minutes
- Présentation du matériel et de l'expérience aux enfants par l'enseignant. L'enseignant peut montrer les gestes sans déboucher le tube. Il est important d'insister sur le fait que le tube doit être entièrement rempli d'eau et ne doit pas contenir d'air du tout. 5 minutes
- Les élèves dessinent et expliquent alors, dans leur livret, ce qu'ils pensent qu'il va se produire. Cela va leur permettre de confronter leurs représentations à la réalité lorsqu'ils vont ensuite réaliser eux-mêmes la manipulation. Cette phase correspond à l'émission d'hypothèses. Bien que les enfants aient déjà les connaissances nécessaires pour anticiper le résultat de cette expérience grâce aux leçons précédentes, il est tout de même peu probable que la majorité trouve la bonne solution. Il n'y a ici rien d'inquiétant. 10 minutes

- Réalisation de l'expérience par les enfants. Chaque enfant du groupe, à son tour, fera la manipulation. L'enseignant passe entre les groupes afin de faire verbaliser les observations. L'échange aide à structurer les premières analyses. **15 minutes**
- Les élèves dessinent dans leur livret ce qu'ils ont observé. **5 minutes**
- En groupe classe, l'enseignant revient sur l'expérience et écoute le retour des enfants. On peut attendre à cette étape que, même si les élèves n'avaient pas anticipé le résultat de l'expérience, ils puissent l'expliquer après l'avoir observée. La conclusion sera rédigée à partir des retours des enfants. Elle peut, par exemple, prendre la forme suivante : « Le tube est totalement rempli d'eau et ne contient pas d'air. Il n'y a donc pas d'air qui pousse sur l'eau pour la faire descendre dans le tube et se déverser dans le récipient. Aucune pression n'est exercée sur l'eau qui reste donc dans le tube. » **15 minutes**
- Lecture de la phrase de Marie Curie puis les enfants expliquent ce qu'ils en comprennent et comment ils font le lien avec ce qu'ils viennent de faire et d'apprendre. **5 minutes**

Message à emporter : « La pression atmosphérique s'exerce en bas du tube et compense le poids de l'eau qu'il contient, l'empêchant de s'écouler. »



L'expérience pour mieux comprendre

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

Matériel nécessaire :

- un bac rempli d'eau,
- un tube et son bouchon,
- du colorant alimentaire.

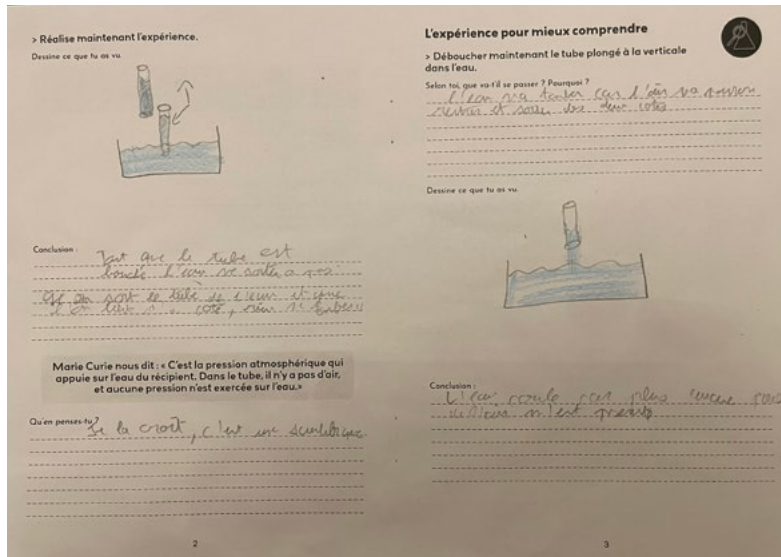
Il est conseillé de reprendre les groupes de la séance précédente.

Rappel de l'expérience :

Refaire la même expérience puis retirer le bouchon en haut du tube.

Déroulement : **80 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 de la nouvelle expérience aux enfants par l'enseignant. Là aussi, l'enseignant peut montrer le début de la manipulation sans la réaliser. **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 de passer entre les élèves et de leur demander de verbaliser leur hypothèse. L'enseignant, par des questions, va guider leur réflexion et aider la rédaction de l'explication. On peut espérer que, majoritairement, les enfants anticipent le résultat de cette expérience. **10 minutes**
- Réalisation de l'expérience par les enfants. Chaque enfant du groupe, à son tour, fera la manipulation. **10 minutes**
- Temps d'échanges en groupe classe afin de commenter et d'analyser les résultats de l'expérience. L'enseignant doit veiller à ce que les enfants utilisent au mieux le vocabulaire adéquat. La conclusion est donc rédigée et construite à partir de ces échanges. **10 minutes**



Livret d'élève



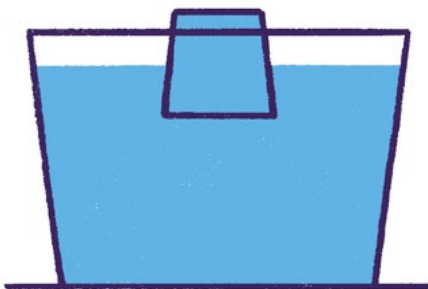
Le défi

Rappel de l'expérience :

Trouver une méthode pour qu'un verre rempli d'eau ressorte du bac sans se vider.

L'élève devra plonger un verre dans le récipient, le remplir entièrement d'eau puis le ressortir doucement du bac en veillant à ce qu'une partie reste toujours immergée.

On retrouve alors la situation de la première expérience.



- Présentation du défi à la classe. **5 minutes**
- Phase de recherche en groupe. Selon le niveau des élèves, l'enseignant peut présenter le matériel. Lorsqu'un consensus est obtenu sur la méthode à utiliser, chaque enfant va la dessiner dans son livret. **15 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 et ainsi les aider à l'analyser. **10 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.



Une expérience pour aller plus loin

3^{ème} séance optionnelle

Matériel nécessaire :

- un récipient,
- un verre,
- une feuille de papier.

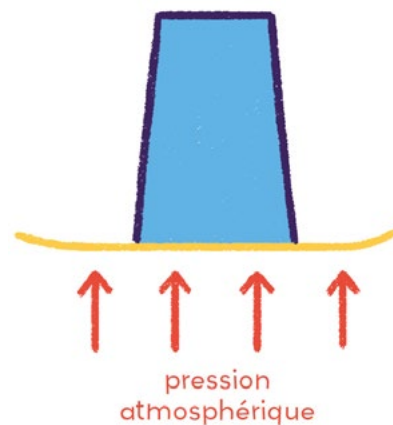
Il est conseillé de reprendre les groupes de la séance précédente.

Rappel de l'expérience :

Poser une feuille de papier sur un verre rempli d'eau puis de retourner le verre sans tenir la feuille. Il faut que la feuille soit assez robuste, raide et ne se déforme pas dans l'eau; il est donc préférable d'utiliser une feuille de bristol ou de papier Canson épais.

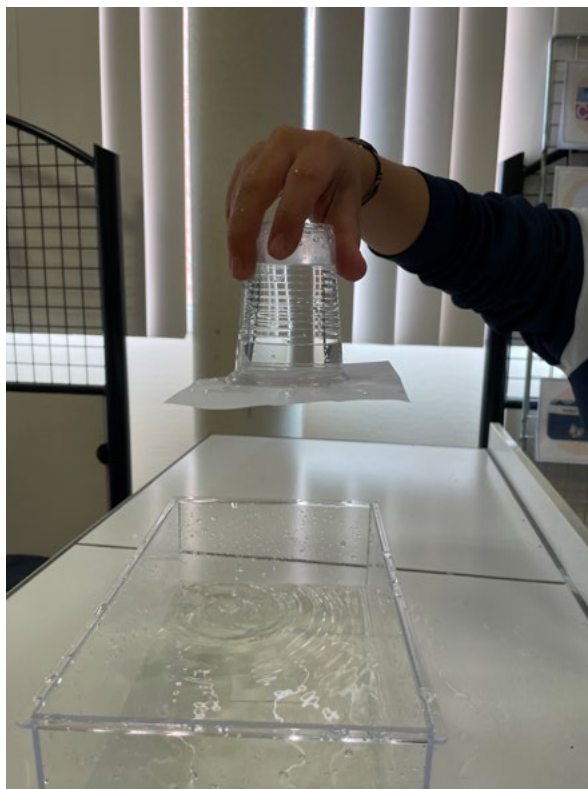
Déroulement :  30 minutes

- Un temps d'échange avec la classe est nécessaire pour revenir sur ce qui a été observé et appris lors de cette leçon mais également lors de la troisième leçon afin que les enfants puissent comprendre le résultat spectaculaire de cette manipulation. 5 minutes
- Présentation de l'expérience par l'enseignant qui doit insister sur l'importance que le verre soit rempli totalement d'eau avant de poser la feuille et de retourner le verre au-dessus du récipient. 5 minutes
- Les élèves notent dans le livret leur hypothèse. Il est intéressant de passer entre les élèves et de leur demander de verbaliser la solution. 10 minutes
- Réalisation de l'expérience par les enfants. Chaque enfant teste à son tour. Là aussi, l'enseignant peut passer entre les groupes pour aider à verbaliser les observations. 10 minutes
- Temps d'échanges en groupe classe afin de commenter et d'analyser le résultat de l'expérience. L'enseignant les aide à réutiliser le vocabulaire adéquat. La conclusion est donc rédigée et construite à partir de ces échanges. 10 minutes



Message à emporter : « La pression atmosphérique s'exerce dans toutes les directions et donc sur le côté de la feuille en contact avec l'eau. La pression atmosphérique dépasse le poids de l'eau contenu dans le verre. La feuille reste en place une fois le verre retourné. »

Retour de classe



Le défi est relevé !



Explications

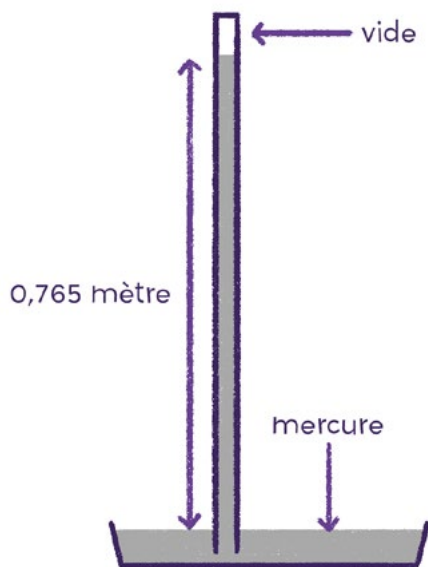
Application au baromètre à mercure

Le calcul mentionné dans la section « Au-delà de l'expérience de Marie Curie » dans le livret élèves est très facile à effectuer. Il fournit la hauteur de la colonne d'eau dans un tube suffisamment long pour que du vide apparaisse en haut de ce tube.

Ceci se produit pour une hauteur de colonne d'eau h telle que le poids de la colonne d'eau est égal à la force due à la pression atmosphérique. Le poids de la colonne d'eau est donné par $P = \rho Vg$ où ρ est la masse volumique de l'eau, V le volume de la colonne d'eau et g l'intensité de la pesanteur. Le volume V est donné par hS , où S est la section intérieure du tube. On a donc $P = \rho hSg$. La force due à la pression atmosphérique P_0 est simplement $F = P_0 S$. La condition recherchée $P = F$ s'écrit donc $\rho hSg = P_0 S$, d'où l'on tire $h = P_0 / \rho g$. On constate que la hauteur ne dépend pas de la section du tube. Numériquement, on a $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ et $g = 9,8 \text{ N/kg}$. On en tire $h = 10,3 \text{ m}$.

Il est bien sûr difficile de disposer d'un tube de 10 mètres de long, et donc de faire apparaître le vide en utilisant de l'eau. C'est pourquoi Marie Curie utilisait pour ses leçons un liquide beaucoup plus dense : le mercure, qui a une densité de 13,5. Alors, la hauteur h devient : $10,3/13,5 = 0,765 \text{ m}$. L'expérience est alors réalisable. Elle n'est plus autorisée de nos jours, car le mercure est un métal lourd, nocif pour la santé.

La pression atmosphérique sur Terre est variable dans le temps et suivant le lieu. C'est le fondement même de la météorologie et différents instruments ont donc été inventés pour en effectuer une mesure précise. Le baromètre à mercure, qui a très longtemps été utilisé, est basé sur le principe de l'expérience de Marie Curie avec le mercure. Le tube est gradué en millimètres ce qui permet de lire directement la pression atmosphérique dans une unité qui est le millimètre de mercure, elle aussi longtemps utilisée. On a 1 mm de mercure = 1,33 hectoPascal, unité utilisée aujourd'hui par les météorologues.



Baromètre à mercure.