

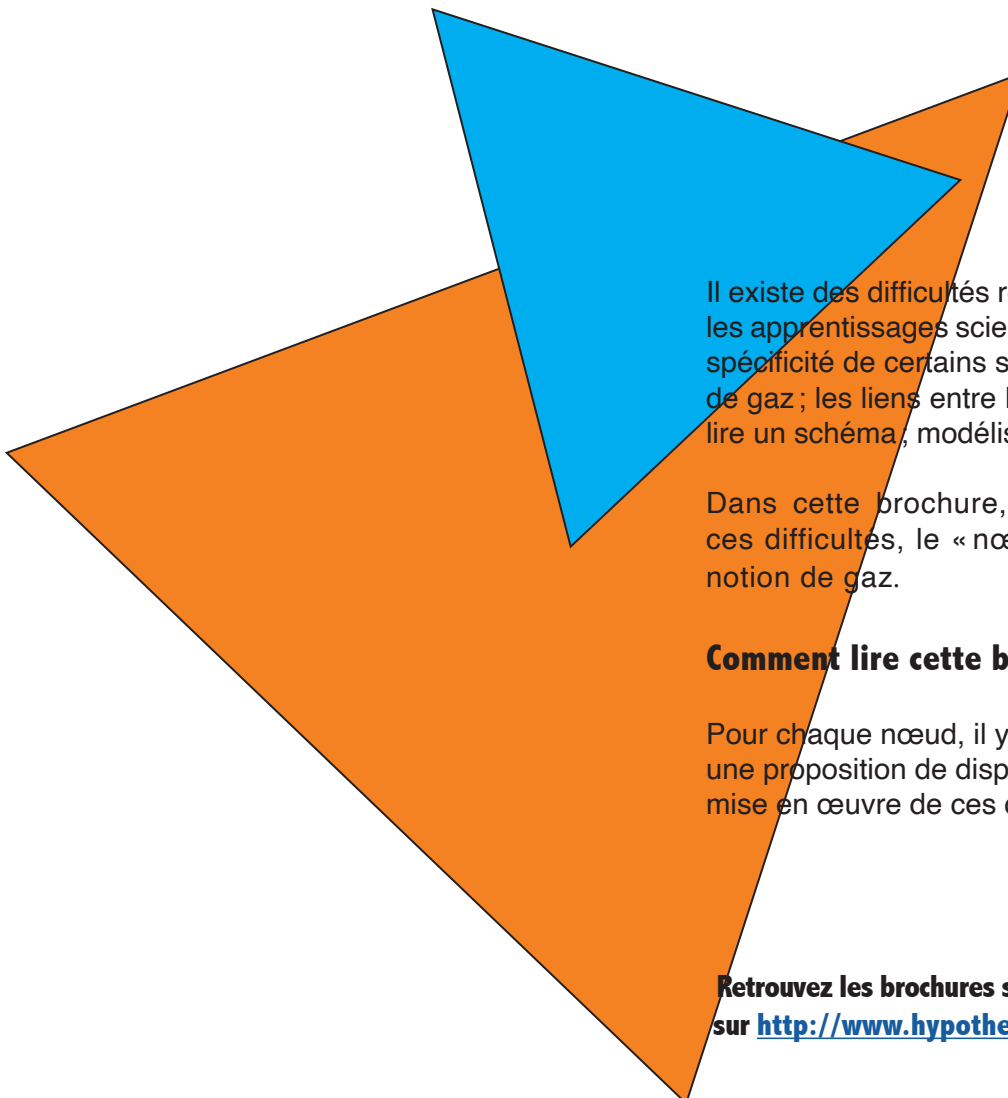


**Le guide  
raisonné**

**des « nœuds didactiques »**

---

Nœud « Les gaz »



Il existe des difficultés récurrentes chez les élèves dans les apprentissages scientifiques. Celles-ci sont liées à la spécificité de certains sujets ou savoir-faire : le concept de gaz ; les liens entre les systèmes en biologie ; savoir lire un schéma, modéliser ; classer ; etc.

Dans cette brochure, nous allons aborder une de ces difficultés, le « nœud didactique » portant sur la notion de gaz.

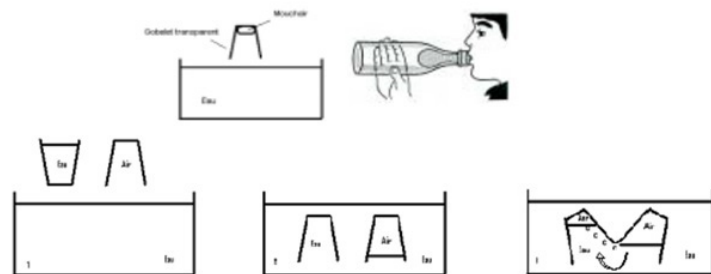
### **Comment lire cette brochure ?**

Pour chaque nœud, il y a un point de discussion puis une proposition de dispositifs et des indications sur la mise en œuvre de ces dispositifs.

Bonne lecture !

Retrouvez les brochures sur les autres « nœuds didactiques » sur <http://www.hypothese.be/index.php/petites-lecons/>

Nous nous intéressons ici aux gaz dans les changements d'état et plus largement aux difficultés que constituent le concept de gaz : matérialité, propriétés, etc.



Figures tirées de [Giot et Quittre \(2006\)](#).

Dès la maternelle, c'est la matérialité de l'air qui peut constituer un objectif d'apprentissage. L'idée que les gaz, dont l'air, est de la matière ne va pas de soi.

Plus tard, dans le cas de l'eau, une confusion s'opère fréquemment entre les phénomènes d'évaporation et d'ébullition d'un liquide. En effet, l'eau, comme tout liquide, est « volatile », c'est-à-dire qu'elle peut s'évaporer progressivement ; elle n'a pas nécessairement besoin d'atteindre les 100°C pour passer à l'état gazeux (ce serait alors une ébullition). Dans tous les cas, évaporation ou ébullition, ce sont des situations de vaporisation, c'est-à-dire de passage à l'état gazeux.

Pour les changements d'états, c'est l'exemple de l'eau qui est le plus souvent enseigné. Il est intéressant parce qu'il permet de considérer facilement les trois états de la matière. Néanmoins, proposer d'étudier le changement d'état d'autres molécules que l'eau permettra une compréhension plus générale du phénomène.

Par ailleurs, au-delà de la description de ces changements d'état, il reste à construire des modèles explicatifs qui rendent compte de ces situations. En effet, pour étudier la vaporisation, il est fréquent de faire identifier par les élèves les facteurs de vaporisation de l'eau (température, surface de contact avec l'air, humidité re-

lative de l'air, etc.). Ceux-ci ne sont pas inintéressants à connaître mais se limiter à cette seule identification ne permet pas d'élaborer un modèle susceptible permettant d'expliquer l'effet de ces facteurs. Par exemple, comment la surface de contact avec l'air influence sur l'évaporation de l'eau ?

Une autre difficulté peut concerner la réversibilité des changements d'état. Par exemple, dans le cas d'une évaporation, les élèves peuvent penser que la matière a tout simplement disparue. L'idée de conservation de la matière est alors un préalable pour penser que cette eau peut être récupérée à son état initial.

Une autre difficulté concerne les réactions de combustions pour lesquelles les molécules semblent avoir changé d'état. Or, s'agissant d'une réaction chimique, les molécules ont surtout changé de nature et donc cette transformation n'est pas réversible<sup>1</sup>. Cette situation est particulièrement contre-intuitive puisqu'en plus de changements de propriétés à l'échelle nanoscopique (du fait que les molécules ne sont plus les mêmes à la fin de la réaction chimique), la matière peut avoir des propriétés macroscopiques également différentes ; dans le cas de la combustion d'un carburant, les molécules produites sont des gaz et ont donc des propriétés différentes des liquides ou des solides (ex : un volume variable du gaz à l'échelle macroscopique, qui traduit des espaces intermoléculaires importants, au niveau nanoscopique).

<sup>1</sup> La réversibilité des réactions chimiques peut être discutée mais elle n'est pas un objectif d'apprentissage dans le tronc commun.

Les gaz partagent certaines propriétés macroscopiques avec les liquides : ils prennent la forme du contenant, ils peuvent couler<sup>2</sup> et les molécules peuvent se déplacer entre elles. Mais ils s'en distinguent par le fait que leur volume est variable (ils peuvent être comprimés ou dilatés) et c'est en lien avec le fait que les espaces intermoléculaires sont plus importants dans les gaz. Pour information, les liquides partagent des caractéristiques avec les solides (volume fixe si l'objet n'est pas creux espaces intermoléculaires faibles) et s'en distingue par d'autres propriétés (les solides ont une forme propre, indépendante du contenant ; ils ne coulent pas ; les molécules ne se déplacent pas entre elles).

Des cas limites existent comme celui du sable : à notre échelle, il semble avoir des caractéristiques des liquides. Néanmoins, à l'échelle de chaque grain, c'est bien un solide.

L'appel au concept de molécule mobilise des modèles moléculaires ; par exemple le modèle des « petites queues » (ci-dessous).

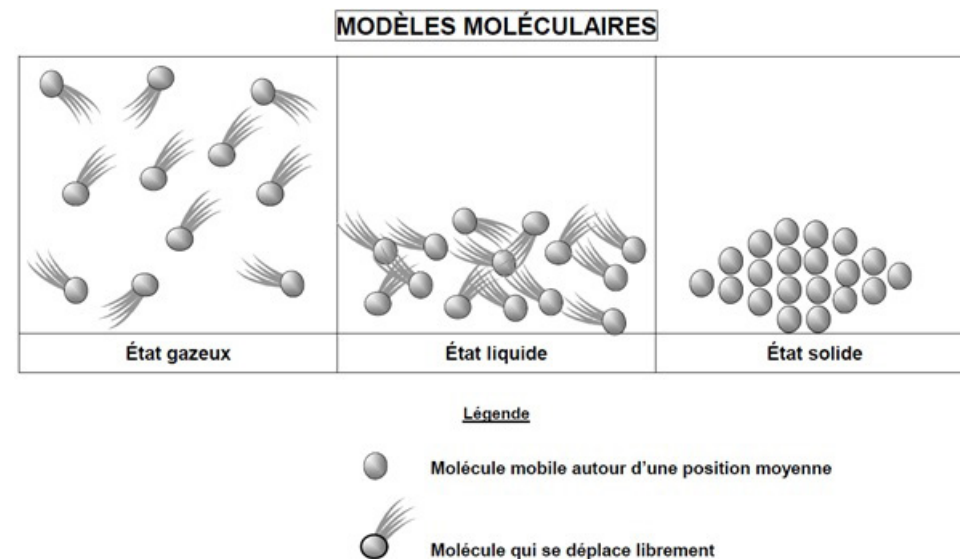


Figure tirée du thème 3 du programme d'initiation scientifique, premier degré commun, 58P/2000/240 (2e édition).

Ce modèle vise à rendre compte de la capacité de ces molécules à se déplacer entre elles et des variations dans les espaces intermoléculaires selon les différents états de la matière. Au-delà de l'intérêt intrinsèque du modèle et des critiques<sup>3</sup> qu'il peut rencontrer, il faut rappeler que c'est un modèle et qu'à ce titre il n'est pas le reflet de la réalité ; c'est davantage une construction qui vise à orienter le regard selon ce qui est pertinent d'investiguer à un moment donné. Pour cela, il doit laisser certains aspects de la réalité de côté, ce qui fait qu'il comporte toujours des limites qu'il sera important de faire apparaître aux élèves..

<sup>2</sup>Là encore, en toute exactitude, il faudrait considérer les densités relatives mais ce n'est pas un objectif d'apprentissage du premier degré du secondaire

<sup>3</sup>Par exemple, peut-on dire que dans les liquides, les molécules se déplacent librement ? Comment alors expliquer que le volume d'un liquide reste constant dans le mouvement des molécules les unes par rapport aux autres ?

Pour plus d'information concernant la notion de modèle et des difficultés liées, se rapporter au nœud n°4 « Modèle et modélisation ». Par ailleurs, ce travail de modélisation pourrait passer par un travail avec les traces (écrites, physiques, etc.) qui doit être pensé : nœud n°1 [« difficulté de lecture des schémas »](#).

En lien avec la modélisation moléculaire, c'est un second travail sur la matérialité de l'état gazeux qui peut être réalisé. En effet, dans le cas des combustions, ce sont principalement des gaz ( $\text{CO}_2$ , eau, etc.) qui sont produits ; nos sens ne les perçoivent pas et nous laissent penser que la matière a « disparu ». Pourtant, dans une réaction chimique, le bilan des masses est neutre<sup>4</sup> : il y a, en masse, autant de produits que de réactifs. Ce sont uniquement les atomes des molécules des réactifs qui se sont réarrangés pour former d'autres molécules.

Plus largement, le cas des combustions est particulièrement chargé d'obstacles. L'apparente «matérialité» de la flamme, qui est visible, empêche de penser la combustion comme étant en fait une réaction d'oxydoréduction (qui n'est pas directement visible) : tant que l'on pense la flamme comme une entité physique matérielle, on ne peut pas la penser comme une conséquence d'une réaction d'oxydoréduction ; ce n'est pas la flamme qui fait la réaction de combustion mais ce n'en est qu'une manifestation.



<sup>4</sup>En toute rigueur, la masse n'étant pas une grandeur parfaitement intensive, il y a une légère variation de masse entre réactifs et produits. Néanmoins, celle-ci n'est pas significative dans le cas des réactions chimiques. Pour les besoins du propos développé ici, nous pouvons tout à fait faire l'approximation d'un bilan de masse parfaitement neutre.

Pour finir, d'autres situations contre-intuitives pourraient être mentionnées. Elles portent des difficultés liées à la compréhension de ce que sont les gaz et des changements d'état :

- les nuages, qui ne sont pas faits de gaz mais de gouttelettes d'eau liquides ;
- la buée, qui n'est pas de l'eau à l'état gazeux (mais des gouttelettes d'eau liquide et ce même à la sortie d'une eau bouillante ;
- le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) qui est « nutritif » : c'est la source principale des plantes dans l'élaboration de leur matière solide ; elles incorporent très peu de sels minéraux mais une quantité importante d'eau ;
- dépasser l'explication du changement climatique par l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, qui laisse penser que ces gaz sont nocifs en soi et/ou directement « chauffants » parce qu'ils piègeraient les rayons solaires. C'est un inconvénient de la métaphore de la serre. L'objectif en fin de seconde serait d'aller vers une explication qui mobilise un bilan radiatif à une température donnée : l'augmentation des gaz à effet de serre dans l'atmosphère déséquilibre le bilan entre le rayonnement thermique émis par la Terre et le rayonnement absorbé issu du Soleil du fait d'une certaine composition de ces molécules. Le bilan radiatif va alors s'équilibrer à une nouvelle température, supérieure.

## Rôle de l'enseignant :

Nous le voyons, c'est un jeu entre les propriétés macroscopiques et microscopiques de la matière qui est au cœur des difficultés liées aux gaz et aux changements d'état. En classe, il s'agira donc de produire des modèles explicatifs de la matière susceptibles de rendre compte des observations réalisées, de les guider, voire de les anticiper. Par ailleurs, ce sont ces modèles qui permettent d'expliquer les facteurs d'évaporation, de consolider la conception matérialiste des gaz et d'adopter une approche atomiste de la matière (donc en opposition à l'alchimie, à l'existence d'un phlogistique, etc.).

La notion de modèle est ici importante. Nous rappelons que le nœud n°4 « [Modèle et modélisation](#) » traite de cela et qu'il prend appui en partie sur le contenu du nœud n°1 « [difficulté de lecture des schémas](#) ».

## Dispositif pouvant permettre de travailler ce nœud :

La fiche « [Le vent, le souffle, l'air en mouvement](#) » permet de travailler la matérialité de l'air dès la maternelle. Elle peut être utilisée en complément avec « [L'air \(Maternelle\)](#) » et « [La science, ce n'est pas de la magie !](#) ».

Une démarche intéressante est présentée dans le web-documentaire « [Ballon Solaire](#) ». Ce dispositif est pluridisciplinaire et comporte de nombreuses aides à la mise en œuvre en classe. La démarche proposée mobilise des propriétés des gaz dans l'élaboration d'un ballon solaire et sa compréhension. Elle est déclinée en deux variantes, l'une pour la fin du primaire et l'autre pour le début du secondaire. Un complément sous la forme d'une brochure est également disponible [ici](#).

On observe que le ballon de baudruche reste gonflé si on le place "à l'envers".

Dessin de l'expérience

< P5-P6: les élèves schématisent l'expérience au cahier de sciences.

EXPERIENCES :

EXPERIENCE 1

ballon de baudruche

ballon de baudruche

ballon de baudruche rempli d'eau

ballon de baudruche rempli d'air

EAU CHAUDE

EAU FROIDE

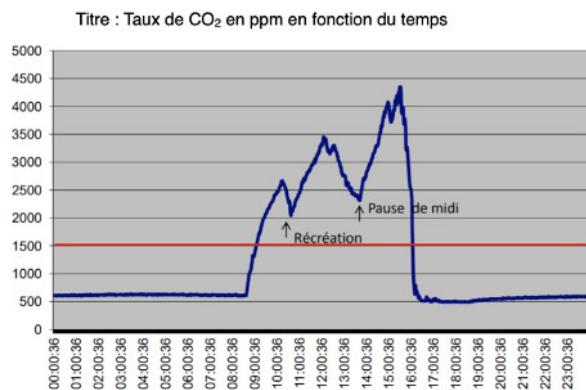
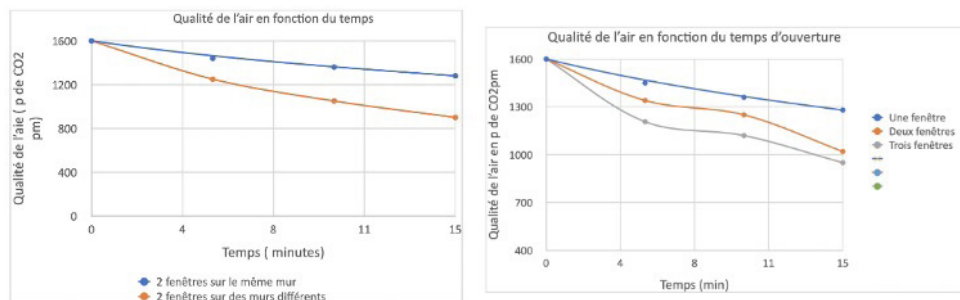
Placer un ballon de baudruche dans le récipient rempli d'eau chaude et dans le récipient rempli d'eau froide. Que remarque-t-on ?

Observation : On remarque que le ballon de baudruche est plus gonflé dans l'eau chaude que dans l'eau froide.

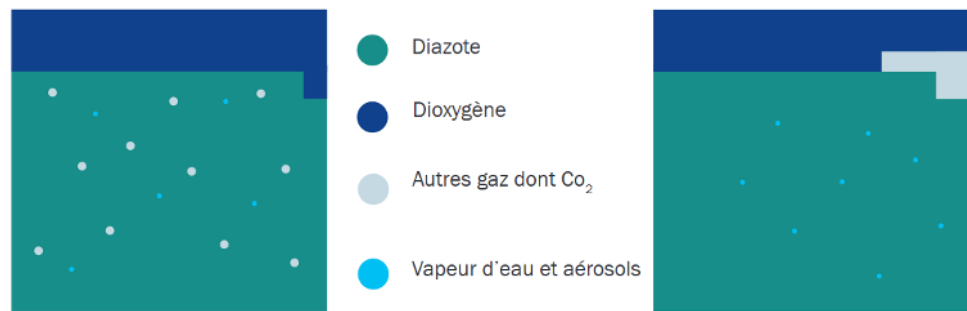
Interprétation



Enfin, la plateforme « [ABCD'air](#) » contient des ressources mobilisables pour différentes questions de sciences. Par exemple, dans le contexte de la qualité de l'air d'une classe, les élèves réalisent un protocole pour comparer des aérations (une fenêtre, une fenêtre et une porte, un oscillo-battant, etc.) et ils sont amenés à lire et interpréter les résultats mis en graphiques. Lors d'une autre séance, ils modélisent la composition de l'air et les modifications de sa composition avec la respiration. En complément, la plateforme « [Babe-lair.be](#) » contient de nombreuses activités pertinentes.



Les mesures démarrent lorsque le détecteur est en "surcharge" et que des actions sont prises pour diminuer la concentration en CO<sub>2</sub> dans la classe



## Pour aller plus loin...

Allen, M. (2014). Misconceptions in primary science (2è éd.). Berkshire (UK) : McGraw-Hill Education (UK).

Astolfi, J.-P., & Peterfalvi, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. Aster, 25, 193-216. URL : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8685>

Daro S., Graftiau M.-Ch., & Hindryckx M.-N. (2015). Réfléchir avec les enseignants sur l'usage de la modélisation dans l'enseignement des sciences au fondamental. Dans Evrard et Amory (dir.), Les modèles, des incontournables pour enseigner les sciences ! Apprendre les sciences de 2 ans 1/2 à 18 ans. 95-107. Louvain-la-Neuve : De Boeck. URL : <https://orbi.uliege.be/handle/2268/198461>

Drouin, A. M. (1988). Le modèle en questions. Aster, 12, 1-20. URL : [https://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/9214/ASTER\\_1988\\_7\\_1.pdf](https://documents.irevues.inist.fr/bitstream/handle/2042/9214/ASTER_1988_7_1.pdf)

Laugier, A., & Dumon, A. (2003). Obstacles épistémologiques et didactiques à la construction du concept d'élément chimique : quelles convergences ?. Didaskalia, 22, 69-97. URL : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/23921>

Peterfalvi, B. (1997). L'identification d'obstacles par les élèves. Aster, 24, 171-202. URL : <http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8673>

## Découvrez les autres ressources produites par les consortiums 4 et 5 sur

<http://www.hypothese.be/index.php/outils-tronc-commun-2/>

Une initiative du Consortium 4 :  
mathématiques, sciences, géographie  
Hichem Dahmouche, Sabine Daro, Christian Orange

Mise en page : Doris Michel

Avec le soutien de la Fédération  
Wallonie-Bruxelles

