

La respiration humaine au cycle 3

**Problèmes construits et registres explicatifs
mobilisés par les élèves dans le débat scientifique**

Isabelle Ménard, Imarin@cario.fr ;

Véronique Pineau, legallois.pineau@wanadoo.fr ;
professeures des écoles, école de Saint-Romphaire, Saint-Romphaire (Manche)

Cet article propose des outils d'analyse de séquences d'enseignement sur la respiration dans deux classes, qui font une large place au débat scientifique. L'analyse des productions écrites en référence à une grille historique permet d'avancer quelques hypothèses sur les registres explicatifs mobilisés par les élèves. L'analyse des transcriptions des débats effectués conduit à la construction de plusieurs espaces de contraintes dans chaque classe, ce qui peut expliquer les difficultés rencontrées par les enseignantes pour amener les élèves vers une problématique commune proche des savoirs visés.

Au cycle 3 (enfants âgés de 8 à 10 ans), les instructions officielles prévoient l'étude des fonctions de nutrition (digestion, respiration et circulation).

Deux séquences sur la respiration ont été menées dans deux classes différentes, l'une en CE2 (élèves âgés de 8 à 9 ans), l'autre en CE2-CM1 (élèves âgés de 8 à 10 ans). Elles prennent en compte les explications initiales des élèves pour les faire évoluer grâce à une démarche qui fait intervenir le *débat scientifique* en référence aux travaux du CREN (Fabre & Orange, 1997 ; Fabre, 1999 ; Orange 2000). Dans ce cadre, l'évolution des conceptions de l'élève ne doit pas être uniquement un changement d'idées explicatives mais surtout le passage d'une connaissance commune à un savoir scientifique (Bachelard, 1938).

L'article que nous proposons est le produit d'un travail mené dans le cadre d'un groupe de formation-action (GFA) de l'IUFM de Basse-Normandie sous la direction de Françoise Beorchia. Il est le reflet des réflexions engagées dans le groupe et d'expériences menées dans deux classes sur le thème de la respiration. Les travaux conduits dans ce groupe visent à mieux comprendre la construction de ce concept par des élèves de cycle 3, dans des moments de *débat scientifique*. Ce sont les productions écrites des élèves obtenues lors de la première séance

et les transcriptions de ces débats qui sont analysées. À partir de ces productions, nous nous sommes interrogées sur la nature des registres explicatifs mobilisés par les élèves dans l'élaboration de leurs modèles.

I. Présentation de la séquence d'enseignement sur la respiration et du corpus de données

Après avoir travaillé sur la nutrition humaine¹, les deux classes ont été amenées par les enseignantes à s'interroger sur la respiration.

1.1. Phase 1 : questionnement sur la signification de la respiration

Lors d'une première étape² les questions suivantes ont été posées oralement aux élèves :

- « – *pourquoi respire-t-on ?* ;
- *à quoi ça sert de respirer ?* »

Ces questions engagent les élèves à réfléchir sur la signification biologique de la respiration dans le corps humain. Les réponses produites dans chaque classe sont présentées dans l'annexe I.

1.2. Phase 2 : production d'une explication sur les mécanismes de la respiration

Dans une deuxième étape, le questionnement a été différent dans les deux classes :

- dans la classe 1 : « *comment cela se passe-t-il dans notre corps quand on respire ?* » ;
- dans la classe 2 : « *comment l'oxygène permet-il aux muscles de fonctionner ?* ».

Ces questions incitent à la production d'une explication fonctionnelle. Dans la classe 1, la question retenue reste ouverte (elle laisse aux élèves le libre choix des divers rôles avancés dans l'étape précédente) alors que dans la classe 2, l'enseignante utilise des termes faisant référence à une explication dans un registre physico-chimique (cf. tableau I).

Cette étape aboutit à une production écrite individuelle comportant un schéma légendé et un texte.

1 Les problèmes de transformation, distribution et tri ont été discutés lors de débats. Une modélisation de la nutrition a été construite en tenant compte des solutions possibles envisagées par les élèves et des éléments d'information apportés par divers documents.

2 Les deux situations de questionnement se situent en début de séquence et vont permettre aux enseignantes de fixer les objectifs d'apprentissage et de préparer les séances suivantes. Elles ont donc statut d'évaluation diagnostique.

Ensuite, un travail en groupe homogène de conception est prévu à partir des mêmes questions. Les productions des groupes, sous forme d'affiches, dont certaines sont présentées à l'annexe 2, serviront de support au *débat scientifique*.

1.3. Phase 3 : le débat scientifique

Le *débat scientifique* se déroule lors d'une troisième étape. Chaque groupe présente sa production au tableau. Après chaque passage, un élève, extérieur au groupe, dicte le résumé et propose un schéma synthétique. Ces éléments sont notés par l'enseignante sous l'affiche (voir annexe 2). Les productions affichées en classe sont comparées. Les élèves mettent en évidence les ressemblances, les différences et discutent les différentes explications proposées.

1.4. Les données

Le corpus de données pour les deux classes comprend :

- dix affiches produites par les différents groupes, les résumés et les schémas correspondants (six sont présentés en annexe 2) ;
- deux scripts de débats scientifiques, le premier comportant 241 interventions et le second 143 interventions.

2. Problématique et analyses des données

À partir de ce corpus de données, nous allons tenter de comprendre quels registres explicatifs mobilisent des élèves, âgés de 8 à 10 ans, pour s'engager dans une explication sur le thème de la respiration. Dans un second temps et en lien avec ces registres explicatifs, nous montrerons quels sont les problèmes construits par ces élèves au cours de débats scientifiques.

2.1. Les registres explicatifs mobilisés par les élèves

Pour comprendre les explications des élèves sur la respiration humaine et leurs fondements, nous allons utiliser des outils issus d'analyses épistémologiques du concept de respiration. Ainsi plusieurs significations biologiques (plusieurs fonctions) de la respiration ont pu être répertoriées dans l'histoire du concept (Giordan, 1987 ; Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997). Elles prennent sens dans des cadres explicatifs plus généraux que nous nommons registres explicatifs à la suite d'Orange (2000). Ces registres explicatifs définissent, à une période de l'histoire, les normes, les principes d'explication scientifique et délimitent aussi les faits retenus et les modèles possibles (Fabre, 1999).

Dans le cadre de cet article, il ne s'agit pas de mener une étude exhaustive de l'histoire du concept de respiration mais de dégager ses différentes significations au cours de l'histoire. À chacune de ces significations nous avons fait correspondre un registre explicatif.

Tableau 1. Relations entre registre explicatif et signification du concept de respiration dans l'histoire des sciences

Registre explicatif (règles d'explications)	Signification du concept de respiration
<p>Le vitalisme Dans l'Antiquité, la respiration est présentée comme un des critères de l'existence, la manifestation de la vie dans les poèmes homériques.</p>	<p>Galien (131-201) accorde plusieurs fonctions à la respiration. C'est le soufflet du forgeron qui entretient <i>la vie biologique</i>. Il ajoute aussi que l'air se mêle au sang et que la respiration <i>purge le corps</i>. Le système de Galien va perdurer jusqu'au ^{xvii}e siècle.</p>
<p>La pensée mécaniste Descartes (1637) dans son « Discours de la méthode » conçoit l'être vivant comme une machine.</p>	<p>L'idée des poumons comme soufflet. La théorie de la circulation de Harvey (1628) « <i>va suggérer des recherches et idées erronées [...] que les poumons sont une sorte de soufflet entretenant le mouvement continu du sang</i> » (Giordan, 1987).</p>
<p>Le vitalisme physico-chimique Il est défini par Cl. Bernard (1865) : « <i>Nous distinguons aujourd'hui trois ordres de propriétés manifestées dans les phénomènes des êtres vivants : propriétés physiques, propriétés chimiques et propriétés vitales... Cette dernière dénomination de propriétés vitales n'est, elle-même que provisoire ; car nous appelons vitales les propriétés organiques que nous n'avons encore pas pu réduire à des considérations physico-chimiques.</i> ».</p>	<p>Pour Claude Bernard (1867), la combustion ne se fait pas dans les poumons mais dans les divers tissus. L'oxygène est le comburant et le glucose, le combustible. La combustion est la source de la chaleur animale.</p>
<p>Vers la théorie cellulaire et le modèle actuel (physico-chimique)</p>	<p>Actuellement la respiration est décrite au niveau cellulaire comme une chaîne de réactions catalysées (mais cet aspect n'est pas abordé à l'école primaire).</p>

Les différentes réponses des élèves à la question préalable « à quoi ça sert de respirer ? », présentées en annexe 1, rejoignent parfois ceux de scientifiques à une époque donnée : « *l'air sert à vivre, l'air sert à envoyer le sang dans les veines, l'air sert à faire battre le cœur...* ». Les productions écrites (de la seconde étape) et certaines propositions des débats contiennent des propos similaires. En évitant un parallélisme étroit entre évolution historique des idées et conceptions des élèves, nous avons cherché à mettre en relation les propos des élèves et la signification du concept de respiration à différentes époques : cela nous a permis de mettre en évidence les registres explicatifs des élèves indiqués dans le tableau 2.

L'analyse de ce tableau nous conduit à relever deux éléments. Il existe une signification de la respiration récurrente chez les élèves que l'on ne retrouve pas dans l'histoire des sciences : « *l'air sert à faire battre le cœur* ».

De plus, dans les deux classes, on remarque la coexistence de trois registres explicatifs différents : mécanisme, vitalisme, vitalisme physico-chimique. Or, dans l'histoire des sciences, ces registres explicatifs, que l'on peut rapprocher de l'idée de paradigme de Kuhn (1983) ou de cadre épistémique de Piaget et Garcia (1983), sont incommensurables, ce qui impliquerait l'impossibilité de confronter des théories construites dans des registres explicatifs différents.

Tableau 2. Relations entre propos des élèves, significations du concept de respiration et registres explicatifs

Propos des élèves lors de la première étape	Significations du concept de respiration selon les scientifiques à différentes époques	Registres explicatifs
« l'air sert à vivre »	La respiration, c'est le soufflet du forgeron qui entretient la vie biologique ³ .	Le vitalisme
« l'air sert à laver les poumons »	La respiration purge le corps.	Le vitalisme
« l'air sert à envoyer le sang dans les veines »	Les poumons sont une sorte de soufflet entretenant le mouvement continu du sang.	La pensée mécaniste
« l'oxygène donne de l'énergie aux muscles pour fonctionner »	L'oxygène est le comburant de la combustion dans les divers tissus.	Le vitalisme « physico-chimique » ? ⁴
« l'air sert à faire battre le cœur »		La pensée mécaniste

Deux questions émergent de ces constats. Dans ces conditions, quels peuvent être les problèmes construits par les élèves au cours des débats ? En quoi cette coexistence de plusieurs registres explicatifs constitue une difficulté pour amener les élèves vers une problématique commune proche des savoirs visés⁵ ?

Nous tenterons de répondre à la première question à la section 2.2. et à la seconde, à la section 3.2.

2.2. Les problèmes construits par les élèves

• Catégorisation des propositions orales : vers les espaces de contraintes

Comme nous avons montré que les élèves d'une même classe sont dans des registres explicatifs différents, nous faisons l'hypothèse que les problèmes qu'ils pourront construire seront également différents puisque le registre explicatif définit non seulement les règles d'explication mais conditionne aussi les faits retenus et les modèles possibles (Beorchia, 2003). C'est pourquoi nous allons définir les problèmes construits par les élèves en fonction des registres explicatifs supposés mobilisés (ils ne sont, en effet, pas explicites mais inférés de notre grille historique et des significations du phénomène respiratoire que les élèves ont exprimé dans leurs réponses à la première question). Pour cela, nous avons utilisé la méthode d'analyse conçue par Orange (2000) et éprouvée par d'autres auteurs (Beorchia, 2005 ; Orange Ravachol, 2005 ; Lhoste, 2005). L'analyse de la transcription

3 Nous considérons cette proposition comme vitaliste, car même si le soufflet du forgeron intervient, ce n'est pas par une action mécanique (poussée) au sens cartésien du terme.

4 Nous qualifions ce vitalisme de « physico-chimique », en nous appuyant sur les précisions apportées par les élèves quant à l'utilisation de l'oxygène au niveau du muscle. Cependant que veut dire « énergie » pour les élèves ? Ce concept n'est pas construit à ce niveau de scolarité et le registre explicatif n'est donc pas équivalent à celui défini dans le tableau 1 en ce qui concerne les travaux de Cl. Bernard. Il nous a semblé important cependant de le distinguer à la fois d'un mécanisme pneumatique et des formes de vitalisme précédemment citées, comme une étape vers une explication physico-chimique.

5 À ce niveau, il est possible d'aller vers une explication de la respiration comportant la nécessité de distribution de l'air (oxygène) aux différents organes pour les nourrir.

des débats, en utilisant cette méthode, nous permet de classer les propos des élèves par rapport à deux registres : le registre empirique et le registre des modèles. Pour comprendre les problèmes construits par les élèves sur la respiration, nous les formaliserons par des « espaces de contraintes ». Ces derniers schématisent les mises en tension qui s'effectuent lors des débats entre les deux registres : « *L'identification explicite et une mise en tension des contraintes empiriques et des idées explicatives discutées. [...] Cela devrait conduire l'élève à développer des nécessités [...]. Ce processus correspond à ce que nous appelons la construction de raisons, que nous identifions à la problématisation.* » (Orange, 2000).

Nous allons illustrer, par des exemples de propositions d'élèves, les catégorisations auxquelles il convient de procéder pour construire des espaces de contraintes. Les propositions des élèves au cours des débats peuvent être classées en trois catégories.

Les propositions relevant uniquement du registre empirique (RE) correspondent à des propos d'élèves qui n'ont pas ou plus besoin d'être démontrés et qui sont partagés par tous les élèves qui mobilisent le même système explicatif. Elles renvoient aux faits observables directement ou indirectement⁶. Ce sont ces faits que les élèves cherchent à expliquer ou bien sur lesquels ils s'appuient dans leur explication. Il s'agit d'interventions qui sont de l'ordre des sensations (« *l'air rentre* »), d'interventions qui relèvent de leur vécu (« *il y a du sang partout dans tout le corps* ») ou d'une connaissance (« *le cœur fait circuler le sang* ») construite au cours d'une séquence précédente.

Les propositions relevant du registre du modèle (RM) sont celles où les élèves expliquent leur modèle. On peut les catégoriser de façon plus précise. Les propos qui relèvent uniquement de la description du modèle (« *L'air passe dans la bouche, après ça passe dans l'œsophage, après ça passe dans les poumons, dans le cœur.* ») sont classés en RMd. Les propos qui expliquent le fonctionnement du modèle (« *L'air, ça nettoie un peu les veines de sang* ») sont classés en RMf. Enfin les propos qui apportent des arguments pour contredire un autre modèle, mettant en évidence une controverse (« *Je suis pas d'accord que... l'air ça sert à envoyer le sang dans les veines... parce que le sang, il circule tout seul dans notre corps, y'a pas besoin de quelque chose.* »), sont classés en RMc. Dans le dernier exemple l'élève conteste l'existence d'un mécanisme pour faire circuler le sang.

Certaines propositions mettent en tension des propos relevant du registre empirique et du registre du modèle. Les propositions de ce type seront classées en RE-RM. Par exemple, dans la proposition suivante : « *Quand tu respire tu avales de l'air, l'air il va vite, il va vite dans le cœur pour le faire battre, tout cela ça se fait très rapidement.* », l'élément du registre empirique, « *l'air rentre* », s'articule avec un élément du registre du modèle, « *l'air sert à faire battre le cœur* ».

⁶ Ces faits ne sont pas donnés mais construits par les élèves.

Après avoir classé les propositions des élèves en RE, RMf, RMd, RMc, RE-RM, nous avons recherché celles qui pouvaient contenir explicitement ou implicitement des contraintes empiriques et nécessités portant sur les modèles. En effet, dans les moments de *débat scientifique*, il ne s'agit pas seulement de trouver des solutions aux questions que l'on se pose (proposer des trajets possibles pour l'air après son entrée dans les poumons, par exemple, ce qu'indiquent les propositions de type RMf ou RMd) mais de déterminer le caractère de nécessité des propositions en jeu. Ce qui est important, c'est de savoir pourquoi il est nécessaire que l'air aille dans le cœur, ou encore partout dans le corps (nécessité sur les modèles que l'on peut voir émerger dans les propositions de type RMc ou RE-RM) et pourquoi cela ne peut être autrement en fonction des contraintes empiriques prises en compte dans un registre explicatif donné (Orange, 2005). Reprenons l'exemple ci-dessus, « *Quand tu respires tu avales de l'air, l'air il va vite, il va vite dans le cœur pour le faire battre, tout cela ça se fait très rapidement.* » (transcription du débat classe 2). Dans cette proposition de type RE-RM, apparaît la nécessité (implicite) d'une distribution de l'air vers le cœur (*il faut que l'air aille dans le cœur*) qui s'articule avec la contrainte empirique (l'air rentre) et la signification (pour qu'il batte) de la respiration dans un registre explicatif mécaniste. Cette nécessité apparaîtra explicitement dans le débat dans les propos d'Aurélien : « *si l'air n'allait pas dans le cœur, il pourrait pas battre* ».

Les différentes contraintes empiriques et les nécessités sur le modèle ont ensuite été regroupées en fonction des significations exprimées lors du débat de façon à pouvoir schématiser les mises en relation effectuées sous la forme d'espaces de contraintes.

• Les « espaces de contraintes » construits pour la classe I

Dans la classe I, les discussions ont porté sur plusieurs questions comme le trajet de l'air (où va-t-il ? dans quel tuyau ?), le rôle de l'air (par rapport au cœur, au sang, aux différents organes) et la nature de l'air.

Les arguments développés à la question « *Comment cela se passe-t-il dans notre corps quand on respire ?* » renvoient à des significations différentes : « *l'air sert à faire battre le cœur* », « *l'air sert à fournir de l'énergie aux muscles* », « *l'air nettoie* », « *respirer c'est faire entrer et faire sortir l'air des poumons* » et à des registres explicatifs différents (mécaniste, vitaliste, vitaliste physico-chimique).

Le tableau 3 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « *respirer sert à faire battre le cœur et à pousser le sang dans le corps* » dans un registre explicatif mécaniste.

Tableau 3. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations d'élèves se rattachant à la signification « respirer sert à faire battre le cœur et à pousser le sang dans le corps » dans un registre explicatif mécaniste

Propositions d'élèves ou de l'enseignante ⁷	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
I – Mathilde : l'air passe dans la bouche, après ça passe dans l'œsophage, après, ça passe dans les poumons, dans le cœur. I0 – Mathilde : dans le cœur et ça va dans les veines de sang pour passer le sang dans le corps, c'est ce qu'on a écrit.	RE-RM	CE : entrée d'air. Signification : l'air sert à pousser le sang dans le corps. CM : nécessité d'un mécanisme pour que le sang aille dans tout le corps.
96 – Ronan : comme on voit dans les émissions « Urgence », des trucs comme ça, on voit toujours les poumons dans la radio, les poumons quand ils battent, et ça se remplit, plus c'est gros et plus ça se dégonfle.	RE-RM	CE : les poumons gonflent et se dégonflent.
I14 – M : Et ils disaient que comme ça, ça envoyait le sang dans tout le corps. Pourquoi vous êtes d'accord, pourquoi vous n'êtes pas d'accord ? I15-Vincent : que ça va dans le corps, je suis d'accord.	RE-RM	CE : il y a du sang dans le corps.
I18 – Ronan : ils disaient que le cœur battait et que l'air s'envoie avec. Que l'air soit envoyé avec le sang, et bien moi, je suis pas d'accord, parce que l'air, elle ne fonctionnerait plus... Elle ne se transformerait... elle irait s'enfoncer dans le sang.	RMc	CM : nécessité que l'air ne se mélange pas au sang et qu'il reste « de l'air ». CE : l'air est différent du liquide, pas de mélange possible.
I38 – François : oui, mais dès qu'on ouvre la bouche ça rentre	RE	CE : entrée d'air.
I19 – Flavien : moi aussi, si on arrête de respirer, le cœur il arrêterait. I20 – M : Pourquoi le cœur il arrêterait ? I21 – Flavien : parce qu'ils disent que si on respire, le cœur il bat. Et ben, moi je suis pas d'accord parce que quand on arrête de respirer, le cœur il arrête pas encore, il arrête pas.	RM-RE (controverse sur la relation entre respiration et battements du cœur)	CE : le cœur bat. CE : entrée d'air. CM : nécessité d'un mécanisme ⁸ pour faire battre le cœur (le lien entre respiration et battements du cœur est contesté par Flavien).
220 – Flavien : le cœur, il bouge.	RE	CE : le cœur bat ⁹ .
236 – M : c'est grâce au cœur que quoi ? 237 – Benjamin S : que le sang va dans les veines.	RE-RM	CE : il y a du sang dans le corps.

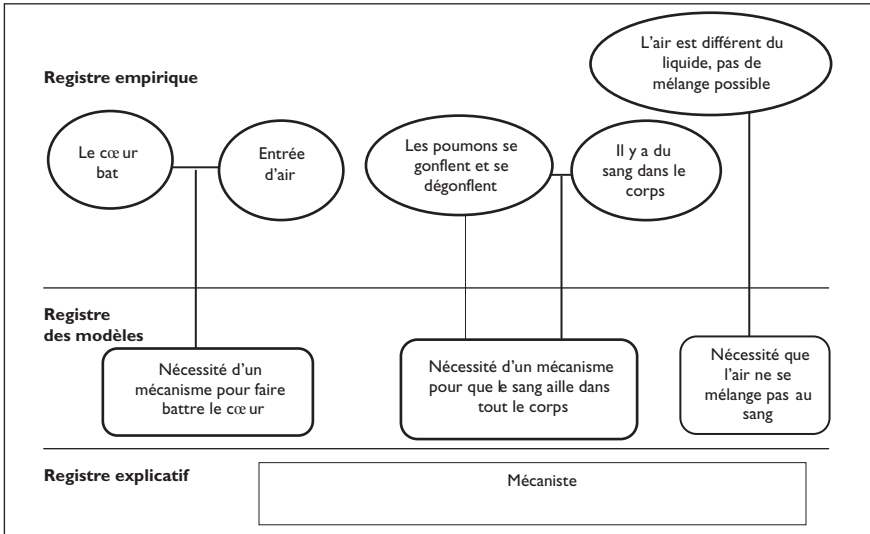
Le document I représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « l'air sert à faire battre le cœur ».

7 Les propositions de l'enseignante sont notées quand elles permettent de mieux saisir les explications des élèves.

8 La proposition de Flavien (I21) pointe la nécessité d'un mécanisme pour faire battre le cœur indépendant de la respiration.

9 Dans le contexte de la classe, « bouger » signifie « battre ».

Document 1. Espace de contraintes I référencé à la signification « respirer sert à faire battre le cœur et à pousser le sang dans le corps »



Ce problème, discuté par six élèves, s'est construit en grande partie dans la discussion autour de la production du groupe 1 (propositions 1, 10) mais elle est reprise plus tard à propos de l'affiche du groupe 5 (propositions 220, 235). Il est centré sur les relations entre respiration (entendue comme ventilation pulmonaire) et fonctionnement cardiaque.

Tableau 4. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations se rattachant à la signification « respirer sert à fabriquer l'air extérieur » dans un registre explicatif mécaniste

Propositions d'élèves au cours du débat	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
12 – Ronan : L'air venait du poumon et après, ça va... ça sort par le nez et la bouche. 13 – Marine : ou la bouche. 14 – Ronan : ou la bouche, on a écrit et la bouche. 15 – M : Bon, l'air part du poumon, on avait même dit que c'était le poumon qui le fabriquait, ça va dans l'œsophage, dans le nez, dans la bouche et puis ça sort.	RE-RM	CE : l'air sort.
96 – Ronan : comme on voit dans les émissions « urgence », des trucs comme ça, on voit toujours les poumons dans la radio, les poumons quand ils battent, et ça se remplit, plus c'est gros et plus ça se dégonfle	RE	CE : les poumons se dégonflent.

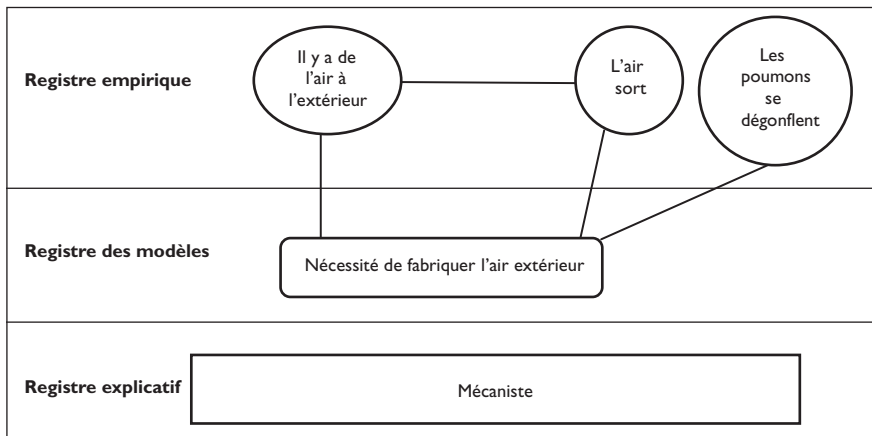
124 – M : Dessin numéro deux. C'est l'air qui part des poumons et qui ressort, en passant par l'œsophage.	RE-RM	CE : l'air sort.
128 – François : ben non, l'air y'en a partout heureusement.	RE	CE : il y a de l'air à l'extérieur.
133 – Ronan : François disait que les poumons ne fabriquaient pas l'air, mais l'air, elle vient de tout le monde. Par exemple dans la classe, l'air elle vient de nous.	RE-RM	CM : nécessité de fabriquer l'air extérieur ¹⁰ .

Le tableau 4 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « respirer sert à fabriquer l'air extérieur » dans un registre explicatif mécaniste.

Le document 2 représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « les poumons servent à fabriquer l'air extérieur ».

Document 2. Espace de contraintes 2 référé à la signification

« les poumons servent à fabriquer l'air extérieur »



Le problème construit ici ne se réfère qu'à de l'air qui sort des poumons. L'air est donc fabriqué par les poumons. Nous avons considéré que ce modèle (bien défendu par Ronan) s'inscrivait dans un registre explicatif mécaniste, en fonction des contraintes empiriques construites (elles mettent en relation les mouvements de l'air et les variations de volume des poumons). Ce modèle sera contesté lors du débat par le reste de la classe qui construit une ébauche de fonctionnement de la ventilation pulmonaire en mobilisant un registre explicatif mécaniste. Les propos de Marine en 130 : « que l'air ne peut pas venir des poumons parce que quand on respire, on inspire, et puis l'air ressort après » traduisent bien l'idée d'une entrée et une sortie d'air.

¹⁰ La nécessité n'est pas explicite : nous pensons que Ronan s'est construit un modèle à partir des contraintes empiriques (il y a de l'air à l'extérieur ; on expire : l'air sort).

Le tableau 5 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « l'air (l'oxygène) est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner » dans un registre explicatif vitaliste physico-chimique.

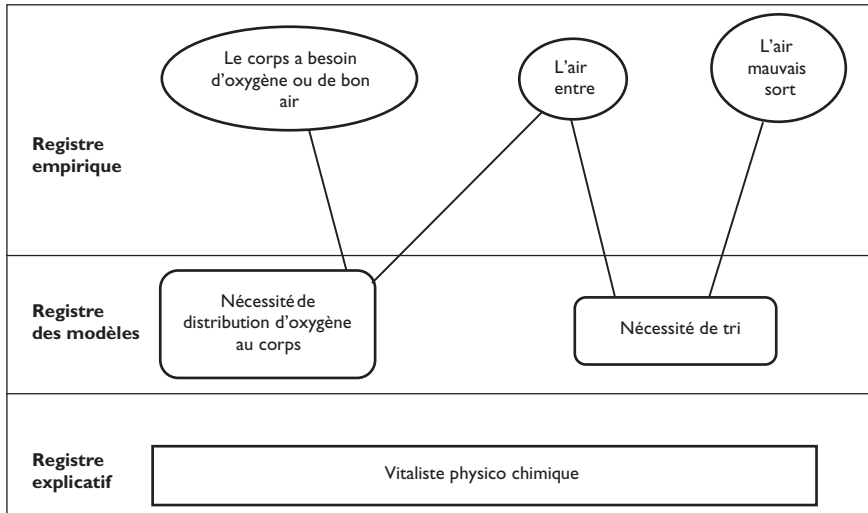
Tableau 5. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations se rattachant à la signification « l'air (l'oxygène) est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner » dans un registre explicatif vitaliste physico-chimique

Propositions d'élèves au cours du débat	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
25 – Estelle : ben, au cinquième, l'oxygène, elle passe par la bouche... et la bouche... ils n'ont pas parlé du nez, ça va dans l'oesophage. L'air va... ça va dans les poumons. Le sang... euh puis... ça va... je sais pas. 26 – Mathilde : ça va dans le sang. 27 – Estelle : ça va dans le sang et puis ça va partout dans le corps.	RE-RM	CE : l'air (l'oxygène) entre. CE : le corps a besoin d'oxygène (non explicite).
178 – Flavien : les veines ça sert à quelque chose pour l'oxygène parce que, quand ça arrive, on respire.	RMc	CM : nécessité de distribution
180 – Flavien : quand on aspire, l'air arrive dans nos poumons. Alors, ça doit bien servir à quelque chose. Après, il le rejette. Alors ça sert à rien si ça fait que ça.	RE-RM	CE : entrée d'air. CM : nécessité de distribution
181 – Marine : y'en a une partie qui reste et y'en a une partie qui sort. 182 – Marine : c'est comme la nourriture, y'en a une partie qui va dans le sang, une partie... disons, qui reste là. Ben là, ça ferait un peu la même chose. L'air qui est bon pour notre corps, il reste, celui qui est mauvais, il ressort.	RE-RM	CE : entrée d'air et sortie de mauvais air. CM : nécessité de tri (elle est construite par Marine par analogie avec la nourriture).

Le document 3 représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « l'air est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner ».

Document 3. Espace de contraintes 3 référé à la signification

« l'air est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner »



Les contraintes et nécessités que nous avons essayées de pointer ici sont construites par peu d'élèves. Plusieurs raisons peuvent l'expliquer. Tout d'abord, la production du groupe 5, support de la discussion, a été élaborée par un seul élève (voir annexe 2). Ensuite, l'appropriation de cette explication par les autres élèves de la classe est, sans aucun doute, peu avancée car la distinction apportée entre air et oxygène par cet élève n'est pas du tout reprise par les autres dans les échanges qui suivent. Enfin les connaissances construites au cours de la séquence précédente sur la nutrition, en particulier la distribution par un circuit sanguin clos, ne sont pas encore stabilisées.

• Les espaces de contraintes construits pour la classe 2

Dans la classe 2, le débat s'engage sur les questions suivantes :

« Professeur : de quoi les muscles ont-ils besoin pour fabriquer leur énergie ?
 Élèves : des nutriments et d'oxygène.
 Professeur : d'où vient l'oxygène ?
 Élèves : de la respiration. »

Dans ce cas, la réponse retenue est alors la suivante : « Tous les muscles ont besoin d'oxygène pour fonctionner. ». À partir de là, le débat s'est centré sur deux points différents, la question du tri (et secondairement la question de la distribution) dans un registre explicatif que nous qualifions de vitaliste physico-chimique et celle du fonctionnement cardiaque dans un registre explicatif mécaniste.

Le tableau 6 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « l'air fait fonctionner les muscles » dans un registre explicatif physico-chimique.

Tableau 6. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations se rattachant à la signification « l'air fait fonctionner les muscles » dans un registre explicatif physico-chimique

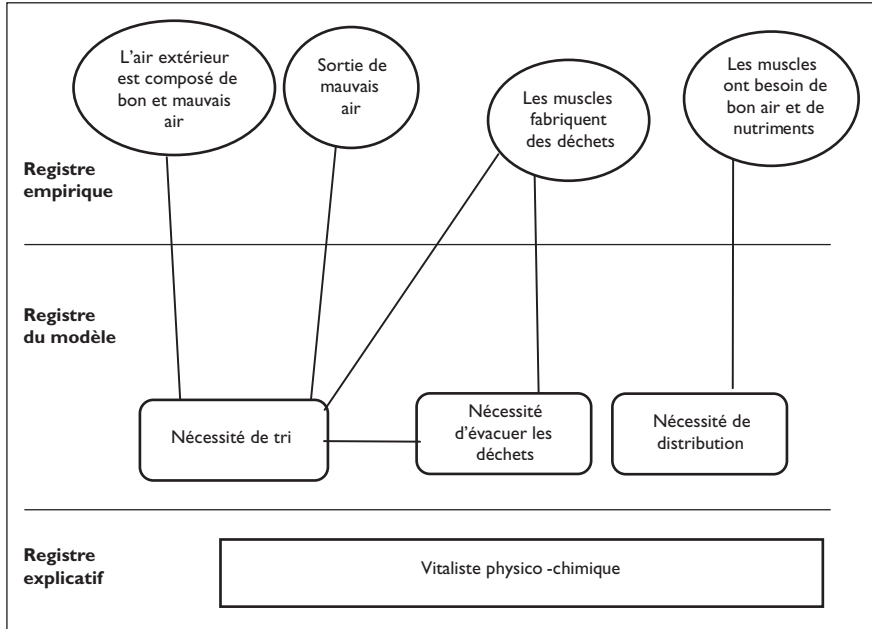
Propositions d'élèves ou de l'enseignante	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
11 – Clémence : le mauvais air, est-ce qu'il ressort par la bouche ou est-ce qu'il sort par l'urine ?	RE-RM	CE : sortie de mauvais air.
12 – Eliaz : non le mauvais air il ne ressort pas quand on souffle sinon il n'y aurait plus que du mauvais air, si il y a que du mauvais air que tu recraches il y aura plus que du mauvais air.	RE-RM	CE (implicite) : l'air extérieur est composé de bon air et de mauvais air.
72 – Manon : le bon air se mélange avec les muscles et après il fabrique le mauvais air.	RE-RM	CE : les muscles fabriquent les déchets ¹¹ .
82 – Josselin : ça m'embête un peu parce que si le bon air est dans le sang et que le mauvais air sort sous forme d'urine comme ça va dans le sang ça risque de se mélanger.	RMc	CM : nécessité de tri (bon air/déchets des muscles).
90 – Michel : mais comment les nutriments c'est plus gros que l'air, l'air c'est invisible les nutriments c'est des tout petits morceaux, l'air est encore plus petit, on peut pas la voir elle est invisible elle peut passer dans le sang, ça pourrait rester dans le sang le mauvais air.	RMc	CM : nécessité de tri (bon/mauvais air). CM : nécessité d'évacuer des déchets (implicite : nécessité d'évacuer le mauvais air). CM : nécessité d'un mécanisme spécial, différent de celui du tri de la nourriture.
91 – M : tu as peur que ça ne soit pas trié au niveau des reins et que le mauvais air reste dans le sang mais le fait que ce soit le sang qui amène l'oxygène vers les muscles c'est possible ou c'est pas possible ? 92 – Eliaz : moi ça me pose pas... de moi parce que comme le bon air il va dans le cœur et ben après ça va aller dans les muscles il va éjecter le bon air et le mauvais air et après le sang il peut peut-être passer dans les muscles et apporter les nutriments après le sang tout seul prendre les déchets que rejette l'estomac et l'amener sous forme d'urine ou sous forme de selles.	RE-RM	CE : les muscles ont besoin de bon air et de nutriments ¹² . CM : nécessité de distribution. CM : nécessité d'évacuer les déchets.
125 – E : il y a un tuyau qui part du centre de tri et qui va au cœur c'est du bon air.	RMc	CM : nécessité de distribution.

Le document 4 représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « l'air fait fonctionner les muscles ».

¹¹ Cette proposition est classée comme contrainte empirique (CE) car elle renvoie à des connaissances construites dans la séquence précédente sur la nutrition.

¹² Idem.

**Document 4. Espace de contraintes 4 référencé
à la signification « l'air fait fonctionner les muscles »**



Deux nécessités (probablement déjà ébauchées dans la séquence précédente sur la nutrition) sont reconstruites par les élèves, celle de tri et celle de distribution. Dans le cas présent, des tris doivent se faire entre le bon air et le mauvais air présent à l'extérieur et entrant dans le corps et le mauvais air fabriqué par les muscles. Les termes d'oxygène et de gaz carbonique utilisés dans les productions écrites n'apparaissent pas ou peu dans le débat. Des difficultés apparaissent en ce qui concerne ces tris (90) et (92) : Comment peuvent-ils se faire sur une matière invisible comme l'air ? Par quelle voie est rejeté le mauvais air issu des déchets des muscles ? (poumons ou urine)

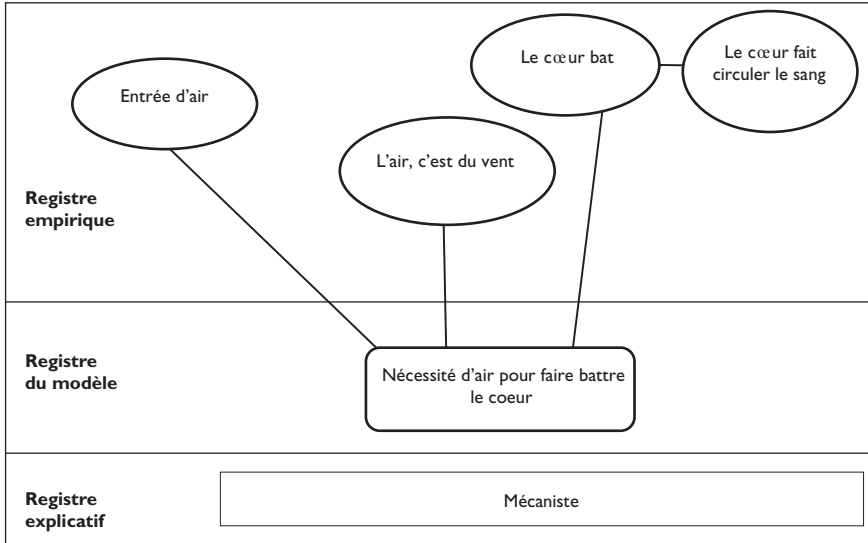
Le tableau 7 contient les différentes propositions d'élèves se rattachant à la signification « l'air sert à faire battre le cœur » dans un registre explicatif mécaniste.

Tableau 7. Catégorisation des propositions d'élèves et interprétations se rattachant à la signification « l'air sert à faire battre le cœur » dans un registre explicatif mécaniste

Propositions d'élèves ou de l'enseignante	Catégorisation	Interprétation en termes de contraintes et nécessités
103 – Aurélien : si l'air n'allait pas dans le cœur il pourrait pas battre.	RMc	CM : nécessité d'un mécanisme pour faire battre le cœur.
105 – Eliaz : parce que une pompe ça a besoin d'air pour fonctionner et comme le cœur il marche un peu comme une pompe le cœur aussi a besoin d'air.	RE-RM	CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
106 – M : c'est comme le moulin ça a besoin d'air pour tourner. 107 – Elèves : oui.	RE – RM	CE : l'air, c'est du vent. CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
108 – Eliaz : quand tu inspires tu avales de l'air l'air il va vite il va vite dans le cœur pour le faire battre tout cela ça se fait très rapidement.	RE – RM	CE : entrée d'air. CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
133 – Marie : comme le sang arrive au cœur donc l'air fait battre le cœur et le cœur envoie le sang.	RMc	CE : le cœur fait « circuler » le sang. CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
134 – Florent : le cœur peut peut-être garder un peu d'air.	RMc	CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur.
135 – Eliaz : et si tu t'arrêtes trop longtemps de pas respirer le sang va prendre tout l'air qui est dans le cœur donc le cœur il aura plus d'air pour battre et il s'arrêtera.	RMc	CM : nécessité d'air pour faire battre le cœur. CE implicite : entrée d'air.
141 – E : c'est l'air qui fait battre le cœur. 143 – Michel : à côté du cœur il y aurait une poche.	RE – RM	CE : entrée d'air. CE : le cœur bat. CM implicite : nécessité d'air pour faire battre le cœur.

Le document 5 représente l'espace de contraintes construit à partir des contraintes empiriques et des nécessités sur le modèle identifiées et référées à la signification « l'air sert à faire battre le cœur ».

**Document 5. Espace de contraintes 5 référé
à la signification « l'air sert à faire battre le cœur »**



Le débat qui était orienté au départ sur la question du tri, (voir tableau 6) s'est centré dans un second temps sur le mécanisme du fonctionnement cardiaque (voir tableau 7). Cependant, certaines interventions de l'enseignant ou des élèves indiquent des relations entre les deux significations (les muscles ont besoin d'oxygène pour fabriquer l'énergie et l'air sert à faire battre le cœur).

« 109 – M : *qu'est-ce que vous en pensez de cela : l'oxygène irait donner de l'énergie aux muscles mais l'air servirait aussi à faire battre le cœur. Ca vous semble possible ça ?*
 110 – Élèves : *oui*
 137 – Eliaz : *c'est le cœur qui prend de l'air une partie pour battre et une autre partie c'est le sang qui la prend (nécessité d'un mécanisme pour faire battre le cœur et nécessité de distribution de l'air).* »

Les deux significations ne leur apparaissent pas contradictoires et les élèves s'inscrivent dans deux espaces de contraintes (4 et 5) au cours du débat.

Après avoir défini les différents problèmes construits par les élèves, nous allons essayer de les comparer, de les remettre en lien avec les significations et les situations construites dans les deux classes.

3. Discussion

3.1. Comparaison des différents problèmes construits par les élèves en lien avec les significations

Dans un même registre explicatif mécaniste, on trouve trois significations différentes :

- l'air sert à faire battre le cœur (espaces de contrainte 1 et 5) ;
- l'air sert à pousser le sang dans le corps (espace de contrainte 1) ;
- respirer sert à fabriquer l'air extérieur (espace de contrainte 2).

Pour la signification « l'air sert à faire battre le cœur », on note les mêmes contraintes empiriques dans les espaces 1 (classe 1) et 5 (classe 2) : entrée d'air, l'air c'est du vent, le cœur bat, ainsi que la nécessité d'un mécanisme pour faire battre le cœur.

Cette association, fréquente chez les élèves, de la ventilation et du fonctionnement cardiaque empêche, certains d'entre eux, d'accéder au concept de respiration dans sa signification actuelle (comme processus de nutrition).

Dans le registre vitaliste physico-chimique, la signification « l'air sert à faire fonctionner les muscles » voisine de « l'air est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner », on note des contraintes empiriques communes avec quelques nuances :

- l'air (l'oxygène) entre (classe 1) ou le bon air entre (classe 2) ;
- le corps (classe 1) a besoin d'oxygène (non explicite) ou les muscles ont besoin de bon air et de nutriments (classe 2) ;
- l'air mauvais sort (classe 1) ou sortie de mauvais air (classe 2).

Auxquelles on peut ajouter dans la classe 2 :

- l'air extérieur est composé de bon et mauvais air ;
- les muscles ont besoin de bon air et de nutriments ;
- les muscles fabriquent des déchets.

Il apparaît que dans la classe 2, les mises en tension entre les contraintes empiriques construites et les nécessités de distribution, de tri et d'évacuation des déchets font état d'un avancement plus important de la problématisation sur le concept de respiration que dans la classe 1.

Cela peut s'expliquer par une différence dans les niveaux de classe et/ou par les relations entre problématisation et registre explicatif que nous allons discuter dans la section suivante, ainsi que par les différences entre les deux situations lors de la première phase du dispositif.

3.2. Problématisation et registre explicatif

On peut noter que quelques élèves arrivent à faire fonctionner un modèle explicatif construit sur une signification différente de la leur pour la critiquer. Par exemple, le groupe 2 (classe 1) pense que les poumons fabriquent l'air extérieur, tandis que le groupe 1 (classe 1) explique que l'air sert à envoyer le sang dans le corps. Ronan, qui fait partie du groupe 2 (l'air extérieur est fabriqué par les poumons), contredit le groupe 1 qui pense que l'air sert à envoyer le sang dans le corps : « *Ils disaient que le cœur battait et que l'air s'envoie avec. Que l'air soit envoyé avec le sang, et bien moi, je suis pas d'accord, parce que l'air, elle ne fonctionnerait plus... Elle ne se transformerait... elle irait s'enfoncer dans le sang* ».

Dans la classe 2, il existe deux registres explicatifs (vitaliste physico-chimique et mécaniste) et deux significations (l'air sert à faire battre le cœur dans un registre explicatif mécaniste, l'oxygène sert à fabriquer l'énergie pour les muscles dans un registre explicatif physico-chimique). Dans la classe 1, il existe deux registres explicatifs (vitaliste physico-chimique et mécaniste¹³) et trois significations (l'air sert à faire battre le cœur et à pousser le sang dans un registre explicatif mécaniste, respirer sert à fabriquer l'air extérieur, dans un registre mécaniste et l'air est distribué à tout le corps pour le faire fonctionner, dans un registre vitaliste physico-chimique). De plus, à la fin du débat de la classe 1, un élève reprend la signification « l'air sert à nettoyer le corps » apparue lors du recueil collectif des significations de la respiration. Cette signification n'a pas eu le temps d'être débattue. Il nous semble que la multiplicité des significations gêne la gestion du débat. Il est plus difficile pour les élèves de comprendre les contraintes et les nécessités de chaque modèle.

Orange (2000, p. 98-100 ; 2002, p. 35-36) avance l'hypothèse que les élèves doivent être sur le même registre explicatif pour créer les conditions de possibilité d'un débat scientifique problématisant (la quantification des interventions porteuses de contraintes et nécessités permet de s'en faire une idée). Au vu des résultats présentés dans le tableau 8, il nous semble que le débat est plus problématisant quand les élèves sont sur la même signification, même si, comme nous l'avons précisé au début de ce paragraphe, quelques élèves sont capables de comprendre une signification différente de celle de leur modèle et de la critiquer.

Tableau 8. Nombre d'interventions porteuses de contraintes dans les deux classes

	Nombre de propos relevant du RE-RM	Nombre de propos relevant de RMc
Classe 1	11	9
Classe 2	6	19

Ainsi les interventions de type RMc sont plus nombreuses au cours du débat de la classe 2, alors que les significations de la respiration sont moins nombreuses.

¹³ Nous n'en avons exploré que deux dans l'analyse du débat : mécaniste et vitaliste physico-chimique.

L'argumentation développée dans la classe 2 est donc plus importante, ce qui laisse supposer une identification et une appropriation plus aisées des différents modèles proposés et un débat plus problématisant.

3.3. Effet des situations de départ sur le développement de la problématisation

Dans la classe 2, l'enseignante a décidé de sélectionner uniquement la proposition relevant du registre physico-chimique en émettant l'hypothèse que pour obtenir un débat problématisant, les élèves doivent partager le même registre explicatif (ce qui se traduit par la construction de contraintes et nécessités identiques). Un choix similaire avait été fait lors de l'étude de la nutrition dans cette classe. L'enseignante avait retenu la signification (« *manger sert à donner des forces* ») relevant de ce même registre vitaliste.

Pour justifier ce choix devant la classe, elle s'appuie sur les conclusions du travail précédent sur la nutrition qui sont considérées comme acquises par les élèves. Il s'agit des trois points suivants : tout d'abord les muscles ont besoin de nutriments et d'oxygène pour fabriquer leur énergie, ensuite, les déchets fabriqués par l'organisme sont éliminés par les reins, enfin le cœur est un muscle qui fonctionne comme une pompe pour faire circuler le sang.

En analysant les deux démarches, il apparaît que même si dans la classe 2, l'enseignante a privilégié le registre vitaliste physico-chimique, le registre mécaniste persiste. Imposer un registre explicatif s'est révélé artificiel. En effet, on peut constater que les élèves ont mobilisé le registre mécaniste écarté par la maîtresse. Ils l'ont fait coexister avec le précédent.

« 137 – Eliaz : *C'est le cœur qui prend de l'air, une partie pour battre et une autre partie, c'est le sang qui le prend.* »

Dès l'élaboration des affiches, dans le groupe 5 (voir annexe 2), on pouvait lire :

« *L'air sert à faire battre le cœur. Les muscles font de l'énergie grâce à l'air. Quand on prend de l'air, le cœur va en arrière, et quand il avance, l'air et le sang passent partout. Quand l'air et le sang vont dans les muscles, ça fait fonctionner les muscles pour transformer les nutriments en énergie.* »

Même si on oppose des arguments pour contredire leur modèle, les élèves préfèrent complexifier leur modèle plutôt que d'en changer. Par exemple, Michel invente une réserve d'air pour expliquer que le cœur ne s'arrête pas de battre pendant une apnée (« *À côté du cœur, il y aurait une poche.* »).

La question focalisée sur le fonctionnement des muscles n'a pas permis d'écartier le registre mécaniste, mais a sans doute favorisé la construction d'un réseau de raisons plus riche que dans la classe 1 (voir espace de contraintes 4).

Il nous semble que les enfants de cet âge se représentent l'énergie comme un mouvement (Astolfi & Develay, 1989). Même si les élèves sont contraints de ne retenir qu'une seule signification (« l'air sert à fabriquer l'énergie pour les muscles ») pour travailler dans un certain cadre d'explication, ils produisent des explications qui semblent relever de deux registres explicatifs, le registre mécaniste et le registre vitaliste physico-chimique. La relation, spontanée chez eux, entre ventilation pulmonaire et battements cardiaques semble constituer un obstacle.

Par ailleurs, l'interprétation des propos des enfants est parfois difficile. Par exemple, les enfants notent dans l'affiche 2 (non reproduite dans cet article) : « *L'oxygène va aller dans le cœur pour qu'il n'arrête pas de battre. Le cœur se nourrit d'oxygène* ». On voit ici qu'il subsiste une ambiguïté. L'oxygène est-il perçu comme un nutriment ou comme un souffle qui fait battre le cœur ? Il est difficile de savoir dans quel registre explicatif le groupe se situe ou s'il utilise conjointement deux significations. On peut retrouver dans l'histoire du concept de respiration des cas analogues : ainsi dans la pensée de Galien par exemple, plusieurs usages de la respiration cohabitent (l'air rafraîchit le corps, l'air alimente dans le cœur, la combustion interne et produit le souffle vital) (Giordan, 1987).

Dans la classe 1, les enfants étant sur des significations différentes, la discussion dans la classe est difficile. Pour certains, l'air sert à faire battre le cœur, pour d'autres, à fabriquer l'air extérieur, ou encore à faire fonctionner le corps. Les enfants ont du mal à faire fonctionner le modèle élaboré par un autre groupe pour donner son opinion. Dans le débat, il y a peu de controverses. Aussi, l'enseignante doit souvent reformuler les explications des groupes et solliciter l'avis des élèves.

4. Conclusion

Cette étude, menée dans le cadre d'un groupe de formation-action, avait pour objectif de nous apporter une aide dans la gestion de nos futurs débats sur le thème de la respiration humaine. Elle a permis de mettre en évidence différents registres explicatifs et significations mobilisés par des élèves âgés de 8 à 10 ans. L'élaboration des espaces de contraintes nous a aidées à mener d'autres débats. Connaître *a priori*, les nécessités et les contraintes possibles dans une classe permet de les identifier dans les propos des élèves au cours des échanges. L'enseignant peut ainsi les pointer, de façon à ce qu'ils soient compris et discutés par les enfants.

La gestion d'un débat semble plus difficile pour l'enseignant quand plusieurs significations sont présentes dans la classe. Mais faut-il pour autant tenter de ne sélectionner qu'une signification dès le début de la séquence, puisque l'étude menée dans la classe 2 montre qu'une signification non prise en compte par l'enseignante ressurgit dans les explications des élèves ?

La problématisation des élèves montre ses limites. Deux registres explicatifs coexistent sans entrer en contradiction. Il nous manque des outils pour permettre aux élèves de changer de registre explicatif.

Une piste de travail semble se dégager dans les éléments de discussion : le lien spontané entre ventilation pulmonaire et battement cardiaque fait par de nombreux élèves constitue à notre avis un obstacle épistémologique ou un des aspects d'un nœud d'obstacles. Dans ces conditions, le *débat scientifique* constitue une des stratégies didactiques pour aider les élèves au franchissement, mais pas la seule. Le travail de déstabilisation, de reconstruction conceptuelle et d'identification de l'obstacle proposé par Astolfi et Perterfalvi (1997) pourrait être exploré dans l'étude de ce thème. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P. & DEVELAY M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris : PUF.
- ASTOLFI J.-P., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. & TOUSSAINT J. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Paris : Bruxelles : De Boeck.
- ASTOLFI J.-P. & PETERFALVI B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, n° 25, p. 193-216.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BERNARD Cl. (1865). *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*. Paris : Flammarion.
- BEORCHIA F. (2003). *La communication nerveuse : conceptions des apprenants et problématisation. Importance des explications mécanistes et vitalistes*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation non publiée, université de Nantes, Nantes.
- BEORCHIA F. (2005). Débat scientifique et engagement des élèves dans la problématisation : Cas d'un débat sur la commande nerveuse du mouvement en CM2 (10-11 ans). *Aster*, n° 40, p. 121-151.
- FABRE M. (1999). *Situations-problèmes et savoirs scolaires*. Paris : PUF.
- FABRE M. & ORANGE C. (1997). Construction de problèmes et franchissement d'obstacles. *Aster*, n° 24, p. 37-57.
- GIORDAN A. (1987). *Histoire de la biologie (tome 1 & 2)*. Paris : Technique et documentation Lavoisier.
- KUHN T.S. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion.

- LHOSTEY. (2005). Argumentation sur les possibles et construction du problème dans le débat scientifique en classe de 3^e (14-15 ans) sur le thème de la nutrition. *Aster*, n° 40, p. 153-176.
- ORANGE C. (2000). *Idées et raisons : construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation non publié, université de Nantes, Nantes.
- ORANGE C. (2002). Apprentissage scientifique et problématisation. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 1, p. 25-41.
- ORANGE C. (2005). Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'Éducation – Pour l'Ère nouvelle*, n° 3, p. 69-93.
- ORANGE RAVACHOL D. (2005). Problématisation fonctionnaliste et problématisation historique en sciences de la Terre chez les chercheurs et chez les lycéens. *Aster*, n° 40, p. 177-204.
- PIAGET J. & GARCIA R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.

**ANNEXE I. Les réponses orales des élèves
à la question « à quoi ça sert de respirer ? »,
lors de la première phase de la séquence**

Classe 1 (CE2) :

« à vivre »
« ça aide à faire un gros effort et le cœur bat plus vite »
« les poumons c'est comme une pompe ça prend l'air et ça le rejette »
« l'air lave les poumons »
« l'air sert à envoyer le sang dans les veines »
« à donner de l'oxygène à notre corps »

Classe 2 (CE2 – CMI) :

« l'air sert à respirer »
« pour que le cœur batte et envoie le sang dans tout le corps »
« c'est comme un pneu que l'on gonfle »
« l'oxygène donne de l'énergie aux muscles pour fonctionner »

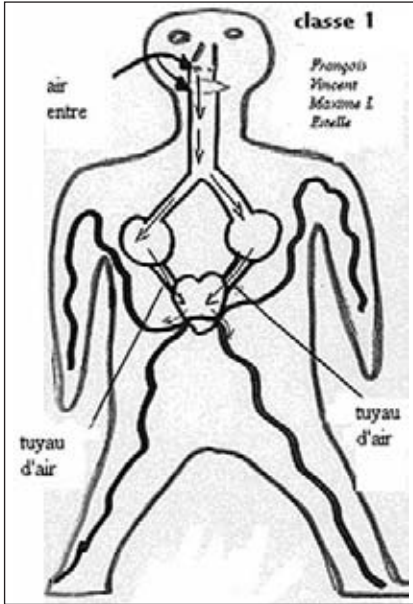
ANNEXE 2. Les productions de 6 groupes d'élèves présentées lors de la troisième phase de la séquence

Les affiches de six groupes d'élèves comprenant un dessin, des légendes et un texte ont été reproduites. Sous chaque affiche, il a été noté le résumé et le schéma dictés par un élève extérieur au groupe, après présentation de l'affiche à la classe entière (en italique et entre guillemets).

Les enseignantes en ont déduit la signification de la respiration.

Classe 1 – Groupe 1

(François, Vincent, Maxime L, Estelle)



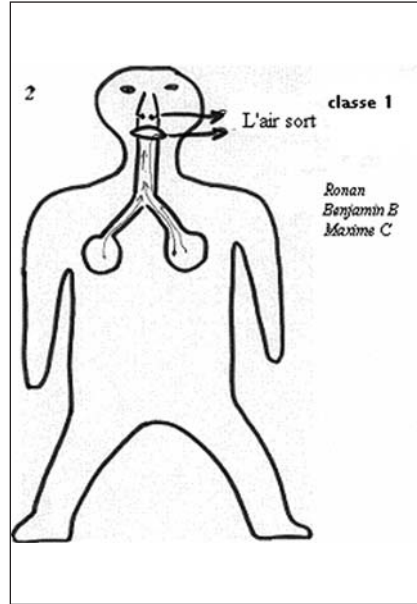
L'air va dans les poumons. Puis il va dans le cœur par des tuyaux pour faire battre le cœur et envoyer le sang dans le corps.

« Respirer pour que le corps fonctionne, respirer pour que le cœur envoie le sang dans les veines. Les poumons servent à respirer. »
air → œsophage → poumons → cœur → veines de sang → tout le corps

Signification : L'air sert à faire battre le cœur et à envoyer le sang dans le corps.

Classe 1 – Groupe 2

(Ronan, Benjamin B, Maxime C)

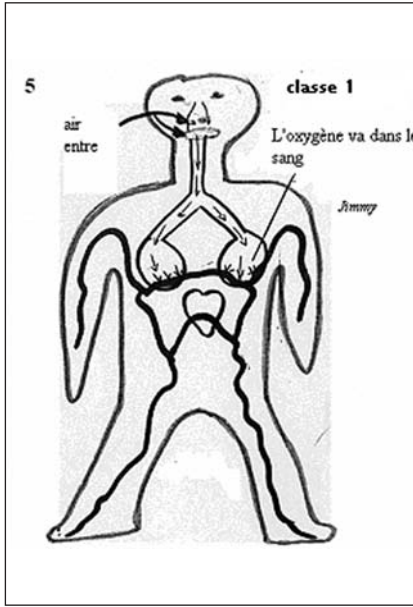


Les poumons fabriquent de l'air qui ressort par la bouche et le nez.

« Les poumons s'appuient puis font de l'air qui est envoyé dans l'œsophage et qui ressort par la bouche et le nez. Les poumons fabriquent l'air. »
air dans les poumons → œsophage → bouche nez → extérieur

Signification : L'air extérieur est fabriqué par les poumons.

Classe 1 – Groupe 5
(Jimmy)



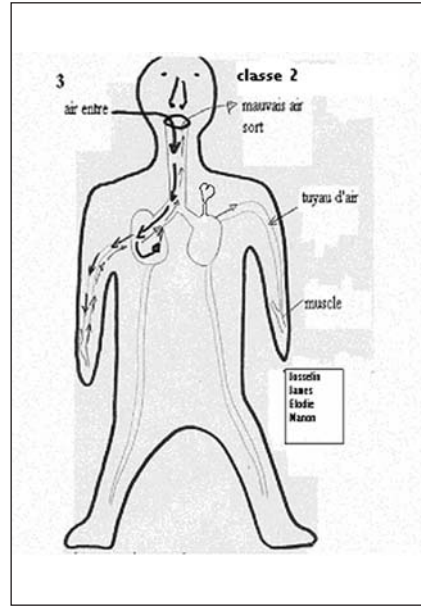
L'air va dans les poumons. L'oxygène de l'air va dans le sang, partout dans le corps.

« Le cœur sert à vivre. Le cœur envoie le sang partout. Ça donne de l'oxygène à notre corps. Le sang passe dans les poumons pour que l'oxygène se balade dans notre corps. »

nez bouche → tuyau → poumons → sang → corps

Signification : L'air sert à donner de l'oxygène à notre corps.

Classe 2 – Groupe 3
(Josselin, Manon, James, Elodie, Mathilde)



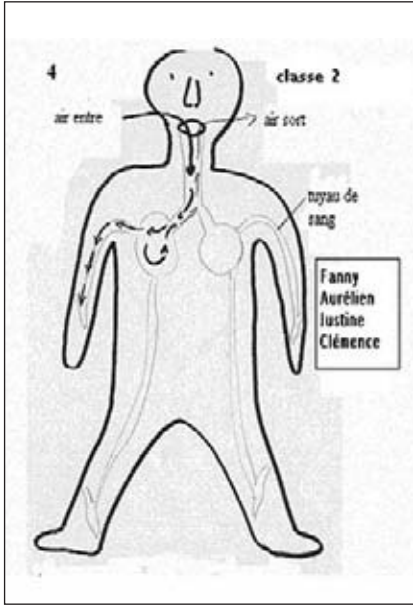
L'oxygène entre par la bouche et le nez. Il va dans des tuyaux. Après ça va dans les poumons. L'oxygène sort des poumons et va dans le muscle et le cœur par des tuyaux. Les muscles rejettent de l'air et puis qui sort par le nez. L'air se mélange avec les aliments et forme de l'énergie pour faire fonctionner les muscles

« L'air entre par la bouche et le nez. Ça va dans des tuyaux et dans les poumons. Ils trient. Le mauvais air ressort. L'oxygène va dans les muscles. Les muscles mélangent l'oxygène avec les nutriments pour fabriquer le mauvais air et de l'énergie. »

nez bouche → tuyaux → poumons
muscles → mauvais air → sortie

Signification : Distribution de l'oxygène par des tuyaux, sortie d'air depuis les muscles.

Classe 2 – Groupe 4
(Fanny, Justine, Clémence, Aurélien)



L'oxygène est le bon air. Le gaz carbonique est le mauvais air. L'air entre par le nez et la bouche quand on aspire. Les poumons trient les air (l'oxygène et le gaz carbonique). Le gaz carbonique ressort par le nez quand on expire. L'oxygène va dans les muscles grâce au sang qui circule. L'oxygène donne de l'énergie aux muscles pour fonctionner.

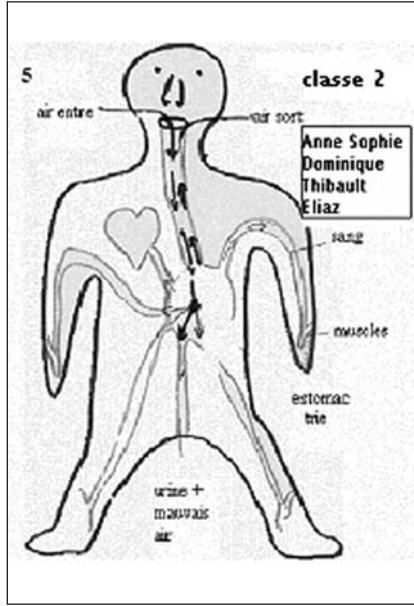
« L'air entre dans la bouche, va dans l'œsophage, puis dans les poumons. Il trie. Le mauvais air (le gaz carbonique) il ressort. Le bon air (l'oxygène) va dans les muscles grâce au sang. L'oxygène sert à faire de l'énergie. »

```

    nez bouche → œsophage, poumons → sang → muscles
                ↑                       ↓
                ← gaz carbonique ←
    
```

Signification : Distribution de l'oxygène vers les muscles par le sang, tri, sortie.

Classe 2 – Groupe 5
(Anne-Sophie, Eliaz, Dominique, Storm, Thibaut)



L'oxygène entre dans la bouche quand tu respire, ça sert à vivre. Il va dans l'œsophage, les muscles et les organes par des tuyaux (le cœur est un muscle). L'air sert à battre le cœur. Les muscles font de l'énergie grâce à l'air. L'air va dans tout le corps. Quand on prend de l'air, le cœur va en arrière, et quand il avance, l'air et le sang partent partout. Quand l'air et le sang vont dans les muscles, ça fait fonctionner les muscles.

« L'air rentre dans la bouche. Il va dans l'œsophage, puis dans l'estomac qui trie. L'oxygène va aller dans les muscles par le sang. Le mauvais air ressort sous forme d'urine. L'oxygène va dans le cœur pour le faire battre. »

```

    bouche → œsophage → estomac → sang → cœur, muscles
                ↑                       ↓
                ← bon air ← → mauvais air → urine
    
```

Signification : Distribution de l'oxygène vers les muscles par des tuyaux et rôle mécanique de l'air (faire battre le cœur).