



Ventilation, respiration au Cycle 3

Introduction

La ventilation, c'est l'action de faire circuler l'air entre les alvéoles pulmonaires et l'extérieur du corps. C'est une activité réflexe, mais que nous pouvons sensiblement contrôler.

La respiration, c'est le processus par lequel s'opèrent les échanges gazeux permettant d'oxyder les substances organiques. On ne peut pas agir directement sur l'efficacité de la respiration.

À SAVOIR

Respiration et ventilation

La **respiration** contribue aux fonctions de nutrition de notre organisme en apportant le dioxygène permettant la combustion lente des hydrates de carbone dans l'organisme, avec production de dioxyde de carbone, d'eau et de chaleur.

La **ventilation** assure la « circulation » de l'air chargé en dioxygène lors de l'inspiration et en dioxyde de carbone lors de l'expiration. Les échanges entre l'air ventilé et le sang se font à l'échelle microscopique dans les alvéoles.

Le mot **circulation** est employé ici au sens courant de déplacement. Il n'implique pas l'idée de « cercle » ou de « circuit fermé », contrairement à son usage dans l'expression « circulation sanguine ».

La ventilation permet aussi le refroidissement de l'organisme, l'évacuation d'un surplus de chaleur et assure la détection des odeurs.

Enfin, la ventilation est liée symboliquement et de façon très forte à la vie ; elle est signe de vie, du premier cri jusqu'au dernier souffle.

Ce dossier est paru sous le label
La main à la pâte dans la revue
LA CLASSE ; n° 192, octobre 2008.

L'air que nous respirons

Dans les manuels scolaires et les documentaires, le terme « air » recouvre en fait des substances différentes ou tout au moins différemment définies selon le point de vue ou le contexte d'utilisation du mot.

Dans l'expression « *L'air est constitué, en gros, d'un mélange de 1/5 de dioxygène et de 4/5 de diazote, avec environ 1% d'autres gaz...* », c'est l'air « en général » qui est évoqué, d'un point de vue chimique.

- « *L'air que l'on respire comporte, lorsqu'il est expiré, plus de dioxyde de carbone que celui qu'on a inspiré :*

*21 % de dioxygène et 0,03% de dioxyde de carbone dans l'air inspiré ;
16% de dioxygène et 5% de dioxyde de carbone dans l'air expiré.* »

L'air est ici considéré d'un point de vue biologique, qui décrit un air « local », en interaction avec notre corps.

- « *L'air comporte plus ou moins de vapeur d'eau selon les lieux et les moments, plus ou moins de dioxygène selon l'altitude, plus ou moins de particules en suspension (fumées), plus ou moins de gaz éventuellement toxiques tels que l'ozone par exemple, le dioxyde d'azote ou le monoxyde de carbone ; certains gaz sont détectables par leur odeur, d'autres non...* ».

Il s'agit d'un point de vue environnemental et médical qui fait référence à l'air « atmosphérique ».

La nomenclature chimique utilise les termes de « dioxygène » et « dioxyde de carbone », notés O_2 et CO_2 . Si cette nomenclature est préconisée pour le collège, les termes « oxygène » et « gaz carbonique » restent des noms d'usage courant utilisables à l'école primaire.

OBJET DU DOSSIER

Ce dossier concerne essentiellement la ventilation. Il propose d'étudier les mouvements respiratoires et le trajet de l'air dans le corps. Prolongé par l'étude de la composition de l'air inspiré et expiré, il permettra d'introduire l'idée d'échanges gazeux et d'envisager des liens avec la circulation du sang lors de séquences ultérieures.

Contenu des séquences

Les séquences proposent des observations du corps humain, des mesures, et des lectures documentaires, mais aussi des dissections d'animaux, pour que les élèves puissent observer *des organes proches de ceux de l'être humain*, réfléchir à leur fonctionnement, et trouver quelques réponses aux questions qu'ils se posent. Ces dissections permettent de voir les relations anatomiques entre l'appareil circulatoire et l'appareil respiratoire.

Objectifs

Les élèves perçoivent l'existence de l'air quand il est en mouvement, ou lorsqu'il produit des effets visibles sur des objets. Le mot *ventilation* renvoie à *vent, air en mouvement*.

Avoir travaillé sur la matérialité de l'air n'est pas indispensable pour les séquences proposées ici.

L'étude de la ventilation peut être un moyen de faire prendre conscience de la présence et des propriétés de cette substance qu'est l'air, non accessible directement à nos sens.

- L'air peut être déplacé (à l'extérieur du corps, mais il peut aussi l'être entre l'extérieur et l'intérieur de notre corps);
- Il est invisible (sauf quand il est très pollué) ;
- Il n'est pas toujours inodore, et a donc une composition variable, même si la plupart des tableaux de composition de l'air mis à disposition dans les manuels scolaires et les ouvrages documentaires sont très semblables!

Ces propriétés contribuent à le faire entrer dans la catégorie des « choses matérielles », même si son caractère pesant n'a pas lieu ici d'être utilisé ni exprimé.

Plan du dossier

Séance introductive : idées des élèves et questions qu'ils se posent sur la respiration

Séquence 1 : Observations et mesures des mouvements respiratoires (dès le CE2)

- Inspirer, expirer
- Amplitude thoracique
- La fréquence respiratoire
- Mise en commun et synthèse de la séquence
- Le mou, le dur et autres pistes...

Séquence 2 : Mesure du volume de l'air expiré (à partir du CM1)

- Se familiariser avec un dispositif de mesure
- La préparation de l'expérience
- A vos marques, prêts, soufflez !

Séquence 3 : La circulation de l'air dans le corps : à la découverte d'organes (CM2)

- Ce que je crois savoir et les questions que je me pose sur l'air dans mon corps
- Recherche d'informations par observation de l'appareil respiratoire d'un animal
- Prolongements : radios, squelettes et écorchés, maquettes ; recherches documentaires ; composition de l'air inspiré et expiré.



Ventilation, respiration au Cycle 3

Séquence introductive, séquences 1 et 2

SÉANCE INTRODUCTIVE : IDÉES DES ÉLÈVES ET QUESTIONS QU'ILS SE POSENT SUR LA RESPIRATION

Les enfants associent la respiration à « une entrée et une sortie d'air », ce qui sous-tend qu'ils accordent une matérialité à l'air. Ainsi, autour de nous, il n'y a pas « rien », mais « il y a de l'air » (même si ils ne savent pas encore très bien ce qu'est l'air, et quel est son rôle dans notre vie...).

Collecte de « questions » ou de réflexions

On invitera les enfants, réunis en groupes, à :

- s'exprimer d'abord librement ;
- noter quelques questions ou réflexions par écrit de façon individuelle ;
- enfin, rassembler la liste des questions par groupe.

Ce dossier est paru sous le label
La main à la pâte dans la revue
LA CLASSE ; n° 192, octobre 2008.

Exemple de collecte de « questions » ou « réflexions » au niveau d'une classe

- Qu'y a-t-il dans mon corps ?
- Est-ce quand je respire je me gonfle d'air comme un ballon ?
- Où va l'air qui entre dans notre corps ?
- Combien de temps peut-on rester sans respirer ?
- S'étouffer, c'est avaler de travers, c'est ne plus respirer, c'est manquer d'air.
- L'œsophage, c'est aussi pour respirer ?
- Si j'arrête de respirer mon cœur s'arrête ?
- Quand on est dans le coma est-ce qu'on respire ? On n'a plus de cerveau pour penser à respirer...
- Est-ce qu'on respire avec un ou deux poumons ?
- L'air entre-il dans les deux poumons en même temps, ou dans l'un puis l'autre ?
- Est-ce vrai que ce qu'on respire va au cerveau ? (*Allusion relative au tabac.*)
- Quand je respire, c'est pour sentir.
- Est ce que c'est le même air qui entre et qui sort ?
- Pourquoi nous faut-il de l'air ?
- Est-ce que les poumons filtrent l'air ?
- Comment les poissons font-ils pour respirer ?

Si l'on demande aux enfants de trier leurs idées selon les catégories « ce que je sais » ou « ce que je crois savoir », rien ne garantit la pertinence d'un tel tri : on trouvera des propos erronés dans les « savoirs » énoncés, et des propositions justes dans les idées émises sans certitude !

Les enfants ne peuvent pas non plus sélectionner sans l'aide de l'enseignant les propos qui seraient prioritaires à étudier, car cela suppose qu'ils aient suffisamment de connaissances pour les hiérarchiser, les classer, et qu'ils aient une idée du type d'investigation à mener pour y répondre !

C'est pourquoi, pour orienter cette collecte d'idées préalables et d'interrogations, l'enseignant pourra soumettre aux élèves un questionnaire, tel que ci-dessous.

Exemple de questionnaire

1. Où va l'air que nous respirons ? Explique.
2. Dessine le trajet de l'air dans ton corps.
3. Pose ta main en haut de ton estomac et décris ce que tu ressens lorsque tu respirez.
4. A ton avis, combien de fois un adulte inspire-t-il en une minute ? et un enfant ?
5. Que se passe-t-il si on arrête de respirer ?
6. Quelles sont les questions que tu te poses sur la respiration ?

La liste des idées et questions émises sera présentée sous forme écrite : c'est à partir de ce document que les enfants repèreront leurs acquisitions au fur et à mesure de l'avancée de la séquence.

SÉQUENCE 1: OBSERVATIONS ET MESURES DES MOUVEMENTS RESPIRATOIRES (CE2-CM)

Enjeux

- Faire identifier et verbaliser ce que l'on ressent après un effort : ce qui relève de la ventilation, ce qui relève du rythme cardiaque.
- Mettre en relation les entrées et sorties d'air du corps avec les mouvements du thorax et les associer aux termes d'inspiration et d'expiration.
- Décrire le plus précisément possible les mouvements respiratoires perceptibles (amplitude, fréquence), et se constituer un lexique spécifique.

Séance 1 : Inspirer, expirer

En une séance courte ou à divers moments de la semaine.

Notion visée

La ventilation est un acte qui s'effectue sans qu'on ait à y réfléchir, c'est une fonction automatique, involontaire.

Fréquence cardiaque ou fréquence respiratoire ?

Après une activité sollicitant la respiration, on demande aux enfants de décrire ce qu'ils ressentent, et les modifications qu'ils observent sur leur corps. Après une course, ils évoquent inmanquablement les perceptions de leur rythme cardiaque, qu'ils ressentent généralement au moment d'un changement de rythme significatif : « *Mon cœur bat vite...* » Mais à ces remarques, se mêlent aussi des propos relatifs à la ventilation : « *On respire plus vite, plus fort, on est essoufflé, on manque d'air...* »

Le maître orientera le questionnement des élèves sur les entrées et sorties d'air, et sur leur relation aux mouvements ressentis à divers moments :

- juste après un effort ;
- lorsque la respiration est redevenue « normale » ;
- à un autre moment de la journée ou de la semaine lors d'une respiration « habituelle ».

Entrée et sortie de l'air

On s'attachera en particulier à vérifier que les enfants ressentent bien ce qui se passe au moment de la sortie d'air, notamment au niveau de la cage thoracique. Le but est que chacun prenne conscience :

- de sa propre respiration ;
- que celle-ci fonctionne de façon permanente, même s'il n'y pense pas ;
- que les mouvements « volontaires » ne sont pas forcément efficaces : pour inspirer, les épaules n'ont pas à se soulever, le ventre ne doit pas être rentré (cf. fig.1 et fig.2, page suivante) ;

- mais qu'on peut apprendre à les rendre efficaces : travail lors de séances de musique par exemple (chant, utilisation d'instruments à vent), mais aussi natation (si l'on en a l'opportunité).

Il conviendra également de s'intéresser aussi à ce que l'on perçoit de la respiration d'autrui : quels en sont les signes extérieurs ?

« **À quoi vois-tu que quelqu'un respire ?** »

- « -Les épaules, le ventre se soulèvent.
- Son ventre se gonfle et se dégonfle.
- L'abdomen bouge.
- Il y a de l'air qui sort de sa bouche. »

Ces activités permettent de premières observations, et suscitent l'emploi du vocabulaire dont disposent à ce moment les élèves. Les termes *inspiration*, *expiration*, *respiration*, *poumons*, *cage thoracique*... quand ils sont utilisés, ne le sont pas toujours à bon escient.

Le maître prendra soin de regrouper les observations en trois thèmes pour se prêter à des investigations distinctes.

- Deux premiers aspects, directement observables, peuvent donner lieu à des mesures : **l'amplitude thoracique** et **la fréquence respiratoire**.

- Le calcul du **volume d'air maximum expiré**, qui nécessite un dispositif plus élaboré, fera l'objet d'une autre séquence, éventuellement reportée dans l'année ou le cycle.

Séance 2 : Amplitude thoracique

Notions visées

- Au cours de l'inspiration, l'air entre par la bouche ou le nez ; le périmètre du thorax augmente.
- Au cours de l'expiration, l'air sort par la bouche ou le nez ; le périmètre du thorax diminue.
- Une inspiration et une expiration constituent un cycle respiratoire.

Les élèves constatent d'abord que le volume du thorax « augmente » au cours de leur inspiration, et « diminue » au cours de l'expiration.

Pour leur faire préciser ce constat, on peut proposer aux enfants d'avoir recours à des mesures. Il leur faudra alors chercher une procédure pertinente : que peut-on mesurer et comment ?

Inspiration et expiration : quelles modifications ?



◀ Fig 1



Fig. 2 ▶

Il n'est pas évident de contrôler sa respiration : l'enfant a inspiré « le plus possible » (fig. 1) ; il maintient son ventre et monte les épaules (seul son thorax a gonflé). Lors de l'expiration (fig. 2), il a dégonflé son thorax, et son ventre est resté rentré.

Mesurer le périmètre thoracique d'un ou deux élèves

Quelques élèves acceptent de se faire mesurer le « tour de poitrine ». Une discussion peut alors de nouveau s'engager sur l'ampleur du mouvement respiratoire à réaliser au moment de la mesure : mesurera-t-on une inspiration

« normale » ou bien la plus « grande » possible ? C'est le moment d'introduire les termes d'*inspiration forcée* (c'est-à-dire, le fait d'inspirer jusqu'à ce qu'on ait « l'impression qu'on ne peut pas en faire rentrer davantage »), et d'*expiration forcée* (en essayant d'expulser tout l'air contenu dans les poumons).

On évoquera également l'*inspiration profonde*, qui est plus importante qu'une inspiration au repos, mais pas autant que l'inspiration forcée.

Pour procéder aux mesures, l'enseignant préparera divers instruments.
Si le mètre de couturière n'est pas connu, c'est le moment de le faire découvrir, en le comparant avec celui de bricolage (longueurs différentes, rigidité/souplesse, adaptation à la fonction annoncée: bricolage ou couture).
On peut aussi utiliser de la ficelle avec report sur un mètre.

Faire réaliser les mesures par tous les enfants

Réaliser les mesures en situation de mouvement respiratoire forcé s'impose : le seul fait de penser à expirer engendre un mouvement plus ample que le mouvement naturel.

On prévoira un instrument de mesure pour 2 à 4 élèves, chacun notant les résultats des différentes mesures prises sur plusieurs de ses camarades.

Traitement des données recueillies (séance de mathématiques)

Les mesures réalisées sur l'ensemble de la classe peuvent faire l'objet d'un traitement mathématique :

- Tableau de mesures prises pour différents enfants dans les mêmes conditions,
 - Tableau de mesures prises pour un même enfant à différents moments de la semaine (certaines lors de moments calmes, d'autres après un effort).
- Au CE2, les enfants utilisent les unités de mesure (cm et mm). Ils pourront calculer :
- l'écart entre les valeurs à l'inspiration et à l'expiration pour un même enfant ;

- l'écart entre les plus petites valeurs (ou les plus grandes) dans une même phase, pour des enfants différents.

Si l'enfant le plus menu a le périmètre thoracique le plus petit, il peut cependant avoir un écart plus grand que d'autres enfants entre inspiration et expiration.

Au CM1, on pourra sensibiliser les élèves à la notion de moyenne.

Au CM2, on abordera la notion d'écarts à la moyenne, ou de pourcentage d'augmentation de la valeur du tour de poitrine à l'inspiration par rapport à l'expiration.

Enfant	Inspiration	Expiration	Écart
A	82	72	10
B	85	75	10
C	78	72	6
D	71	68	3
E	92	83	9

Séance 3 : La fréquence respiratoire (CM)

Notions visées

- Une inspiration et une expiration constituent un cycle respiratoire ; la mesure de la fréquence respiratoire consiste à compter le nombre de cycles respiratoires par minute.
- La fréquence respiratoire au repos est différente selon l'âge et les individus : généralement plus de 20 chez un enfant de fin d'école primaire.
- La fréquence respiratoire peut être travaillée, le but étant de contrôler sa respiration pour la rendre plus efficace.

Au départ, certains enfants comptent seulement les expirations, seulement les inspirations, d'autres les deux...

Attention ! Tous les élèves ne sont pas encore persuadés que les mesures obtenues ne sont comparables que si elles correspondent à une même durée... (Penser aux séquences relatives aux sabliers ou clepsydre, ou aux mouvements d'un pendule...)

Comme pour les mesures de périmètre thoracique, les mesures de *fréquence respiratoire au repos* sont difficiles car le *mouvement volontaire* prend la place du *mouvement réflexe* dès qu'on prête attention à ce mouvement. On peut demander aux élèves de compter combien de cycles respiratoires ils effectuent en une minute, au repos et après avoir couru. Une durée suffisamment longue est requise pour qu'il ne soit pas possible d'imposer une fréquence particulière à sa respiration.

Ce travail peut se poursuivre à la maison, où les enfants mesureront la fréquence respiratoire de leurs parents ou grands-parents, ou des frères et sœurs.

Ces mesures permettront de rendre objective la différence de rythme pour une même personne, mais aussi de faire apparaître la diversité des fréquences au repos pour différents groupes de personnes.

Constat sera alors fait que l'on respire même quand on n'y pense pas, mais qu'il est possible de « retenir sa respiration » - pas très longtemps, volontairement ou non (en cas de peur ou d'étonnement par exemple, comme le suggère l'expression « avoir le souffle coupé »).

On n'a jusqu'ici parlé que d'air inspiré, et expiré.

En lançant la discussion sur le thème : « À quoi sert la ventilation ? À quoi sert la respiration ? » Le mot *oxygène* apparaîtra alors sûrement.

On cherchera à ce propos des informations sur les plongeurs en apnée et leurs « records ».

Les athlètes de haut niveau ont une fréquence respiratoire faible alors que leur consommation d'oxygène est très grande pendant l'effort ; ils ont appris à contrôler leur respiration pour la rendre plus efficace.

On peut aussi s'essayer à ne pas respirer quelques instants, et constater que notre cœur continue de battre. Mais attention ! Une absence de respiration

prolongée entraîne des lésions cérébrales irréversibles dans un délai très court, voire entraîne la mort. (Ce sera l'occasion de mettre en garde les enfants contre les « jeux » dangereux qui amènent l'asphyxie : strangulation, sacs en plastique, jeu du foulard.) Notre cerveau utilise à lui seul 20% de l'oxygène fourni à notre corps. Nos cellules cérébrales sont très « gourmandes en dioxygène ». En manque d'oxygène, on « tombe en syncope », ce qui correspond à une perte de connaissance brutale, mais réversible.

Séance 4 : Mise en commun et synthèse de la séquence

Le moment est venu de récapituler les observations et mesures réalisées et de faire le point sur les connaissances acquises. Il s'agira pour cela de :

- Chercher collectivement des titres pour traduire la ou les points traités (ceux qui relèvent de la description des mouvements respiratoires, de leur fréquence...), que l'on pourra situer par rapport aux questions initiales affichées.

- Élaborer oralement un texte commun, qui sera ensuite reformulé à l'écrit.

Le texte pourra être pris en note par quelques-uns, qui trouveront un moment opportun pour le saisir à l'ordinateur, en vue de le distribuer à tous. Quelques photos pourront être ajoutées.

Le maître distribuera un récapitulatif des connaissances complet ou lacunaire. Dans ce dernier cas, il sera complété par les élèves.

Les mots pour le dire

Les termes de lexique sont aussi à préciser. Si les « poumons » sont cités, dès les premières séances, rien ne dit qu'au départ les élèves associent au mot un sens juste. Les enfants devront s'approprier progressivement d'autres termes que l'enseignant introduira. Ils pourront être étudiés en séance de vocabulaire et d'orthographe.

Des mots d'usage courant	Des mots spécifiques à classer selon qu'ils relèvent...	Quelques mots repérables par leur curiosité orthographique
amplitude apnée automatique expiration fréquence inspiration involontaire odorat record respirer rythme sentir ventilation volontaire	de l'anatomie diaphragme thorax cage thoracique abdomen, abdominal trachée oesophage de la biologie alvéoles cellule surface d'échange de la chimie oxygène dioxyde de carbone	Ils contiennent un h thorax marathon athlète œsophage diaphragme trachée un y oxygène et dioxygène syncope les deux rythme asphyxie

Séance 4 : Le mou, le dur... et autres pistes ; vers d'autres activités pour d'autres séances ...

Ces activités sont l'occasion pour les élèves de sentir leur thorax et de constater qu'il est constitué des côtes sur les côtés et à l'avant.

On pourra préciser que les côtes sont des os attachés sur certaines vertèbres de la colonne vertébrale à l'arrière, et reliées au sternum à l'avant. C'est cet ensemble qu'on appelle la cage thoracique.

L'abdomen ne comporte pas d'éléments durs.

Vers une étude du squelette

L'observation de radios, la manipulation de squelettes humains permettront une première visualisation de l'intérieur du corps.

Vers une étude des muscles

Dans une situation d'expiration forcée, les enfants expérimenteront, en posant une main sur l'abdomen, le durcissement du ventre. On mettra en relation ce durcissement avec la contraction des muscles, appelés à cet endroit les muscles abdominaux, qu'ils connaissent sous le nom d'« abdos » !



Vers une étude de la circulation

On peut mettre en regard, sur un même graphique, la fréquence respiratoire et la fréquence cardiaque : avant un effort, juste après, et lors de la récupération.

Vers un travail du souffle

Le travail de contrôle de la respiration pourra être repris lors d'activités musicales ou sportives.

Etude du volume d'air inspiré (séquence suivante)

Si cela n'est pas apparu en cours de séance, on pourra attirer l'attention des élèves, sur la quantité d'air qui entre et qui sort au cours des mouvements respiratoires, et leur proposer de chercher comment la mesurer.

SÉQUENCE 2: MESURES DU VOLUME D'AIR

Séance 1 : Se familiariser avec un dispositif de mesures

Enjeux

- Se familiariser avec un dispositif de mesure
- Evaluer le volume d'air expiré en assurant la possibilité de comparaisons

La question de la mesure du volume expiré est posée :

« Comment récupérer l'air que l'on a expiré ? Comment peut-on mesurer la quantité d'air que l'on peut expirer en une seule fois ? »

Cette activité nécessite d'utiliser certaines notions relevant de l'étude de la matière : l'air peut être emprisonné sous l'eau, transvasé, il occupe tout le volume qu'on lui offre, il peut être comprimé...

Faire proposer ou présenter un dispositif ?

Dispositifs à l'initiative des enfants

Souffler dans un ballon ou dans un sac en plastique sont parmi les premières réponses proposées par les élèves. Ces manipulations ne permettent pas de répondre directement à la question : se posent les problèmes de comparaison de volumes d'air plus ou moins comprimés, ou de la pesée de l'air contenu...

Dispositif induit ou présenté par l'enseignant

L'enseignant présentera aux élèves le matériel suivant:

- une bassine (ou aquarium) remplie d'eau ;
- du tuyau (transparent) de section 1cm et des pailles
- des bouteilles en plastique (ou récipients transparents) de différentes contenances..

A la vue de ce matériel, certains avanceront sans doute quelques idées intéressantes. Mais, l'expérience montre que plusieurs séances seront nécessaires avant d'aboutir au dispositif recherché. Il faudra donc débattre avec les élèves, orienter leurs réflexions par un questionnement approprié et procéder à de nombreux essais pour les amener au montage final (sorte de spiromètre).

Toutes les propositions émises (ex. : « Le réservoir doit être rempli d'eau », « On doit le plonger dans la bassine d'eau, avec l'ouverture vers le bas », « Il faut un tuyau pour faire entrer l'air dans le réservoir... ») devront être précisées et argumentées par leurs auteurs.

(<http://rustrel.free.fr/spirometre.htm>)

On peut également imaginer que le maître présente un dispositif déjà réalisé, et qu'il demande aux élèves de le reproduire. Il montrera en même temps la façon de recueillir l'air dans un bocal (au départ non gradué), en expirant légèrement (pour ne pas induire d'idée de quantité maximale). Plusieurs problèmes resteront néanmoins à résoudre :

Taille du réservoir

La plupart des élèves optent pour un petit format de bouteille, qui leur paraît suffisant... Le choix éventuel d'un gros bidon relève davantage d'une envie de démesure et d'originalité que d'une estimation réelle de la place que prendra l'air expiré !

La graduation

Comment estimer, mesurer le volume de l'air expulsé ? Ceux qui auront pris de petites bouteilles (0,5 L ou 1 L) se rendront compte qu'ils peuvent en chasser la totalité de l'eau qu'elles contenaient. Combien de petites bouteilles retournées dans un même bac peut-on ainsi « vider » de leur eau ? A partir de quelle taille de bouteille n'est-il plus possible de chasser toute l'eau ? Où faut-il mettre des repères sur les gros bidons ? Comment les étalonner ? Les élèves doivent prévoir que l'air se retrouve dans la partie haute de la bouteille retournée donc du côté opposé à son goulot.



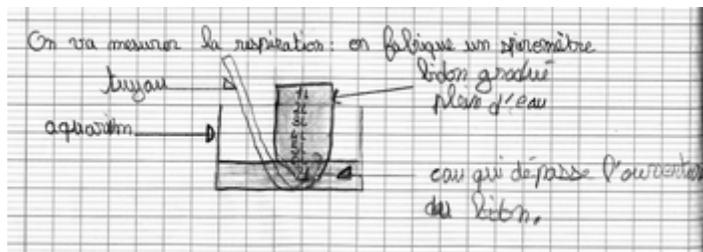
Séance 2 : La préparation de l'expérience

Avant la réalisation de mesures systématiques, on demande aux élèves de schématiser le montage

- soit en dessinant eux-mêmes un croquis ;
- soit en légendant correctement un croquis distribué par le maître.

Dans les deux cas, ils devront indiquer où se trouve l'eau, (y compris dans le tuyau transparent) avant de souffler et après avoir soufflé.

Cela nécessite des va-et-vient entre le dessin et l'observation... C'est une fonction d'« aide à l'observation et à la réflexion » que l'écrit assure alors.



Exemple de représentation enfantine

Intérêts et limites du dispositif

Les élèves réalisent alors que l'air que nous expirons occupe un certain volume. Il n'est pas forcément le même à chaque expiration, et il peut varier aussi d'un élève à l'autre.

On ne peut comparer les volumes des gaz qu'en les mesurant dans les mêmes conditions de température et de pression. (Le fait qu'une même quantité de gaz puisse occuper des volumes différents sous des pressions différentes est bien sûr hors de portée des enfants.)

En toute rigueur, le maître devrait imposer une procédure de lecture de volume d'air après ajustement de la position du récipient retourné, de façon telle que l'eau de la bassine et celle du récipient retourné soient à un même niveau. On peut négliger cependant cette étape dans le contexte de travail de l'école primaire, l'erreur étant minime.

Séance 3 : A vos marques, prêts soufflez !

On prévoira pour cette séance un dispositif spiromètre par groupe, et un tuyau (ou embout jetable) pour chaque élève.

A noter que constituer des groupes en fonction des périmètres de thorax mesurés lors de la séquence précédente permet de faire percevoir que ces deux informations (périmètre thoracique / volume d'air expiré) ne sont pas forcément corrélées !

Plusieurs points sont à discuter avant de commencer les mesures

Les élèves devront-ils expirer l'air de façon normale (inspiration normale suivie d'une expiration normale dont l'air sera envoyé exclusivement dans le tuyau) ou de façon forcée (inspiration forcée suivie d'une expiration forcée - opération contrôlée en se bouchant le nez à l'expiration) ?

Comment retenir les mesures effectuées : de tête, ou bien à l'écrit ? Valeurs écrites en lignes, en colonnes ? dans un tableau ? sous forme de phrases ? relevées sur brouillons intermédiaires ? Les enfants devront opter pour une forme d'écrit adaptée à l'usage qu'ils auront à faire de leurs notes.

A partir des mesures, plusieurs tâches possibles

A partir des mesures réalisées, plusieurs travaux pourront être proposés :

- Calculer une moyenne à partir de plusieurs essais d'un même élève.
- Calculer une moyenne à partir des mesures des expirations de chacun des 4 élèves d'un groupe (ou réaliser la somme pour 4 élèves).

Il faudra toutefois garder à l'esprit que cette situation peut donner lieu à des valeurs de cumul ou des moyennes proches malgré la diversité des volumes individuels. Mais on peut tout aussi bien constater des différences importantes.

L'intérêt de ce type de calcul est qu'il prépare à la compréhension de ce

qu'est une moyenne, et d'amener à comprendre des formulations du type :

« Pour une expiration forcée, le volume maximum moyen pour un adulte est d'environ 1,7L. » (Il s'agit là d'une moyenne obtenue pour un groupe d'adultes, pour lesquels on a aussi effectué une moyenne de plusieurs mesures lors d'expirations.)

Quelques données statistiques

Le volume d'air couramment mis en jeu au cours des mouvements respiratoires normaux est d'environ 0,5 L pour un adulte.

Le volume d'air au cours d'une inspiration forcée peut atteindre plus de 3 L.

Pour une expiration forcée, le volume maximum moyen est d'environ 1,7 L.

Il reste toujours une environ 1,3 L d'air non expulsable, dans nos poumons (bien sûr, cet air se renouvelle).

Au repos nous consommons environ 15 L d'oxygène par heure, d'où la nécessité d'aérer une pièce pour renouveler l'air.

Un marathonien a besoin d'environ 150 L par heure.

Des questions subsistent

Que devient l'air qui entre dans notre corps ? Comment le savoir ?

L'air expiré est-il le même que celui que nous expirons ? Quelle explication à cela ?



Ventilation, respiration au Cycle 3

Séquence 3

SÉQUENCE 3: LA CIRCULATION DE L'AIR DANS LE CORPS : À LA DECOUVERTE D'ORGANES (CM2)

Séance 1 : Ce que je crois savoir et les questions que je me pose sur l'air dans mon corps

Faire le point sur le sujet

Le maître écrit « appareil respiratoire » au tableau et, pour éviter toute confusion sur le sens du mot « appareil », explique : *Un appareil est un ensemble d'organes qui contribuent à une même fonction.*

Puis il distribue aux enfants une silhouette humaine vierge, avec la consigne de dessiner l'appareil respiratoire. Pour les aider dans la réalisation de leur dessin, puis dans le commentaire et la mise en place des légendes, il leur posera des questions du type :

- Où va l'air qui rentre dans le corps ?
- Quel est son trajet dans le corps : par où passe-t-il ? Dans quels organes ?

On peut aussi faire travailler les élèves non pas sur une mais deux silhouettes. On leur demandera alors de représenter :

- sur l'une, le trajet de l'air lors de l'inspiration ;
- sur l'autre, celui de l'air expiré.

Certains élèves dessinent alors le gonflement des poches représentant les poumons, d'autres indiquent aussi un gonflement du cœur.

Ce dossier est paru sous le label
La main à la pâte dans la revue
LA CLASSE ; n° 192, octobre 2008.

Enjeux

- Cerner le parcours de l'air dans le corps en observant les organes de l'appareil respiratoire d'un animal dont l'anatomie est proche de celle de l'être humain, et en observant des radiographies pulmonaires humaines (et autres supports documentaires), ainsi que des maquettes.
- Concevoir l'idée que la respiration ne se limite pas à faire entrer de l'air dans les poumons, notamment observer l'interface entre tuyaux de circulation d'air et tuyaux de circulation du sang.

Notions visées

- L'air circule dans différents organes : la trachée, les bronches et les poumons. Les enfants en apprennent leur nom, mais aussi leur forme, leur couleur, leur consistance, et quelques éléments de leur structure interne.
- L'air et le sang sont en contact dans les alvéoles et peuvent échanger de l'oxygène et du gaz carbonique.
- Il y a un seul cœur mais deux poumons, chacun étant constitué de plusieurs lobes. Au cours de l'inspiration, ils se remplissent (ensemble) d'air et gonflent; ils dégonflent au cours de l'expiration. Le cœur ne gonfle pas.
- Trajet de l'air: l'air entre par le nez ou la bouche, puis il passe dans le pharynx et le larynx, qui est l'extrémité supérieure de la trachée (cordes vocales, voix). Ensuite il circule dans la trachée, qui se sépare en 2 bronches à l'entrée des 2 poumons. Dans chacun d'eux, les conduits d'air ont des diamètres qui diminuent de plus en plus: les bronches se divisent en bronchioles, pour finir dans les alvéoles, sortes de petites poches invisibles à l'œil nu, qui terminent les voies respiratoires.
- Les deux poumons sont situés dans la cage thoracique. Elle est formée sur les côtés par les côtes (os) et est fermée à sa base par le diaphragme (muscle).
- L'ensemble « poumons, trachée, et cage thoracique » constitue l'appareil respiratoire

L'affichage de ces premiers dessins au tableau montre des propositions de réponses diversifiées :

- Par exemple, l'air entre et sort du corps par le nez seulement, ou par la bouche, ou par les deux orifices.
- Il poursuit son trajet dans un ou deux conduits, vers un ou deux ou trois poumons.
- Ceux-ci sont représentés sous la forme de poches vides ou contenant – rarement– des conduits.
- Le cœur est très souvent représenté.
- L'ensemble est situé dans le thorax ou descend jusque dans l'abdomen.
- La présence du sang est parfois signalée (si l'on a insisté sur le devenir de l'air dans tout le corps).

Remarques concernant la démarche adoptée

Dans certaines classes, les enfants sont peu habitués à ce mode de fonctionnement, qui consiste à s'exprimer, à émettre des hypothèses sur des questions qui leur sont étrangères.

On constate pourtant qu'ils sont tout à fait capables de produire des réponses, sinon à l'écrit, du moins à l'oral... et c'est le rôle du maître que de les y encourager.

Très souvent, un enfant s'est construit un système d'explication du phénomène qui lui paraît cohérent. Il n'éprouve donc pas la nécessité d'en changer. La confrontation aux idées de ses camarades, grâce à l'affichage, l'obligera à s'interroger sur la pertinence de son explication personnelle (ce qui ne veut pas dire que l'obstacle sera pour autant surmonté !).

On proposera alors aux élèves de classer les dessins selon les idées qu'ils véhiculent. À travers la discussion collective qui va s'instaurer, ils seront amenés à :

- analyser chaque représentation ;
- formuler ses caractéristiques.

On constatera à cette occasion que les élèves ont parfois du mal à percevoir la similitude d'une idée sous la diversité de ses représentations dessinées. Ils ont également du mal à repérer certains détails - qui changent parfois tout - entre deux dessins ! Le maître devra donc les aider à formuler les éléments propres à chaque dessin.

Compléments

- Il y a environ 300 millions d'alvéoles pulmonaires dans les deux poumons d'un humain. Les plus fines bronchioles ont le diamètre d'un cheveu. Toutes les vésicules ouvertes et étalées couvriraient une surface d'environ 100m² (surface d'un court de badminton = 105 m²) ; c'est la surface d'échange avec l'appareil circulatoire. Les vaisseaux sanguins ont, autour des alvéoles, des parois très fines qui permettent la diffusion des gaz. Environ 5 litres de sang passent dans cette surface d'échange par minute.

- La présence de ces vaisseaux sanguins explique la couleur rose des poumons. Si les bronches ou les bronchioles sont obstruées par des particules (sécrétions, tabac, pollution externe..) les échanges respiratoires sont gênés.

- Le dioxygène se fixe réversiblement sur le fer de l'hémoglobine contenue dans les globules rouges du sang, et est ainsi transporté vers tous les organes où il diffuse à toutes les cellules. La consommation du dioxygène dans les réactions de « combustion » produit de l'énergie, et du dioxyde de carbone qui se dissout dans le sang et est ainsi transporté jusqu'aux poumons qui l'évacuent lors de l'expiration.

Étudions quelques unes des représentations parmi les plus fréquentes :

1- Un seul tuyau mène l'air de la bouche à un seul poumon (fig. 1).

2- L'air qui passe par le nez arrive à un poumon, celui qui passe par la bouche à un autre. (fig. 2).

3- Les sinus et le cœur apparaissent, ainsi qu'un tuyau commun à l'alimentation et à l'air.

L'arrivée d'air semble mener au cœur (fig. 3).

4- La bouche et le nez conduisent l'air vers un même tuyau, qui traverse le thorax pour arriver au cœur, situé dans l'abdomen (fig. 4).

À l'occasion de cette séance, on pourra expliquer (ou rappeler) aux élèves que la démarche qu'ils viennent d'adopter s'apparente à celle des chercheurs : ils se posent des questions, ils émettent des hypothèses, ils comparent leurs idées, et ensuite ils cherchent comment ils vont s'y prendre pour tester leurs idées.

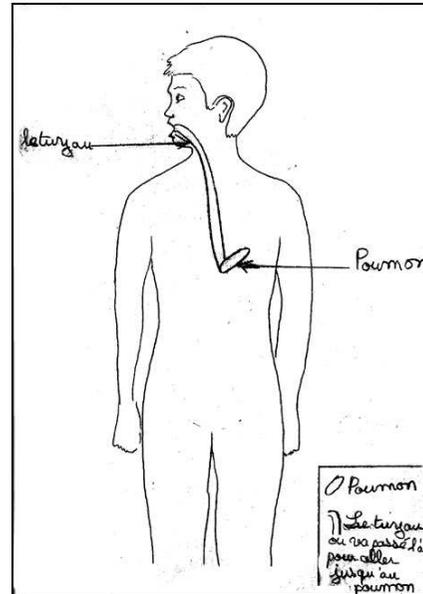


Fig. 1

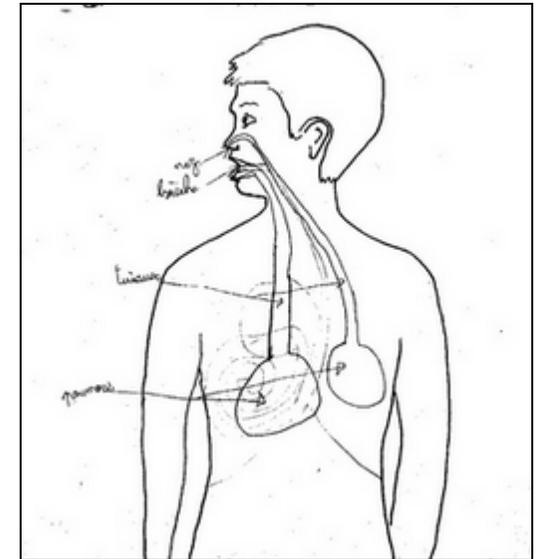


Fig. 2

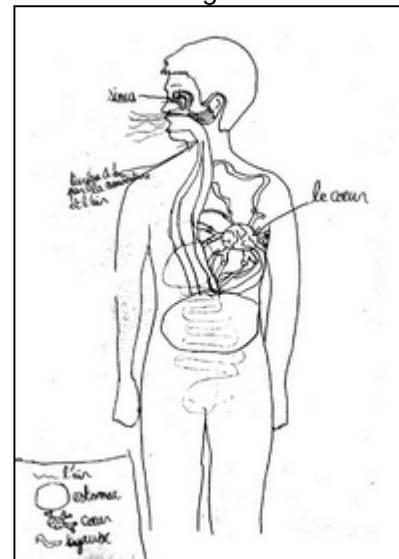


Fig. 3

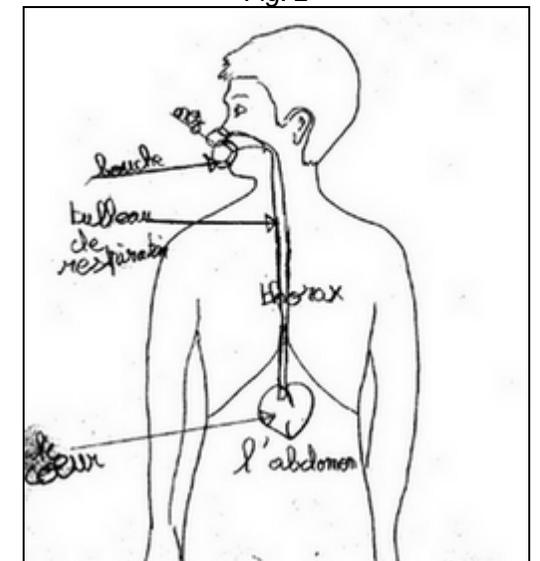


Fig. 4

Envisager des investigations

L'enseignant demande aux enfants : *Que faudrait-il faire pour savoir comment est constitué l'intérieur de notre corps?*

Les enfants formulent oralement de nombreuses possibilités :

- *Demander à un scientifique.*
- *Prendre le corps d'un mort, et demander à quelqu'un de le découper (dissection).*
- *Regarder dans une encyclopédie, dans un livre de sciences, sur Internet...*
- *Regarder sur « un mannequin d'exposition », ou sur une carte comme celles qu'ont certains médecins (planche anatomique).*
- *Chercher sur des radios ou des scanners...*

La question des dissections est toujours un sujet délicat à aborder. Il est important d'y consacrer un temps d'échanges où l'on indiquera que cette pratique permet d'observer à l'intérieur du corps d'un animal mort. Les enfants conviendront qu'il n'est pas possible de disséquer un corps humain.

On expliquera que seuls les futurs médecins, au cours de leurs études, ont la possibilité d'étudier le corps de personnes mortes qui ont fait don de leur corps à la science. C'est bien de cette manière qu'au cours de l'histoire, on a découvert les organes de l'être humain, mais que de nos jours, même si de nos jours, on dispose d'autres moyens pour « voir » à l'intérieur du corps ! Cette discussion permettra d'aboutir à l'idée de rechercher des informations sur des radiographies ou des scanners, idée qui sera exploitée par la suite....

À la suite de cette discussion, l'enseignant annoncera qu'on observera l'intérieur du corps d'un animal à l'occasion de la prochaine séance. Les élèves devront alors, sur la base des dessins affichés, formuler les questions pour lesquelles ils pensent pouvoir obtenir des réponses par la dissection. On numérottera les dessins affichés pour pouvoir les désigner facilement, et éventuellement les faire classer par idée (ce qui simplifiera le numérotage).

Séance 2 : Recherche d'informations par observation de l'appareil respiratoire d'un animal

Organisation de la dissection

Qui fera la dissection ?

Quatre possibilités :

- L'enseignant accompagne ses élèves dans ce passage —délicat— de l'observation externe à l'observation interne, même s'il ne se sent pas expert.
- Il peut aussi avoir recours à une personne ressource, parent d'élève vétérinaire ou étudiant de biologie... La classe sera alors observatrice.
- S'ils en manifestent le désir, les enfants peuvent aussi effectuer eux-mêmes la dissection.
- La dernière solution est la plus simple, qui consiste à projeter un film (ce n'est pas celle qui est préconisée ici).

Que disséquer ?

Là encore, plusieurs possibilités :

- Un appareil respiratoire d'agneau (ou de porc) suffisamment gros pour que la dissection effectuée par le maître soit visible par tous.
- Un appareil respiratoire de lapin ou d'agneau par groupe.
- Des appareils respiratoires d'animaux différents, ce qui permettra de se livrer à des comparaisons, et se poser la question de l'appareil respiratoire humain.

On choisira de préférence un ensemble sur lequel la trachée est restée la plus longue possible, et où les poumons ne sont pas (trop) entaillés ...

Où ?

Deux cas de figure sont à envisager :

- Dans le cas d'une dissection effectuée par l'adulte, un préau (ouvert), ou une salle polyvalente, constituera un endroit confortable pour installer les élèves autour d'une table d'observation. Le cas échéant, l'image vidéo sera un complément utile à l'observation directe.
- Dans le cas où les enfants « opèrent » eux-mêmes, on disposera un tractus par bac pour 4 à 6 élèves.

Comment ?

Les élèves se montrent très souvent intéressés par la possibilité qui leur est offerte d'observer de vrais organes, comparables à leur propre corps. Si certains sont impressionnés, il est conseillé de les laisser à distance, sans bien sûr les empêcher de s'approcher lorsqu'ils le décident (en général, ils sont attirés par les exclamations de leurs camarades, au moment du gonflement des poumons)

Matériel

Pour chaque groupe, si les élèves dissèquent

- 5 ou 6 ensembles cœur-poumons d'agneau et/ou de lapin, chacun dans un bac.
- Gros ciseaux et ciseaux assez fins.
- Gants souples.
- 60 cm de tuyau pour aquarium ou tuyau d'arrosage (diamètre 16-12) ou pailles.
- sac poubelle
- chiffons.

Pour la classe si l'enseignant dissèque

- le même matériel en un seul exemplaire
- appareil photo numérique (ou caméra) reliée à une télévision (ou vidéo projecteur).

Observation externe de l'appareil respiratoire

Les élèves s'installent autour de la table, sur laquelle l'enseignant a posé une cuvette contenant un ensemble cœur-poumons d'agneau.

Munis de gants jetables et d'un chiffon, les enfants vont pouvoir toucher, retourner, manipuler les différents morceaux de ce bloc, repérer les différentes parties nommées, en référence ou non à un schéma donné.



Première observation

Les enfants sont invités à décrire oralement ce qu'ils observent, aidés par l'enseignant (ou la personne ressource) qui reformule la description et nomme les éléments observés (œsophage, trachée... lobes des poumons, cœur). Les différents termes seront écrits au tableau pour compléter la liste déjà établie antérieurement.

Parfois, il reste une partie du diaphragme accrochée à la base du cœur. Il est alors intéressant alors de montrer cet organe, de le nommer, et de dire qu'il s'agit d'une partie d'un muscle qui ferme la base de la cage thoracique

Les élèves seront notamment amenés à

- identifier la graisse sur le cœur ;
- noter la différence de couleur et de toucher entre trachée ou bronches (tuyaux durs avec des anneaux) et vaisseaux sanguins (tuyaux mous et blancs) ;
- observer les lobes des poumons et les étaler pour en repérer la forme. Ils seront ainsi en mesure de répondre à la question : « Comment sont faits les poumons, en extérieur ? ».en attendant d'observer l'intérieur et de voir où va l'air qui y est entré !

Introduction d'air dans l'appareil respiratoire

Des questions relatives au passage de l'air dans les poumons vont émerger : on les notera même si la réponse n'aura pas forcément de base expérimentale :

- *Que se passe-t-il si on introduit de l'air ?*
- *Qu'est-ce qui se gonfle ?*
- *Les poumons sont-ils « en série » ou « en dérivation » ?*
- *Le cœur reçoit-il l'air des poumons ?*

Arrive le moment de la démonstration : l'enseignant place un tuyau dans la trachée (cartilagineuse, donc assez rigide), souffle une grande bouffée d'air dans ce tuyau, puis retire très vite sa bouche. (On peut aussi utiliser une pompe et un tuyau.)

Lorsqu'ils voient les poumons se gonfler, les enfants s'exclament, expriment ce qui les a surpris. La manipulation est reprise par quelques volontaires, chacun essayant de décrire plus précisément ce qu'il a observé. Ici aussi, l'utilisation de la vidéo de l'action peut être utile, si on ne souhaite pas prolonger la séance.



Certaines réponses aux questions précédemment soulevées sont donc trouvées : l'enseignant guidera leur formulation à partir des observations des enfants :

- *Les deux poumons se gonflent en même temps, ils deviennent quasiment blancs. Ceux dans lesquels on ne souffle pas ne se gonflent pas, et restent roses. Cela ne constitue pas une réponse suffisante à leur question issue d'une comparaison avec un montage électrique (série ou dérivation) ; il faudra avoir recours à une observation spécifique et à la documentation.*
- *Les poumons ne se gonflent pas comme un ballon ou comme un sac.*
- *Le cœur ne gonfle pas lorsque l'on insuffle de l'air dans les poumons ; il est soulevé lorsque ceux-ci sont en mouvement.*
- *Les poumons se vident tout seuls, sans aide. Toutefois on ne peut rien en déduire concernant nos propres poumons, puisque les organes observés ne font plus partie d'un organisme vivant et qu'il a fallu les gonfler artificiellement. Une fois gonflés, nos poumons peuvent se vider passivement car ils sont élastiques.*

L'enseignant rappellera aux élèves qu'ils ont représenté les poumons sous la forme de sortes de poches contenant de l'air. Pourtant, ils ont observé qu'ils ne se remplissaient pas comme un sac. *Comment faire à présent pour savoir ? Il faut couper pour voir dedans !!*

Pendant que les enfants, dans la phase suivante, vont dessiner et légènder, l'enseignant passera de groupe en groupe pour couper le long de la trachée.

Sur la plupart des tractus, on ne disséquera qu'un seul poumon : l'autre, resté intact, pourra servir à des explorations complémentaires.

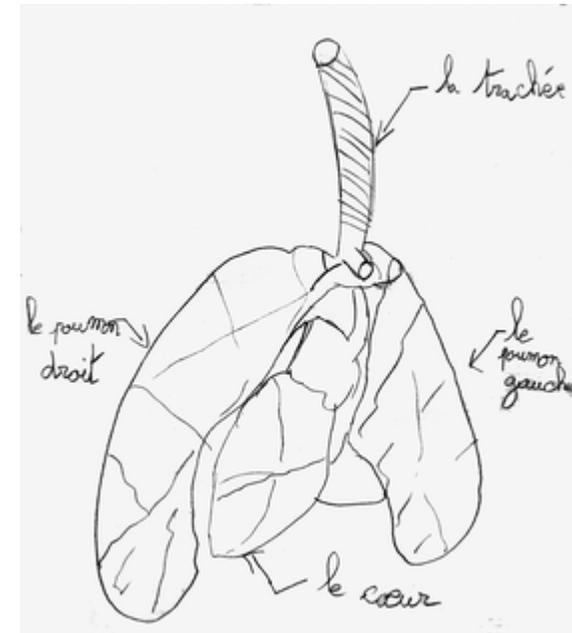
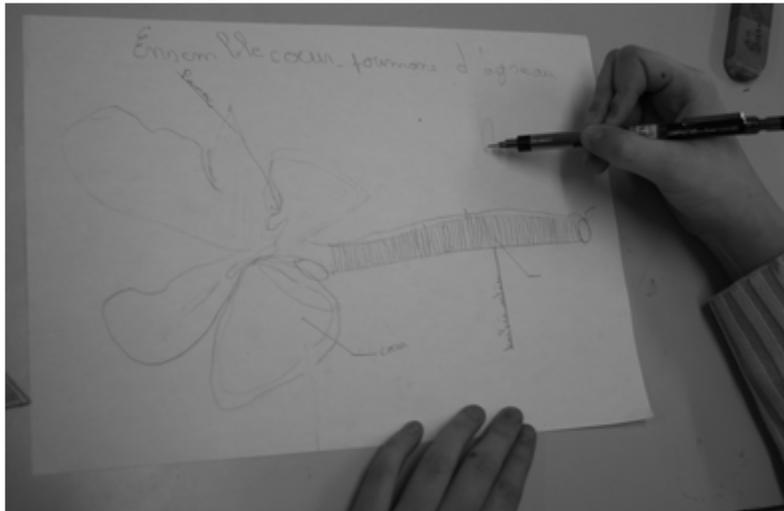
Dessin et/ou écriture de légèndes sur un schéma

Dans la seconde partie de séance, les enfants s'installent à nouveau autour de la table d'observation, ou autour de l'appareil respiratoire de leur groupe. Le but sera de conserver une trace écrite de l'observation à partir d'un dessin (ou d'une photo) fourni que les enfants devront légènder pour s'appropriier le vocabulaire et l'orthographe des mots employés lors de la séance.

On peut aussi demander aux enfants de dessiner eux-mêmes l'ensemble qu'ils ont sous les yeux et de le légènder en utilisant les mots du tableau— c'est plus difficile, mais cela présente l'avantage de les maintenir plus

longtemps sur un travail écrit... le temps que l'enseignant, s'il est seul, passe dans les groupes et commence à faire découvrir à chaque groupe l'intérieur d'un des poumons en les découpant !

S'il s'agit d'un premier dessin à légender, des consignes devront être données : choix des lieux d'écriture, écriture lisible, tracé des traits à la règle.



Observation de l'intérieur de l'appareil respiratoire

Un ensemble ramifié

L'enseignant engage une pointe de ciseaux dans la trachée puis coupe le long de cette voie respiratoire. Il fait décrire ce qui est découvert et nomme les conduits observés.

La dissection permet de montrer que la trachée se divise en deux bronches. À chaque bifurcation, une direction est choisie et poursuivie ainsi jusqu'à l'extrémité visible des voies respiratoires. On peut constater que la paroi des conduits respiratoires est assez rigide (c'est du cartilage), et que leur taille diminue au fur et à mesure de l'avancée de la dissection.

L'enseignant ouvre ainsi plusieurs voies respiratoires. Les enfants découvrent que l'ensemble des voies ainsi « disséquées » forme un ensemble très ramifié, un peu comme les branches d'un arbre. Ils constatent que le poumon n'est pas une poche.



Des bronchioles et des vaisseaux sanguins

On demandera aux enfants de couper la pointe d'un lobe pulmonaire pour examiner l'intérieur d'un poumon.

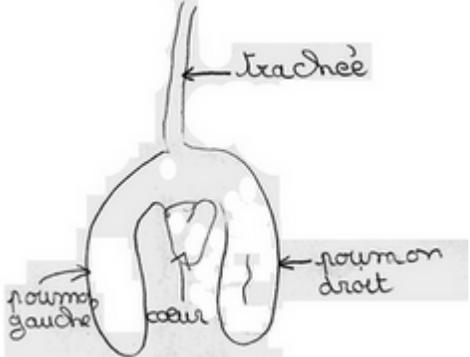
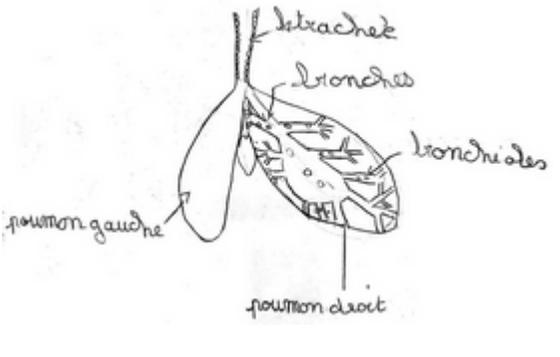
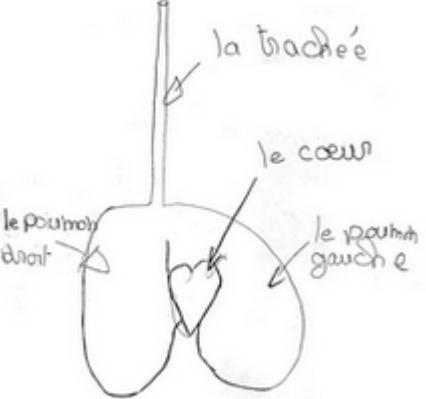
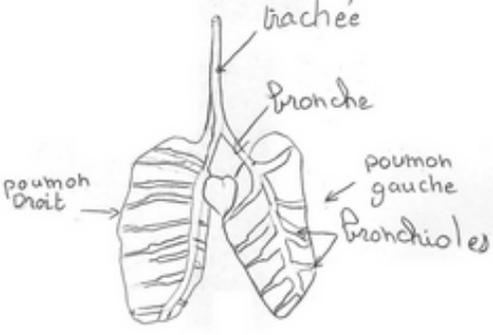
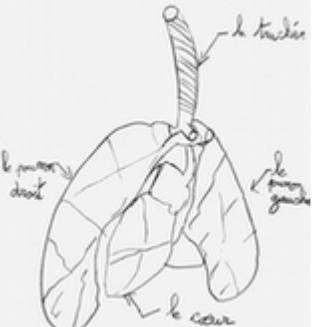
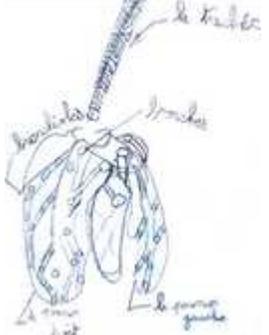
En soufflant de l'air dans les bronchioles, on peut observer les extrémités des voies respiratoires qui gonflent : ce sont les sacs alvéolaires, où se trouvent les alvéoles, qui ferment les voies respiratoires.



On procédera à une deuxième coupe transversale de la pointe d'un poumon pour obtenir une tranche de 2 cm d'épaisseur. On observera alors les sections des bronchioles sur les deux faces, à l'œil nu et à la loupe.



À la loupe, on notera qu'ils décrivent des petits tuyaux (certains contiennent du sang, d'autres sont dépourvus de sang) : il y a donc côte à côte de très petits vaisseaux sanguins et de très petites conduites d'air, les bronchioles. Les bronchioles terminales ont un diamètre de 0,5 mm. Les enfants, au fur et à mesure, reprendront leur premier dessin pour le compléter.

Dessins en vue externe- Avant dissection	Dessins des voies respiratoires disséquées
	
	
	

Si la plupart des dessins font figurer les conduits, pour la représentation des alvéoles et des vaisseaux sanguins, il faudra donner un schéma plus complet et précis à légender pour réinvestir le vocabulaire employé au cours de la séance et expliquer qu'il s'agit de structures microscopiques.

On pourra aussi tester d'autres idées exprimées :

- *S'il y a beaucoup d'air dans les poumons, est-ce qu'ils flottent ?*

- *Si je mets un poumon dans l'eau et si je presse, est-ce que je verrai des bulles ?*

- *Si je souffle en mettant le poumon dans l'eau, est-ce que je vais voir des bulles ?*

Les enfants savent à présent que l'air entre et sort des poumons par des sortes de tuyaux dans lesquels l'air passe (trachée, bronches, bronchioles) et qui se terminent par de minuscules alvéoles aux parois très fines dans lesquelles se trouvent des vaisseaux microscopiques transportant du sang.

PROLONGEMENTS

Les expérimentations précédemment menées peuvent être complétées par :

- l'observation de radiographies ;
- la recherche documentaire ;
- la réalisation ou manipulation de maquettes, squelettes ou écorchés.

Séance 1 : Radios, squelettes et écorchés...

De très nombreux supports documentaires peuvent être utilisés pour répondre aux questions laissées en suspens :

- *Dans quels organes va l'air qui entre dans notre corps ?*
 - *Dans quelles voies circule-t-il ?*
 - *Les poumons se trouvent-ils dans le thorax ou bien dans l'abdomen ?*
- Comment peut-on savoir cela ?*

Des radios

Suite aux suggestions de certains élèves, on projetera des radiographies sur écran par rétroprojecteur, un trait matérialisant la position du diaphragme.



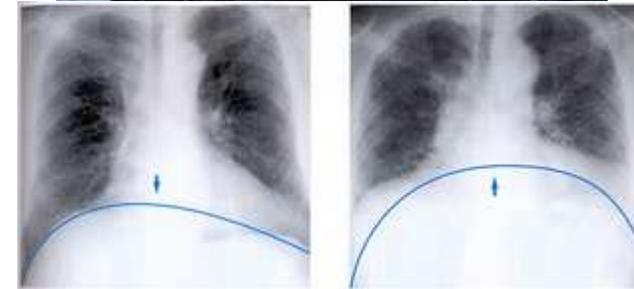
Des radios scotchées sur les vitres permettent également une observation efficace.

Il peut être judicieux d'avoir à proximité un modèle réduit de squelette humain, emprunté à une salle de sciences, au cas où les enfants ne repéreraient pas les os de la cage thoracique.

Plusieurs enfants vont décrire ce qu'ils voient et ce qu'ils pensent reconnaître. Ils remarquent très vite la colonne vertébrale, les clavicules, et les côtes. Sur le squelette, on constate que celles-ci sont attachées sur des

vertèbres de la colonne vertébrale à l'arrière, et reliées au sternum à l'avant. On appelle cet ensemble la cage thoracique.

Le maître incitera à l'utilisation d'un vocabulaire précis: *poumons dilatés, cœur, côtes, sternum, cage thoracique...*



La comparaison entre le squelette et les radiographies suscite des questions et des commentaires :

- *Qu'y a-t-il autour des os ? Il n'y a pas de clou pour tenir les os !*
- *Est-ce que les os de la cage thoracique bougent ?*
- *Est-ce que tout ce qui se voit en blanc est des os ?*
- *Pourquoi les poumons sont-ils en noir ?*

Les enfants constatent que les poumons se trouvent à l'intérieur de la cage thoracique, et que leur taille varie selon l'inspiration ou l'expiration. On en vient ensuite à s'interroger sur ce que représente le trait à la base de la cage thoracique. Les élèves en ont rarement entendu parler, ou ne s'en

souviennent pas. C'est donc l'enseignant qui apporte le nom de ce muscle : le diaphragme. On peut le faire bouger par divers mouvements.

En se contractant, le diaphragme s'abaisse et augmente le volume de la cage thoracique ; c'est l'inspiration. Lorsque le diaphragme se relâche, il remonte et le volume de la cage thoracique diminue ; c'est l'expiration.

Une maquette de poumons

Pour représenter un poumon dans une cage thoracique, un modèle fréquemment présenté dans les manuels scolaires est celui d'un ballon dans une bouteille plastique tronquée, relié à l'extérieur par une paille.

En tirant sur la membrane souple (tel un morceau de ballon de baudruche) qui ferme le bas de la bouteille tronquée, de l'air pénètre dans la paille puis gonfle le ballon inséré dans la bouteille.

La difficulté de la fabrication de cette maquette réside dans l'étanchéité et la solidité de l'ensemble. Quant à la validité d'une telle représentation, elle peut être discutée. En effet :

- Le flacon devrait être un peu souple pour simuler le gonflement de la cage thoracique, mais s'il est souple, il s'écrase au lieu de se gonfler.
- La paroi qui simule le diaphragme fonctionne en créant une dépression dans l'air ; de l'air est présent autour du ballon dans la bouteille, alors qu'il n'y en a pas autour des poumons !
- Le ballon est ici un sac...
- L'air qui entre dans le ballon est le même que celui qui en sort.



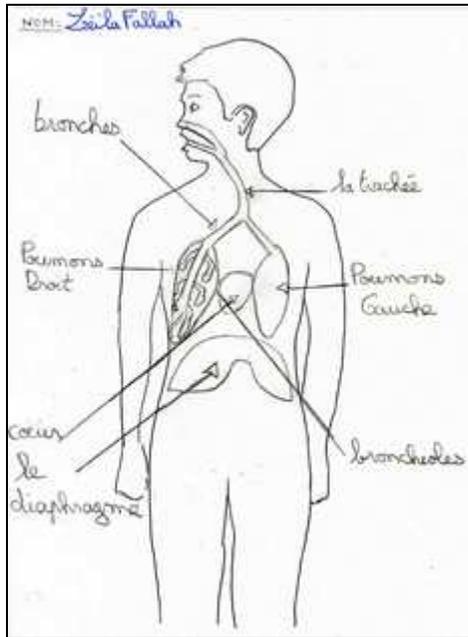
Montage et de démontage de troncs humains

Il sera intéressant se procurer un « écorché » démontable de tronc humain (auprès d'un collège ou d'un centre de ressources en sciences ou d'un muséum) : son démontage, par de petits groupes d'élèves, constitue en effet une opération très instructive sur la forme, la place, la taille des organes dans le corps humain, et leurs positions très ajustées...

Séance 2 : Recherche documentaire

Les élèves rechercheront d'autres schémas (Internet, livres documentaires...) pour se construire une représentation plus juste de l'appareil respiratoire pulmonaire. En particulier, ils s'intéresseront à la position du diaphragme, et à l'extrémité des voies respiratoires qui sont fermées par les alvéoles pulmonaires.

Quant aux mouvements concernant leur abdomen, ils seront mis en relation avec ceux du diaphragme, sans qu'il soit nécessaire à ce niveau d'apprentissage d'en expliquer le mécanisme. Cette étude pourra être réservée à une séquence ultérieure, voire reporté au niveau de classe suivante. À l'issue de cette séance, la classe récapitulera ce qui a été appris. Les éléments principaux sont notés en vue de produire une trace écrite sous forme de texte descriptif, qui sera complété par les différents schémas coloriés et légendés par les élèves.



Séance 3 : La composition de l'air inspiré et expiré

Un point n'a pas encore été exploré : *L'air qui sort des poumons est-il le même que celui qui y est entré ?* Sans prise de conscience de ce changement, l'idée que la respiration est plus qu'une ventilation ne va pas s'imposer. On s'appuiera sur l'observation que les enfants ont faite de vaisseaux sanguins dans les coupes des poumons pour aborder la question des échanges gazeux. Une recherche documentaire pourra être menée sur ce sujet, en prenant en compte le dispositif dans lequel s'insèrent les poumons. Les enfants liront ainsi que c'est au niveau des alvéoles pulmonaires que s'effectuent les échanges gazeux.

Les propriétés et la composition de l'air inspiré et expiré

L'air expiré par la bouche ou le nez est plus chaud que l'air inspiré : cela peut être constaté à l'aide d'un thermomètre de la manière suivante :

- mesurer la température de l'air donc de l'air qu'on inspire : c'est celle de l'air ambiant ;
 - expirer sur le thermomètre : la température indiquée augmente.
- L'air expiré provoque la buée sur une vitre froide alors que l'air que l'on inspire n'en provoque pas : l'air expiré contient plus d'eau, il est plus humide.

L'eau de chaux, un détecteur accessible dès le CM2 ?



Plusieurs étapes sont nécessaires au raisonnement.

- Montrer que l'eau de chaux est troublée par du CO₂, par exemple en versant de l'eau gazeuse d'une bouteille indiquant la présence de ce gaz dissous
- Montrer que l'air ambiant normal ne trouble pas l'eau de chaux en introduisant de l'air dans celle-ci avec une seringue (on évitera de prélever l'air ambiant de la salle de classe après plusieurs heures de présence sans aération, l'air étant dans ces conditions chargé de CO₂!).
- Montrer que l'air expiré trouble l'eau de chaux en soufflant dans l'eau de chaux avec une paille.

On peut alors raisonnablement conclure que l'air expiré contient du CO₂

L'eau de chaux est une solution saturée d'hydroxyde de calcium (Ca(OH)₂) préparée en dissolvant de la chaux dans de l'eau et en recueillant le liquide après filtration.

Concrètement on peut chauffer un morceau de craie à l'aide d'une flamme, diluer la poudre obtenue dans de l'eau puis tamiser à l'aide d'un filtre à café. L'eau de chaux se trouble (devient blanchâtre) lorsqu'elle reçoit du dioxyde de carbone. La réaction chimique qui s'opère est :

$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$. Le produit formé est appelé carbonate de calcium. L'eau de chaux sert à tester la présence de CO₂.

Pour aller plus loin

→ **Biologie** : Pourquoi les rythmes respiratoire et cardiaque s'accélèrent-ils lors d'un effort sportif ? Vers l'étude de la circulation, et du rôle du cœur.

→ **Education à la santé** : Que se passe-t-il en haute montagne lorsque l'air inspiré est appauvri en oxygène ? Quels sont les méfaits du tabac ? Qu'est ce que l'asphyxie ? Comment porter secours ?

Qu'y a-t-il dans l'air ?	Inspiré	Expiré
Dioxyde de carbone	Traces non détectées à l'eau de chaux	4,5 litres
Dioxygène	21 litres	16,5 litres
Azote	79 litres	79 litres
Autres ? en citer ?	Négligeable	Négligeable
Total	100 litres d'air	100 litres