

UN MÉLANGE : L'AIR

Lucien Ransinangue

Objectif Connaître la composition volumique de l'air. Déterminer le pourcentage en volume d'un gaz dans un mélange à partir d'une concentration.
Établir un protocole afin de déterminer le volume et la masse d'un gaz.
Calculer la masse volumique et la densité d'un gaz.
Appréhender les différentes notions évoquées dans le cadre de l'étude sur la pollution de l'air.

2^{de} Physique-Chimie **Constitution et transformation de la matière**

Thème 1 • Constitution de la matière de l'échelle macroscopique à l'échelle microscopique.

Partie A • Description et caractérisation de la matière à l'échelle macroscopique.

Notions et contenus Composition volumique de l'air.

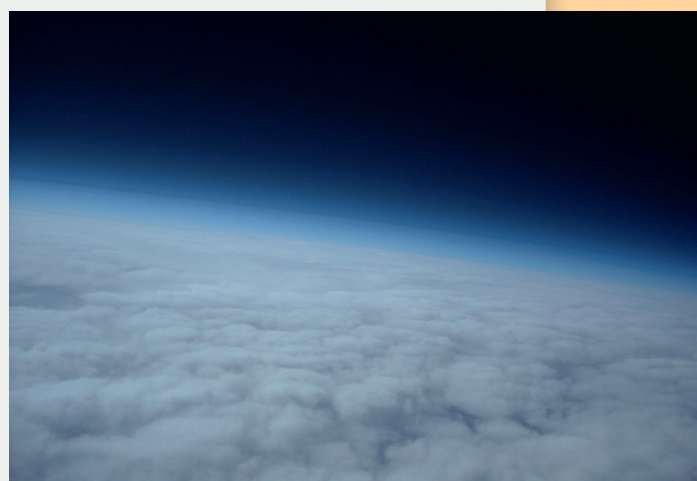
Compétences mobilisées S'approprier **APP**
Analyser / Raisonner **ANA/RAI**
Réaliser **REA**
Valider **VAL**

L'AIR QUI NOUS ENTOURE

L'atmosphère est la couche gazeuse qui entoure notre planète.

Dans sa partie de basse altitude, celle dans laquelle nous vivons, se trouve l'air.

De quoi ce gaz est-il composé ? Qu'est-ce que la pollution de l'air ? Et pourquoi les polluants restent-ils au niveau du sol ?



L'atmosphère terrestre (DR. Nasa.)

Partie A : LA COMPOSITION DE L'AIR

Les philosophes grecs considéraient l'air comme une substance élémentaire, au même titre que l'eau, la terre et le feu.

Cette théorie perdura pendant des siècles.

Lavoisier, un des pères de la chimie moderne, fut le premier à percer le mystère de la composition de l'air.

Comment réussit-il cet exploit ?



Les quatre éléments. © Ratomir Wilkowski

Document 1 : Les constituants de l'air



Vidéo « L'expérience de Lavoisier ».

<https://www.mediachimie.org/ressource/lexperience-de-lavoisier>

1 APP Une fois le mercure chauffé, quel est le gaz qui « disparaît » ?

.....

2 APP Ce gaz n'ayant pas vraiment « disparu », qu'est-il devenu ?

.....

3 ANA/RAI Justifier alors la citation de Lavoisier « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme. »

.....

.....

4 ANA/RAI Historiquement, Lavoisier donne l'appellation d'« azote » et d'« oxygène » aux deux gaz qui composent l'air. D'après les formules chimiques données dans la vidéo, comment nomme-t-on actuellement ces gaz ?

.....

5 APP Donner la composition volumique en pourcentage de l'air.

.....

Document 2 : L'air éminemment respirable

Ayant fait passer une portion de cet air dans un tube de verre d'un pouce de diamètre et y ayant plongé une bougie, elle y répandait un éclat éblouissant ; le carbone au lieu de s'y consommer paisiblement comme dans l'air ordinaire, y brûlait avec flamme et une sorte de crépitation, à la manière du phosphore, et avec une vivacité de lumière que les yeux avaient peine à supporter.

[...]

Cet air que nous avons découvert presque en même temps, M. Priestley, M. Schéele et moi, a été nommé par le premier, air déphlogistiqué ; par le second, air empiréal. Je lui avais d'abord donné le nom d'air éminemment respirable : depuis, on lui a substitué celui d'air vital. Nous verrons bientôt ce qu'on doit penser de ces dénominations.

Extraits de « L'expérience d'analyse de l'air » par Lavoisier

<https://www.mediachimie.org/ressource/l'experience-de-lavoisier-evolution-depuis-deux-siècles-de-sa-présentation-et-de-sa>

**Remarque!**

Dans le texte du **Document 2**, l'appellation « air » est à comprendre au sens de « gaz contenu dans l'air »

6 APP Quel est cet « air éminemment respirable » que Lavoisier met en évidence ?

.....

7 APP Quelle observation remarquable Lavoisier fait-il à propos de ce gaz ?

.....

8 ANA/RAI Le dioxygène est un gaz auquel on associe le pictogramme ci-contre. Que signifie ce pictogramme ?

VAL Valide-t-il les observations de Lavoisier ?

.....

.....

.....



Partie B : LA POLLUTION DE L'AIR

Même si la pollution de l'air peut être naturelle, l'impact de l'homme ne fait aujourd'hui plus débat. Celle-ci est fortement marquée dans les grandes villes, et notamment sur Paris.

Airparif est une association agréée de surveillance de la qualité de l'air en région Île-de-France.

Quelle activité de l'homme est en grande partie responsable de la pollution de l'air? Quel pourcentage représente les polluants dans la composition de l'air?



- 9 **APP** Sur le site de l'association Airparif (<https://www.airparif.asso.fr/>), dans la rubrique « États de l'air » puis « Par station », quels sont les différents polluants étudiés?



- 10 **ANA/RAI** Toujours dans la même rubrique, relevez les indices de pollution en dioxyde d'azote sur le boulevard périphérique (station au niveau de la Porte d'Auteuil) et sur les Champs Élysées. Quelle hypothèse tirer sur les causes d'émission de ce polluant?

Document 3 : Concentration en dioxyde d'azote sur la zone centrale de Paris

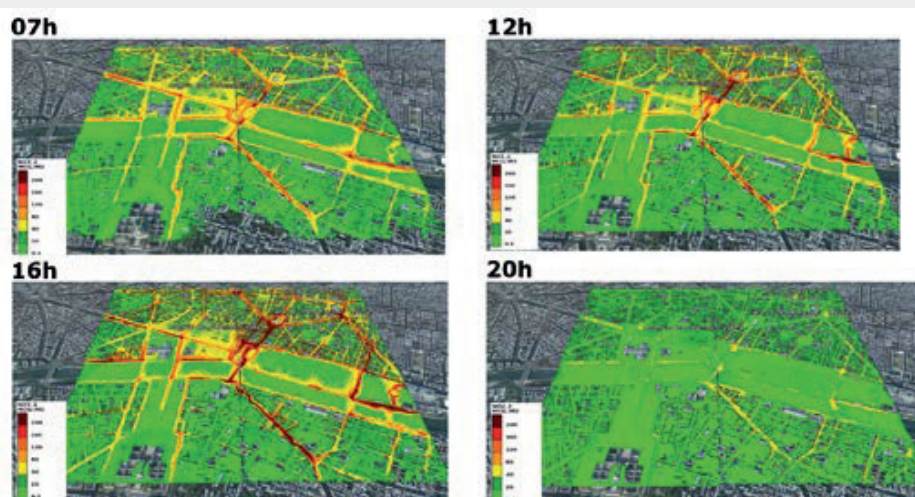


Figure extraite de « Les défis de la santé et du bien-être en ville : pollution atmosphérique, nuisance thermique, odeurs ».

<https://www.mediachimie.org/ressource/les-defis-de-la-sante-et-du-bien-etre-en-ville-pollution-atmospherique-nuisance-thermique>



- 11 **ANA/RAI** Que représentent les zones en vert, en jaune et rouge?
VAL Ce document valide-t-il votre hypothèse de la question précédente?

Document 4 : Masse volumique

La masse volumique d'une substance est une grandeur physique qui donne la masse de cette substance par unité de volume.

Elle est définie par la relation :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

avec :

ρ la masse volumique en kg.m^{-3} ;

m , la masse de la substance en kg ;

V , le volume de la substance en m^3 .

- 12 ANA/RAI En cliquant sur la station d'Auteuil du boulevard périphérique, en bas de page s'affiche un graphique donnant la concentration massique du dioxyde d'azote en fonction du temps (courbe jaune). Relever les heures où l'émission de ce polluant est la plus forte et la plus faible. Que conclure ?

.....

.....

- 13 REA Sur le graphique, quelle est la masse maximale en dioxyde d'azote dans un mètre cube d'air ? Exprimer cette masse, noté m_{max} , en écriture scientifique et en kg.

.....

.....

.....

- 14 REA Sachant que la masse volumique du dioxyde d'azote est $2,3 \text{ kg.m}^{-3}$, calculer le volume de dioxyde d'azote, noté V_{max} , correspondant à la masse m_{max} calculée précédemment. Le résultat sera donné en m^3 .

.....

.....

.....

- 15 REA En déduire un ordre de grandeur du pourcentage en volume de ce polluant dans l'air, noté P.

.....

.....

- 16 ANA/RAI Quel commentaire faire concernant le pourcentage P précédemment obtenu ?

.....

Partie C : DES GAZ LOURDS

« L'air est pesant » dit-on lorsque l'ambiance est grave. Mais combien pèse l'air ? Comment mesurer la masse volumique de l'air ? Qu'est-ce que la densité d'un gaz ? Les polluants s'envolent-ils comme certains ballons de fête foraine ?

Activité expérimentale

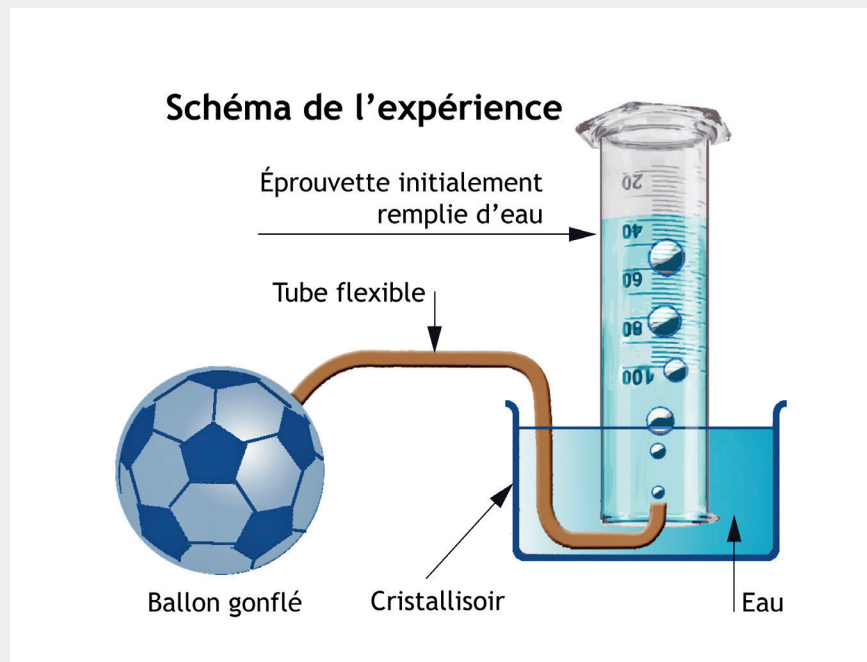
MESURE DE LA MASSE VOLUMIQUE DE L'AIR

Matériel mis à disposition :

- un ballon de foot ;
- une balance électronique de laboratoire ;
- une éprouvette d'un litre ;
- une pompe avec aiguille de gonflage ;
- un tube plastique ;
- un cristalliseur.

Document 5 : Mesurer un volume d'air

Il est possible de récupérer un volume précis d'air contenu dans un ballon grâce au dispositif ci-dessous :



- 17** ANA/RAI La masse volumique d'une espèce chimique est le rapport entre sa masse et le volume qu'elle occupe. Proposer un protocole permettant de déterminer la masse volumique de l'air.

.....

.....

.....

.....

.....

- 18 **REA** Une fois votre protocole validé par le professeur, le mettre en œuvre. Exprimer la masse volumique de l'air en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Donnée : $1 \text{ L} = 1\cdot 10^{-3} \text{ m}^3$

.....

.....

.....

.....

Document 6 : Densité d'un gaz

La densité d'un gaz, noté d_{gaz} , est le rapport entre la masse volumique de ce gaz et la masse volumique de l'air.

$$d_{\text{gaz}} = \frac{\rho_{\text{gaz}}}{\rho_{\text{air}}}$$

Lorsque $d_{\text{gaz}} > 1$, le gaz est plus dense que l'air : à volumes égaux, il est plus lourd.

Lorsque $d_{\text{gaz}} < 1$, le gaz est moins dense que l'air : à volumes égaux, il est plus léger.

- 19 **REA** Les masses volumiques du dioxyde d'azote (NO_2) et de l'ozone (O_3) sont respectivement $2,30 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ et $2,14 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ dans les conditions standards de mesure. Déterminer la densité de ces deux gaz.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- 20 **VAL** En déduire pourquoi les populations sont directement concernées par ces deux polluants.

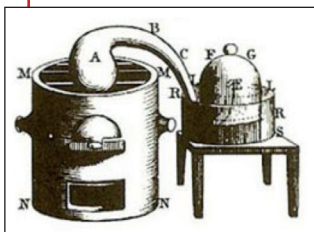
.....

.....

.....

.....

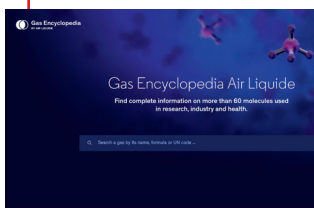
Pour aller plus loin



L'expérience de Lavoisier : évolution depuis deux siècles de sa présentation et de sa fonction dans quelques manuels d'enseignements

Cet article analyse et critique différentes descriptions de cette expérience (texte et image) en explicitant les intentions de leurs auteurs et les évolutions de la chimie qu'elles révèlent.

<https://www.mediachimie.org/ressource/l'experience-de-lavoisier-evolution-depuis-deux-siècles-de-sa-présentation-et-de-sa>



L'encyclopédie des gaz

La société Air Liquide met à la disposition des étudiants, scientifiques, professionnels, et de toutes les personnes intéressées, un contenu de référence sur les gaz. 135 molécules sont répertoriées.

<https://www.mediachimie.org/ressource/lencyclopédie-des-gaz>



Mélanges : Complexe l'air de rien

Cette vidéo, à destination des élèves, retrace avec clarté la définition de la pollution de l'air ainsi que les dispositifs utilisés par l'homme pour la mesurer.

<https://enseignants.lumni.fr/fiche-media/00000001998/melanges-complexe-l-air-de-rien.html>



Démocratiser l'information environnementale pour mieux respirer en ville

Une présentation sur « Plume Labs » qui développe à destination des consommateurs des produits connectés qui permettent de suivre, comprendre, mesurer et anticiper l'exposition aux différents polluants de l'air.

<https://www.mediachimie.org/ressource/démocratiser-l'information-environnementale-pour-mieux-respirer-en-ville>



L'ozone dans l'atmosphère

Un article de Météo France sur l'ozone. Tantôt l'ozone est considéré comme un polluant dangereux pour la santé, tantôt comme une espèce chimique qu'il faut sauvegarder.

<http://education.meteofrance.fr/dossiers-thematiques/le-fonctionnement-de-l-atmosphere/la-composition-de-l-atmosphere/lozone>



1. Une fois le mercure chauffé, le gaz qui « disparaît » est le dioxygène.
2. Il a réagi avec une partie du mercure pour donner le dépôt rouge à la surface du mercure.
3. Le dioxygène n'a pas disparu, le dépôt rouge ne s'est pas créé, il est issu de la transformation du dioxygène et du mercure.
4. Les formules chimiques des deux gaz sont O_2 pour le dioxygène et N_2 pour le diazote.
5. La composition volumique en pourcentage de l'air est 80 % de diazote et 20 % de dioxygène.
6. Cet « air éminemment respirable » que Lavoisier met en évidence est le dioxygène.
7. Ce gaz a la particularité de raviver une flamme.
8. Ce pictogramme est associé aux comburants. Les comburants permettent la combustion d'un combustible, ce qui valide les observations de Lavoisier sur le dioxygène.
9. Les différents polluants étudiés sont le dioxyde d'azote (NO_2), l'ozone (O_3), les particules fines en suspension dont le diamètre est inférieur à 10 micromètres (PM10) et celles dont le diamètre est inférieur à 2,5 micromètres (PM2,5).
10. Pour le 08/01/20, l'indice sur la station de la Porte d'Auteuil du boulevard périphérique est de 45, et celui sur les Champs Élysées est de 27. La circulation autoroutière est plus dense sur le boulevard périphérique que sur les Champs Élysées. On peut donc faire l'hypothèse que les gaz d'échappement sont responsables de l'émission en dioxyde d'azote.
11. Les zones en vert représentent les bâtiments, celles en jaune et rouge sont les axes autoroutiers. L'hypothèse de la question précédente est bien validée.
12. Pour le 07/01/20, l'émission de ce polluant est la plus forte à 7 h du matin. Cela représente le pic de circulation de la journée où les personnes vont travailler. À 2 h du matin, l'émission est la plus faible, c'est le milieu de la nuit, l'activité humaine est minimale.
13. Pour le 07/01/20, on peut lire que la concentration massique maximale en dioxyde d'azote est de $121,4 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$.
Donc pour un mètre cube d'air :
$$m_{\text{max}} = 121,4 \cdot 10^{-6} \text{ g} = 1,214 \cdot 10^{-7} \text{ kg}$$

$$14. \text{ Calcul de } V_{\text{max}} : \rho_{NO_2} = \frac{m_{\text{max}}}{V_{\text{max}}}$$

Donc

$$V_{\text{max}} = \frac{m_{\text{max}}}{\rho_{NO_2}} = \frac{1,214 \cdot 10^{-7}}{2,3} = 5,3 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3$$

15. Pour un volume d'air d'un mètre cube, le volume maximal pour le 08/01/20 est de

$$V_{\text{max}} = 5,3 \cdot 10^{-8} \text{ m}^3.$$

Ainsi le pourcentage en volume de ce polluant, en ordre de grandeur est de :

$$P = \frac{10^{-7}}{1} = 10^{-5} \%$$

16. Malgré un pourcentage très faible, le dioxyde d'azote n'en reste pas moins toxique.

17. Protocole :

- gonfler le ballon ;
- peser le ballon ;
- à l'aide du dispositif présenté dans le **Document 5**, retirer un litre d'air du ballon ;
- mesurer de nouveau la masse du ballon et calculer la différence des masses. Le résultat obtenu correspond à la masse d'un litre d'air ;
- calculer finalement la masse volumique de l'air.

18. On trouve pour un litre d'air une masse d'air :
 $m_{\text{air}} = 1,3 \text{ g}$.

Soit $m_{\text{air}} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$.

Le volume d'air correspondant est :

$$V_{\text{air}} = 1,0 \text{ L} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3.$$

Ainsi $\rho_{\text{air}} = 1,3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

19. Pour le dioxyde d'azote :

$$d_{NO_2} = \frac{\rho_{NO_2}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{2,30}{1,3} = 1,8$$

Pour l'ozone :

$$d_{O_3} = \frac{\rho_{O_3}}{\rho_{\text{air}}} = \frac{2,14}{1,3} = 1,6$$

20. Ces deux polluants ont une densité supérieure à 1.

Ils sont donc plus « lourds » que l'air.

En l'absence de circulation d'air, ils vont donc stagner au niveau du sol, exposant ainsi les populations.