

TRAVAIL AUTONOME AU LYCEE ET ELABORATION DU CONCEPT DE RESPIRATION

Jeanine Guyon

L'innovation pédagogique conduite au lycée qui est décrite ici articulait dans un projet collectif d'élaboration du concept de respiration différentes modalités de travail. Les élèves ont conduit un travail d'investigation en équipes ; ils ont mis en relation les résultats apportés par chaque équipe ; le professeur a donné des informations complémentaires. Tout ce travail a permis une structuration des connaissances par l'ensemble de la classe.

L'objectif du professeur était essentiellement de faciliter l'appropriation personnelle des connaissances. C'est pourquoi l'accent est mis dans l'analyse qu'il propose sur l'évolution des conceptions des élèves par rapport à la respiration.

1. FACILITER L'APPROPRIATION PERSONNELLE DU SAVOIR SCIENTIFIQUE

Le travail autonome en biologie a été expérimenté dans les collèges. Nous avons pu décrire la façon dont il permet une structuration lente d'outils intellectuels et de connaissances qui s'élaborent progressivement (1). Il a en particulier pour fonction de faciliter la connaissance des représentations des élèves et de prendre appui sur elles, ainsi que de permettre un meilleur ancrage des connaissances biologiques dans l'expérience personnelle et, inversement, de rendre davantage réinvestissables les connaissances acquises. Mais il est rarement mis en oeuvre au lycée, pour des raisons que l'on peut analyser, parmi lesquelles : le programme est très lourd, la préparation au baccalauréat oriente les trois années de lycée, les élèves eux-mêmes demandent des cours magistraux. Or, de même qu'au collège, il est important que la formation scientifique au lycée facilite l'appropriation personnelle du savoir au cours de phases de travail autonome articulées avec d'autres formes de travail (cours, travaux pratiques dirigés). Les obstacles ne sont pas insurmontables.

Cet article décrit une tentative de mise en place d'un travail d'investigation autonome des élèves où les recher-

une tentative de travail autonome au lycée

(1) Equipe de recherche Aster. **Formation scientifique et travail autonome**. Paris. INRP. 1985.

ches menées par petits groupes prennent leur sens dans un effort collectif de construction des connaissances scientifiques. Ce travail a été conduit avec une classe de Première Scientifique (élèves de 16-17 ans). Je décrirai les phases successives du travail, les modalités de fonctionnement de chaque phase et les acquis des élèves. Mes objectifs pour la formation des jeunes sont à la fois des objectifs méthodologiques et des objectifs conceptuels mais je développerai surtout ici l'évolution des conceptions des élèves par rapport à la respiration que ce travail a permis.

le concept de
respiration : un
concept complexe

Les objectifs d'acquisition de connaissances portent sur le **concept de respiration**. Pourquoi ce choix ?

Ce concept fait partie, dans le programme de la classe de Première Scientifique défini par l'arrêté du 9 mars 1982 d'un ensemble très important intitulé : "**Les transformations de la matière chez les êtres vivants**". Dans ce chapitre, la respiration est envisagée sous l'angle des échanges respiratoires, de l'intensité et du quotient respiratoire, de la libération d'énergie, du bilan énergétique.

importance de
partir des
représentations
des élèves

Ces notions sont très complexes et n'ont pas une signification immédiate pour les élèves de cette classe. Il est particulièrement important dans ce cas de ne pas faire l'économie d'une explicitation des représentations des élèves et d'un travail sur ces représentations : sinon on court le risque de juxtaposer un savoir appris, parce que c'est la règle du jeu scolaire, et utilisé seulement dans ce cadre-là, à des conceptions qui restent inchangées et qui sont les seules utilisées hors de l'école.

Mon objectif était donc que les élèves arrivent à envisager la respiration comme un phénomène impliquant transformation de la matière et transferts d'énergie.

Il était également qu'ils modifient leurs conceptions personnelles et, pour ce faire, il fallait prendre ces conceptions comme point de départ, laisser les élèves poser les problèmes à leur façon, même si elle nous paraît simpliste ou parfois fautive, pour les retravailler et les modifier.

Ce travail devait enfin permettre aux élèves d'acquérir ou de consolider des méthodes de travail, d'utilisation de documentation, de critique et d'appropriation du travail des autres.

pour que les élèves
prennent en charge
leur apprentissage,
sont nécessaires ...

Comment s'y prendre pour qu'un ensemble de connaissances de cette importance puisse être appréhendé correctement et efficacement par les élèves sans que ce soit le professeur qui imagine la progression, la nature, la répartition des tâches et la synthèse finale ? Est-il possible que les élèves prennent en charge leur propre apprentissage ?

Au préalable, deux conditions majeures doivent être remplies : qu'ils en aient envie et qu'ils en aient les

moyens.

1 - Pourquoi les élèves auraient-ils envie de se lancer dans la recherche et le travail personnel alors qu'il est si simple de demeurer dans la situation d'assistés pour laquelle ils ont été conditionnés ? Que leur manque-t-il pour cela ? Il semble qu'ils n'aient aucune confiance en eux, c'est-à-dire qu'ils se sentent incapables de se prendre en charge, de construire et de réaliser un projet de longue haleine.

... confiance en soi

Une des raisons de ce blocage paraît être l'existence d'un dogme auquel il serait sacrilège de toucher : l'autorité supérieure, c'est-à-dire le "prof", les livres, détient la connaissance et la vérité. Compte-tenu de la condition infantile dans laquelle ils sont maintenus, il est logique pour eux de penser qu'ils ne peuvent pas avoir accès directement à la connaissance. Dans leur vie scolaire, le problème important à résoudre est de décrypter l'attente de l'enseignant : "qu'est-ce qu'il veut que je dise, que je réponde, que je fasse ?" Cette attitude est peu propice à développer la confiance en soi ! Ceci nous amène à une constatation : un travail autonome ne peut se faire que dans un climat de confiance, valorisant pour les élèves, où se seront instaurées des relations humaines nouvelles et multiples. Pratiquement, ceci revient à dire : on ne peut travailler ainsi avec des élèves inconnus en début d'année. Il faut du temps pour instaurer un autre type de relations et des rapports ouverts entre les élèves eux-mêmes et surtout entre enseignant et enseignés.

... confiance dans la dynamique collective du groupe

Le premier signe de changement de climat qui s'opère dans la classe est une phase d'opposition : les élèves se sentent autorisés à critiquer le discours du maître, le travail prévu, les expériences décrites dans les livres, le manque de documents, les différences entre documents, l'organisation, etc... Cette attitude nouvelle est déjà une revalorisation personnelle.

Le deuxième signe est la prise de conscience qu'on ne peut pas tout faire seul : en se partageant le travail, en le confrontant avec des travaux menés en parallèle, en discutant en groupe, on arrive à de meilleurs résultats et plus vite.

Confiance en soi et confiance dans la dynamique collective du groupe : une fois ce processus enclenché, la classe est prête à prendre son travail en charge.

... accès aux documents et au matériel expérimental

2 - Quels sont les moyens indispensables à cette prise en charge du travail ? Une classe qui travaille en autonomie a besoin d'avoir accès à de très nombreux outils didactiques, livres - scolaires ou non - dossiers, fiches, diapositives, enregistrements vidéo, films etc... La place de la bibliothèque de classe et surtout du Centre de Documentation et d'Information de l'établissement sont primordiales. Naturellement, le matériel expérimental est

également indispensable : outils, instruments de mesure, d'optique, d'enregistrement etc...

Les élèves doivent connaître leur existence, apprendre à les demander, à s'en servir.

C'est donc à une période où nous avons pu établir un climat de confiance et après que cet apprentissage d'utilisation du matériel et de la documentation soit consolidé, c'est-à-dire au milieu de l'année scolaire, que nous avons entrepris avec les élèves de la classe de Première Scientifique une période de travail autonome sur la question : qu'est-ce que la respiration ?

2. LES DIFFERENTES PHASES DU TRAVAIL

L'étude de la respiration avec des élèves de Première Scientifique se déroulait auparavant de la manière suivante : présentation du programme, tests préliminaires d'évaluation des représentations, délimitation du sujet, organisation par le professeur des différentes recherches en équipe en fonction des tests, communication des équipes à la classe.

Ce travail terminé, l'enseignant se réservait également les conclusions et l'approche synthétique finale. Cette progression le laissait relativement satisfait : les élèves n'avaient-ils pas participé à l'acquisition d'une certaine connaissance ?

Cependant cette méthode est imparfaite : l'enseignant reste le maître d'oeuvre d'un travail imposé. Les élèves n'en connaissent ni la finalité, ni les enchaînements, ce qui exclut le seul moteur utilisable : l'intérêt.

une nouvelle démarche
où les élèves sont
maîtres d'oeuvre

La nouvelle stratégie mise en place substitue l'autorité du groupe à celle de l'enseignant. L'ensemble de la démarche appartient aux élèves : faire le point en début de travail, travailler coopérativement, discuter et confronter les nouvelles acquisitions, structurer l'ensemble. Le rôle de l'enseignant se définit alors suivant deux axes :

- servir de centre organisateur pour le choix des sujets, la gestion du groupe, les aiguillages vers des sources documentaires ou du matériel approprié,
- servir de catalyseur, en facilitant les échanges et les discussions, en gérant une "mémoire" du groupe sous la forme d'un cahier du bord, en regroupant et en ventilant les acquis individuels.

La stratégie pédagogique n'a donc pas subi une simple évolution. Elle a subi une mutation. Du modèle en kit fourni à l'élève, on est passé à la réalisation par lui, d'un modèle original, construit grâce à des pièces élaborées.

des rôles variant
selon les besoins
de l'activité

rées coopérativement par l'ensemble.

Elle s'efforce de répondre aux préoccupations exprimées dans l'ouvrage collectif "Formation scientifique et travail autonome" (2) :

"Comment maîtriser la diversité pour qu'elle ne soit pas agitation désordonnée mais constructive ?

...Il importe d'associer les élèves au projet de l'enseignant en le leur rendant explicite.

...Il importe de leur donner les moyens de prendre conscience de ce qu'ils acquièrent progressivement".

Pour cela elle se réfère à un modèle pédagogique composite, utilisant une variété de modalités de relations entre enseignant et élèves selon les besoins de l'activité (y compris un cours magistral lorsque cela s'avère utile) mais où les élèves sont associés aux décisions.

Pour caractériser les diverses modalités de relations choisies, des schémas seront proposés pour les différentes phases (3).

Le travail a été poursuivi pendant sept semaines.

Le découpage des séquences s'est effectué selon les impératifs de l'emploi du temps, c'est-à-dire des plages de deux heures en alternance avec des plages d'une heure.

Il faut préciser qu'en dehors de ces séquences en classe, les élèves ont effectué un travail de rédaction, de recherche documentaire, d'observation d'expériences, de mise en forme très important mais dont il est difficile de rendre compte puisqu'il se passait hors de la classe et que le professeur n'en a eu connaissance qu'indirectement.

1ère séquence (2 h) : démarrage du travail

Le début du travail a consisté à établir un contrat entre l'enseignant et les élèves définissant ce qui était attendu à la fin du travail : "qu'est-il nécessaire de savoir pour comprendre la respiration ?", en fonction des impératifs du programme qui était connu des élèves.

Après une discussion libre entre les élèves, puis un tour de table, la liste complète des questions soulevées est écrite au tableau de manière à avoir une vue d'ensemble et à les classer plus facilement.

Les questions à ce premier stade concernent trois sec-

(2) Ibid. p. 121.

(3) On pourra se reporter aux schémas et aux définitions des grilles de prises de décision et de modes d'intervention du professeur pour chaque type d'activité scientifique in op. cit. p. 173.

l'élaboration des propositions de recherche prend du temps

teurs : anatomie et physiologie des poumons et de l'appareil circulatoire, les gaz du sang, et une inconnue : "il paraît que les tissus vivants (autres que pulmonaires) respirent ?".

Traduire les propositions faites à bâtons rompus en libellés de recherches n'est pas facile. Il faut y consacrer du temps. De nouvelles discussions, des investigations à la bibliothèque, des discussions avec l'enseignant s'avèrent nécessaires pour que les élèves se mettent d'accord sur des propositions de recherche en équipe.

La liste retenue est la suivante :

P1 : le poumon est-il perméable à l'oxygène ?

P2 : rejet de CO₂ par la souris : mise en évidence et mesures (méthodes du courant d'air continu)

P3 : les tissus respirent-ils ?

P4 : anatomie de l'appareil respiratoire

P5 : la circulation

P6 : la ventilation pulmonaire

P7 : la mécanique respiratoire

P8 : le transport des gaz dans le sang

Toutes ces propositions de recherche sont acceptées par le professeur, même la proposition 2, simple copie d'expérience du livre. Pourra-t-on en tirer un parti intéressant ? Le principe même du travail autonome que veut mettre en place l'enseignant est de partir des idées des élèves : ils n'étaient pas en mesure dès le départ de formuler des problèmes dans les termes du programme ; mais c'est bien le point d'arrivée visé.

Les élèves étant maîtres de leurs sujets de recherche, leur choix peut surprendre : en effet, ils ne s'en tiennent pas au libellé du programme.

Celui-ci, supposant connus l'anatomie et le fonctionnement des appareils respiratoires et circulatoires, n'en fait pas mention. Les élèves, qui en fait ne les maîtrisent pas bien, prévoient de les traiter.

De même, la mécanique respiratoire ne figure pas dans le programme : ce problème n'est jamais abordé car il se situe au niveau de l'interface mal maîtrisée biologie-physique. Il paraît significatif que dès le premier essai en autonomie, les élèves incluent dans leurs recherches un problème complexe abolissant la frontière entre les disciplines.

La diversité des questions abordées leur permet de cerner efficacement les données de l'ensemble du phénomène respiratoire.

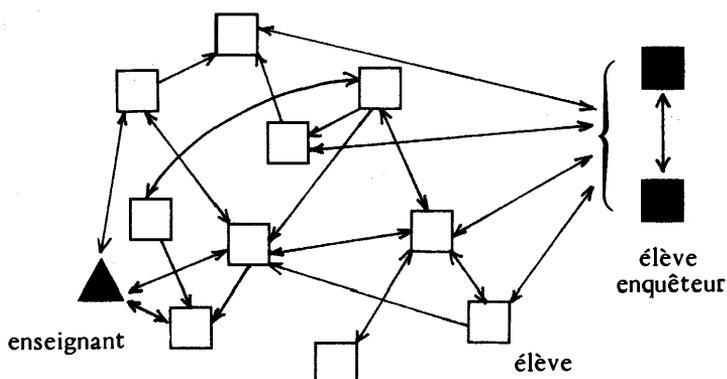
Deux élèves ne sont pas parvenus à faire des propositions, toutes les recherches qu'ils auraient aimé poursuivre ayant été choisies par d'autres. Devant cette impasse, l'enseignant leur propose de faire une enquête auprès des autres élèves de la classe pour analyser leurs représentations sur la respiration avant le début du

des projets complémentaires

travail. Ils acceptent et s'organisent seuls pour réaliser leur enquête, questionnement, méthode, rédaction finale. L'enseignant et les élèves prennent connaissance ensemble des résultats de cette enquête par une communication faite avant le début des recherches.

Accorder deux heures à cette séquence peut paraître long. Ce temps correspond à la prise en charge collective des questions à résoudre, à la prise de pouvoir personnelle sur les droits à la connaissance. Il est indispensable aux élèves pour croire à la réalité de leur autonomie, il ne peut donc être restreint.

Schématiquement, l'organisation des relations apparaît de la façon suivante :



2ème séquence (1h) : organisation des activités des différents groupes

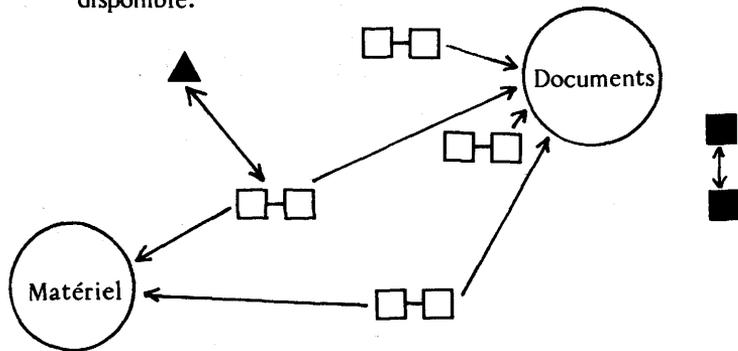
Chaque groupe fixe ses choix documentaires, programme le déroulement des expériences projetées (prévisions du matériel, choix des techniques, organisation du travail) ou traite les données de l'enquête.

Un exemple de recherche de documents sur la ventilation pulmonaire : une heure de parcours en diagonale des livres "possibles" (manuels de Troisième, manuels de Première et Terminale, manuels de l'école d'infirmiers, "Anatomie, Physiologie" de Bresse, "Précis de Physiologie" de Soula) a permis à une équipe de sélectionner des expériences à réaliser avec le spiromètre de la "santé scolaire", ainsi que des documents anatomiques précis concernant notamment la présence et le rôle des plèvres, les variations de pression à l'intérieur des alvéoles pulmonaires.

une phase de
préparation des
expériences

Un exemple d'organisation des expériences projetées : un parcours en diagonale des mêmes ouvrages cités plus haut a permis à une autre équipe de choisir, dans un premier temps, de mettre en évidence la réversibilité de la fixation de CO_2 ou d'O_2 . Il a donc fallu aux élèves imaginer la technique de l'expérience et prévoir la commande de sang, la verrerie nécessaire, la bonbonne à oxygène et un dispositif expérimental pour obtenir du CO_2 .

Dans les deux cas, le professeur a conseillé la fourchette des ouvrages possibles et a montré le matériel disponible.



3^{ème} séquence et 4^{ème} séquence (2h + 2h) : les activités de groupe ; mise en forme et réalisation

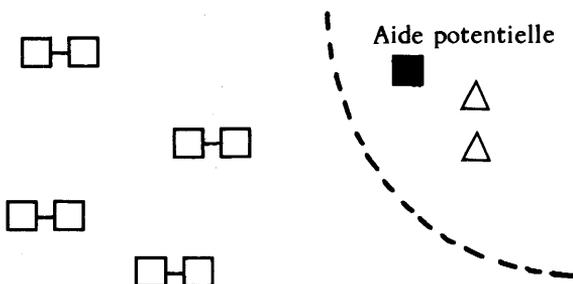
Les groupes fonctionnent et effectuent leurs expériences avec toutes les aides demandées. Puis ils réalisent un dossier écrit et préparent l'exposé qu'ils feront à la classe.

investigation autonome et mise en forme du contenu

Le dossier écrit demandé par l'enseignant répond à plusieurs objectifs :

- noter le travail réalisé par le groupe,
- constituer la base à partir de laquelle celui-ci exposera oralement à la classe le résultat de ses recherches sur le sujet qu'il a choisi,
- rester le document de référence en classe où chacun pourra retrouver à tous moments les renseignements qui lui sont utiles.

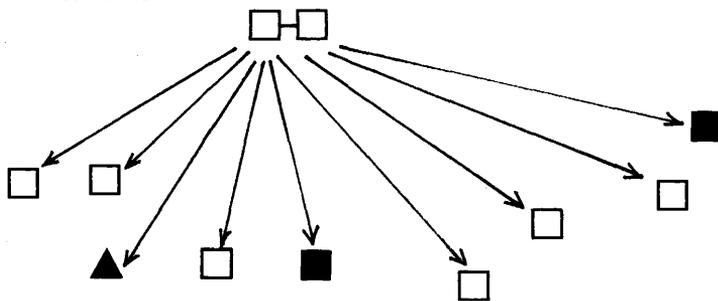
Les relations sont essentiellement internes à chaque équipe ; les deux élèves enquêteurs et le professeur constituent une aide potentielle.



5ème séquence (1h + 2h + 1h) : temps de communication

exposés à la classe

Chaque groupe successivement expose son travail à la classe. Les communications ont lieu sous forme de conférences avec présentation de matériel, expériences, documents.



6ème séquence (1h) : discussion générale

première synthèse collective

Chaque élève prend des notes pendant ou à la fin des exposés - ceux-ci sont toujours suivis d'une discussion, de demandes d'éclaircissement, d'approfondissement. Il se constitue donc à titre personnel une documentation complète sur tous les sujets traités.

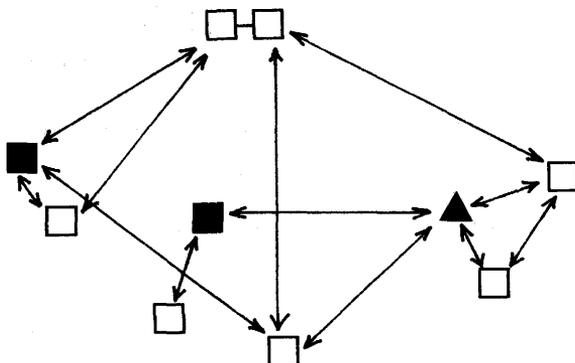
Ce travail effectué, un travail de synthèse est demandé par l'enseignant à tous les élèves : une ou deux phases caractérisant l'apport de chaque communication à la compréhension du phénomène respiratoire. Par exemple, les phrases retenues concernant "circulation et respiration" étaient les suivantes :

- le sang est transporteur des gaz respiratoires
- dans les capillaires, le sang circule lentement pour qu'il y ait échange gazeux
- les capillaires sont très minces
- la circulation représente pour la respiration le moyen

de locomotion des gaz

- la fixation de CO_2 et de O_2 dans le sang est réversible
- les gaz sont transportés sous forme dissoute ou combinée.

Le relevé complet de ces phases constitue la banque de données établie collectivement, on le trouvera ci-dessous page 170.



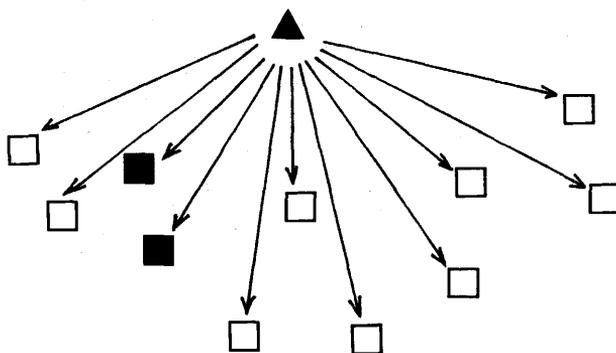
7ème séquence (1h) : cours magistral sur respiration cellulaire et métabolisme

L'enseignant juge le moment opportun de compléter ces travaux par des informations concernant respiration cellulaire, ATP, énergie dans la cellule.

Il n'y a guère d'autres moyens que le cours pour aborder la respiration au niveau mitochondrial :

- réaction "bilan respiratoire"
- $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + \text{énergie}$
- puis une vue moins réductionniste du problème : les réactions de déshydrogénation décarboxylation transport d'H, afin de pouvoir dégager d'une part la reconstitution de l'ATP, source d'énergie permanente dans la cellule, et d'autre part l'élimination de H sous forme d' H_2O avec au passage la démythification du rôle de l' O_2 "gaz vital", réduit au rôle, essentiel certes, de poubelle.

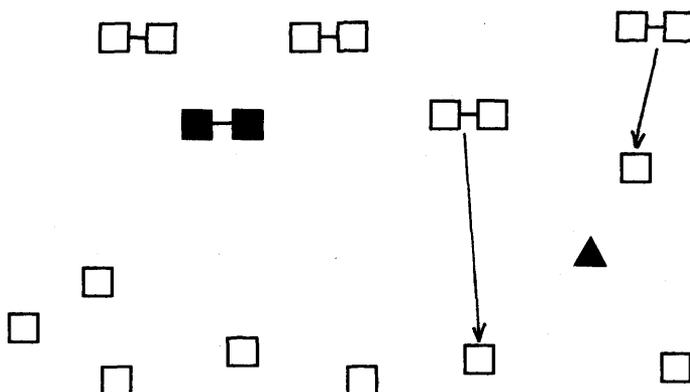
compléments
d'information par
le professeur



8ème et 9ème séquence (1h + 3h) : phase de structuration

structuration des connaissances apportées par les équipes et par le professeur

C'est à partir de l'ensemble des propositions construites en utilisant le travail d'investigation des groupes d'élèves et des informations apportées par le professeur que chaque équipe construit une affiche synthétisant : "qu'est-ce que la respiration ?" et la présente.



3. LES TROIS PIVOTS DE CETTE STRATEGIE

Cette stratégie repose sur trois pivots : au départ, une analyse des représentations par les élèves eux-mêmes et par l'enseignant, en cours de travail des interconnexions permanentes entre les élèves, en fin d'étude des activités de structuration.

3.1. L'enquête sur les représentations

. Le texte d'analyse de deux élèves

Voici le texte produit par les deux élèves qui ont conduit l'enquête. Il a été communiqué à la classe sous forme d'un exposé.

"Le thème que nous étudions aujourd'hui en Sciences naturelles est celui d'un phénomène naturel : la respiration.

Avant d'entrer dans le vif du sujet et de voir les différentes expériences réalisées se rapportant à tel ou tel système (mécanisme) de l'appareil respiratoire tout entier, il est nécessaire de présenter le sujet.

Avec l'aide de mon camarade, nous avons interrogé un par un l'ensemble des élèves de la classe. Pourquoi ? Tout simplement pour délimiter leurs connaissances sur ce thème de la respiration, et surtout les interroger avant qu'ils n'entrepren-

nent des recherches actives (ou des expériences). Ce serait donc un bilan, qui résumerait en quelque sorte, les connaissances, si précieuses soient-elles, qu'ils ont acquises par eux-mêmes au cours de leur jeune scolarité.

Pour cerner le sujet, nous les avons interrogés de deux façons :

- tout d'abord sur l'idée générale, globale :

"Pour eux, qu'est-ce que définit le mot "respiration" ?"

- et d'autre part, à un degré plus scientifique :

"En quoi consiste le phénomène respiration ?"

"Où va l'air ?"

"Que devient l'oxygène ?"

"Que devient le gaz carbonique ?"

"Quels facteurs, j'entends par là -phénomènes ou mécanismes-, cela engendre-t-il ?"

Après avoir établi le bilan et classé les résultats (sans pour cela que ce soit un jugement de notre part ou une critique), nous obtenons à peu près ceci :

I) D'une façon générale

On sait que la respiration, qui est un phénomène naturel dit "mécanique" de tout être vivant, consiste en le fait d'inspirer de l'oxygène et d'expirer du gaz carbonique, et surtout, que ceci est indispensable à la vie. C'est par ceci que l'on définira ce qu'est le mouvement respiratoire.

On sait aussi que tout individu a un système respiratoire régulier qui s'accroît selon les efforts effectués et leur intensité, mais aussi que l'air se décompose en trois parties, c'est-à-dire d'environ 2/3 d'azote, 1/3 d'oxygène et d'un minime pourcentage d'autres gaz plus rares.

II) En approfondissant un peu plus

On sait que les échanges gazeux, c'est-à-dire entre l'O₂ et le CO₂, s'effectuent au niveau des poumons d'où l'O₂ va ensuite dans le sang et d'où le CO₂ est expiré au dehors. Les phénomènes respiratoires consistent ainsi en un apport d'O₂ nécessaire aux poumons et à l'élimination du CO₂ contenu dans le corps par l'expiration. L'air parcourt le corps par un trajet bien déterminé : trachée - poumons - veine - sang - coeur, puis expiration pour le CO₂ alors que l'O₂ reste et est pour ainsi dire brûlé en tant que combustible si on imagine le fait que l'homme soit une machine. On alimente donc le corps en O₂ par l'intermédiaire du sang qui se charge en globules rouges "gorgés" d'oxygène et qui fait vivre les cellules pour qu'elles puissent "fabriquer" de l'énergie.

III) Quelques rares connaissances

On sait que lors de l'inspiration, la cage thoracique s'agrandit et ceci grâce à sa mobilité squelettique, donc l'air entre dans les poumons et ressort lorsque la cage thoracique diminue. De même que les échanges gazeux entre l'air et le sang se situent au niveau des parois des alvéoles pulmonaire. L'échange se fait rapidement par diffusion pour le CO₂, du sang vers l'alvéole et pour l'O₂ de l'alvéole vers les globules rouges...

Pour conclure cette introduction, nous pouvons estimer que tout le monde connaît et sait expliquer la question d'ordre général sur ce phénomène qu'est la respiration mais grâce aux différentes expériences que nous allons voir, nous pourrions apprendre, et c'est le mot, tout ce que l'on pourrait définir comme un mécanisme complexe respiratoire, cela entraînant : le mouvement respiratoire, l'appareil respiratoire par lui-même et toute la physiologie de la respiration.

Enfin, quand nous arriverons au terme de ce chapitre, en conclusion générale, nous referons un autre bilan qui ne se basera que sur les connaissances acquises ou apprises aujourd'hui et lors des expériences, et permettra ainsi de voir si ce problème bien difficile à cerner a été compris..."

Quel intérêt peut-il y avoir à ce que les élèves eux-mêmes analysent les représentations ? Celles-ci sont un domaine dont, traditionnellement l'enseignant se préoccupe fort peu pour deux raisons : ou bien il considère que ce "déjà là" n'est qu'un tissu d'erreurs dont il n'y a pas lieu de tenir compte, ou bien il suppose que son discours logique les efface et les remplace par "la vérité scientifique" (4).

Au mieux, l'élève fait fonctionner ce nouveau savoir dans des situations analogues ou très proches de celles qui lui ont été proposées. Mais aux prises avec une difficulté insolite, les représentations sous-jacentes resurgissent et perturbent la compréhension de ce problème inconnu dans sa programmation.

Pour l'enseignant lui-même, il est intéressant d'appréhender avant toute intervention l'organisation du puzzle aux pièces d'origine multiple : médias, disciplines scolaires, "on-dit", expériences personnelles, de faire un constat de situation. Mais même dans ce cas, l'objet du débat reste toujours pour l'enseignant "le concept scientifique en lui-même".

une prise de conscience
par les élèves du
morcellement de
leurs connaissances

En faisant effectuer cette analyse par les élèves eux-mêmes, le centre d'intérêt se déplace vers "l'élève en situation d'apprentissage du concept scientifique". Cette manière de procéder "transforme la relation pédagogique en donnant une place à celui qui apprend" (5).

En outre, cette analyse permet aux élèves de se rendre compte du morcellement de leurs connaissances. Quelle corrélation entre mouvements thoraciques, circulation du sang, transport des gaz, poumons, etc... Quels facteurs d'organisation, quelle cohérence de l'ensemble, quelle finalité à la respiration ? Il leur faut donc compléter les données, trouver les pièces manquantes du système de manière à pouvoir mettre en relation, hiérarchiser, organiser, créer une trame permettant l'accès à un niveau conceptuel supérieur.

prendre appui sur les
représentations des
élèves

L'analyse des représentations par les élèves n'est pas une fin en soi, mais induit le tâtonnement expérimental, la recherche d'informations, la confrontation et les discussions.

. Que pouvons-nous dire des représentations d'après cette enquête et les discussions de début de travail ?

- On trouve d'abord des lieux communs :

(4) voir l'analyse de Guy RUMELHARD in **La génétique et ses représentations dans l'enseignement**. Berne. Peter Lang. 1987.

(5) André GIORDAN (ed.). **L'élève et/ou les connaissances scientifiques**. Berne. Peter Lang. 1983.

respiration liée
à la vie

"C'est un phénomène naturel, indispensable à la vie, l'oxygène sert à faire vivre les cellules".

La respiration apparaît comme un phénomène inéluctable lié au concept de vie. C'est ce qui est traduit en langage populaire par la formule : "Il a rendu son dernier souffle".

- La respiration est également perçue comme un phénomène mécanique : premier niveau du concept de respiration. Cependant les énoncés prêtent à confusion :

"La cage thoracique s'agrandit quand l'air rentre, et quand elle diminue, il ressort".

Est-ce la cause dont il est question ou l'effet ?

Est-ce l'air qui pousse la cage thoracique et l'oblige à s'agrandir ou l'inverse ?

mouvements de la
cage thoracique

Devant cette confusion, l'enseignant a fait préciser le sens donné aux réponses.

De son enquête, il ressort que la notion de solidarité entre cage thoracique et poumons est totalement inconnue. Par conséquent, il ne s'agit que de l'observation de la concomitance entre deux phénomènes liés... mais par quoi ?

échanges gazeux au
niveau des
poumons

- Un troisième ensemble de représentations concerne les gaz respiratoires.

Les poumons semblent être le lieu privilégié de la respiration : l'oxygène leur est nécessaire.

Les gaz en cause, oxygène et dioxyde de carbone, se déplacent dans le corps en suivant la voie sanguine : aucune explication concernant ce transport n'est donnée.

Ils diffusent des alvéoles pulmonaires dans le sang : aucun mécanisme n'est invoqué pour expliquer cette diffusion, ni dissolution, ni dialyse, qu'ils connaissent pourtant.

Le cloisonnement entre disciplines en tant qu'obstacle à l'interconnexion des connaissances est bien connu. Ici, il s'agit de cloisonnement entre deux chapitres de la même discipline !

L'origine du dioxyde de carbone est inconnue, et nulle part il n'est question de vapeur d'eau dans les gaz expirés. Par contre, l'oxygène est parfois perçu comme un combustible pouvant fabriquer de l'énergie (sic).

mais pas d'idées sur
le rôle de la
respiration

En résumé : les poumons sont le siège de la respiration mais quel est le rôle du sang, quel est le but de cette fonction ?

. Les représentations des élèves et l'histoire des sciences

Selon André Giordan (6), le phénomène respiratoire peut se situer à six niveaux :

1. ventilation
2. relations avec l'appareil circulatoire
3. les gaz : diffusion, transport, transformation
4. énergie
5. vie tissulaire et cellulaire
6. oxydo-réduction et transport d'électrons.

Les représentations des élèves en début de travail concernent les niveaux 1 et 2 et partiellement le niveau 3. Ils ignorent les niveaux 4, 5, 6.

La respiration est toujours superposée à la vie comme dans les textes de l'antiquité.

Jamais le lien entre respiration et production de chaleur n'est évoqué, alors que ces deux phénomènes sont étroitement liés au cours de l'histoire des sciences. On ne peut donc sur ce point superposer le cheminement des élèves à celle-ci.

De même, ils bénéficient de connaissances qui ont été très longues à acquérir historiquement : la composition de l'air par exemple, ou la notion de circulation. Cependant aucun essai d'explication de l'ensemble du phénomène n'est proposé.

3.2. Confrontation et communication

Elles constituent pour les élèves la clef des acquisitions nouvelles. En effet, la contribution de chacun est trop parcellaire pour être satisfaisante. C'est la gestion coopérative de l'ensemble qui peut permettre d'avancer.

Pour cela, il faut communiquer : chaque équipe en séance plénière fait état de ses résultats, documents et/ou expériences à l'appui. Ces communications sont suivies de débats auxquels tous les membres de la classe, y compris l'enseignant, participent. Chacune apporte quelques données supplémentaires à la compréhension du phénomène.

La liste suivante est établie collectivement au cours de ces séances de communication :

le travail autonome s'inscrit dans un projet collectif d'acquisitions de connaissances

(6) André GIORDAN et al. *Histoire de la biologie*. Tome 1 Paris. Ed. Lavoisier. 1987.

- * La respiration est une exigence constante et impérative.
- * Elle est caractérisée par une absorption de O_2 et un rejet de CO_2 .
- * C'est une fonction cellulaire.
- * C'est un échange de la cellule avec le milieu extérieur.
- * Les gaz sont dissous dans le plasma.
- * Les gaz dialysent à travers les membranes suivant la différence de pression de leur dissolution de chaque côté.
- * Le sang est transporteur de gaz respiratoire.
- * Dans les capillaires, le sang circule lentement pour qu'il y ait échanges gazeux.
- * La respiration varie suivant plusieurs facteurs, âge, sexe, masse, effort.
- * Le quotient respiratoire varie selon les aliments ingérés.
- * Les capillaires se composent d'une seule couche de cellules.
- * Les volumes respiratoires sont variables.
- * L'entrée et la sortie de l'air dans les poumons sont dûes à des variations de volume ou de pression.
- * Le rythme respiratoire pour un individu est lié à l'effort physique.
- * Les alvéoles pulmonaires représentent une surface de $280 m^2$.
- * La circulation représente pour la respiration le moyen de locomotion des gaz.
- * Il y a des échanges gazeux au niveau des alvéoles pulmonaires.
- * Il y a des échanges gazeux au niveau des cellules. Le transport des gaz se fait de manière complexe sous forme dissoute et sous forme combinée de manière à respecter l'équilibre ionique et le pH du sang.
- * La fixation du CO_2 ou O_2 dans le sang est réversible.
- * Toutes les cellules respirent.
- * Les poumons n'ont pas de mouvements propres, ils suivent les mouvements de la cage thoracique.
- * Les poumons ne sont pas les seuls organes d'échange respiratoire chez les animaux (trachée - peau - branchies).
- * La respiration est une fonction cellulaire qui se fait au niveau des tissus.
- * L'intensité respiratoire varie en fonction de l'effort physique : il y a donc un rapport entre respiration et production d'énergie.
- * Les mouvements respiratoires ont pour but de mobiliser l'air.
- * Grâce à l'appareil circulatoire les gaz arrivent aux moindres recoins des organes.
- * La respiration consiste en des échanges gazeux entre le sang des capillaires et les cellules de nos organes.
- * Les échanges se font au niveau des alvéoles pulmonaires.
- * Les échanges pulmonaires sont réglés par le système nerveux.
- * Les mouvements respiratoires sont les manifestations les plus visibles de la respiration.

Ce document, que chacun a eu en sa possession, n'est qu'un inventaire. Il matérialise l'aspect coopératif du travail. Mais il ne représente qu'une somme de connaissances et non une organisation. Dans un premier temps, il est simple de ranger ces phrases par centre d'intérêt. Ne peut-on en tirer davantage ?

3.3 : La synthèse

Sous quelle forme la réaliser ? Comment abandonner la synthèse directive, apanage de l'enseignant jusqu'alors ? Celui-ci propose aux élèves de réaliser de grandes affiches, où chaque groupe essaierait de matérialiser sa compréhension du phénomène.

Cette traduction graphique oblige chaque équipe à un effort de mise en relation claire. Ils doivent envisager les différents niveaux de formulation du concept, ainsi que l'organisation de la trame conceptuelle. L'enseignant est absent de ce travail, les élèves ayant compris qu'ils en sont les auteurs et qu'ils doivent en parachever l'édification personnellement. Certains schémas ne sont pas poursuivis jusqu'au bout parce que d'un graphisme trop ambitieux.

la réalisation d'affiches oblige à mettre en relation les points clefs des phénomènes respiratoires

Ceux qui aboutissent peuvent se classer en deux types :
- des schémas analogues à ceux des livres de biologie. Avec plus ou moins de bonheur, c'est vers cette formule que s'est orientée la majorité des élèves. Le plus complet est le poster n°2.

- une toute autre version : le poster n°1 (réalisé par Pierre). L'ensemble de la classe lui reconnaît une place et une valeur exceptionnelle : recherche esthétique, simplification maximum, volonté de vulgarisation scientifique. Pour capter l'attention de son public, l'auteur utilise avec humour des jeux d'images (cage thoracique, cellule, machinerie cellulaire), des jeux de mots (oxygène "io sous"), des allusions à la vie du groupe (poubelle de classe pleine de brouillons rejetés).

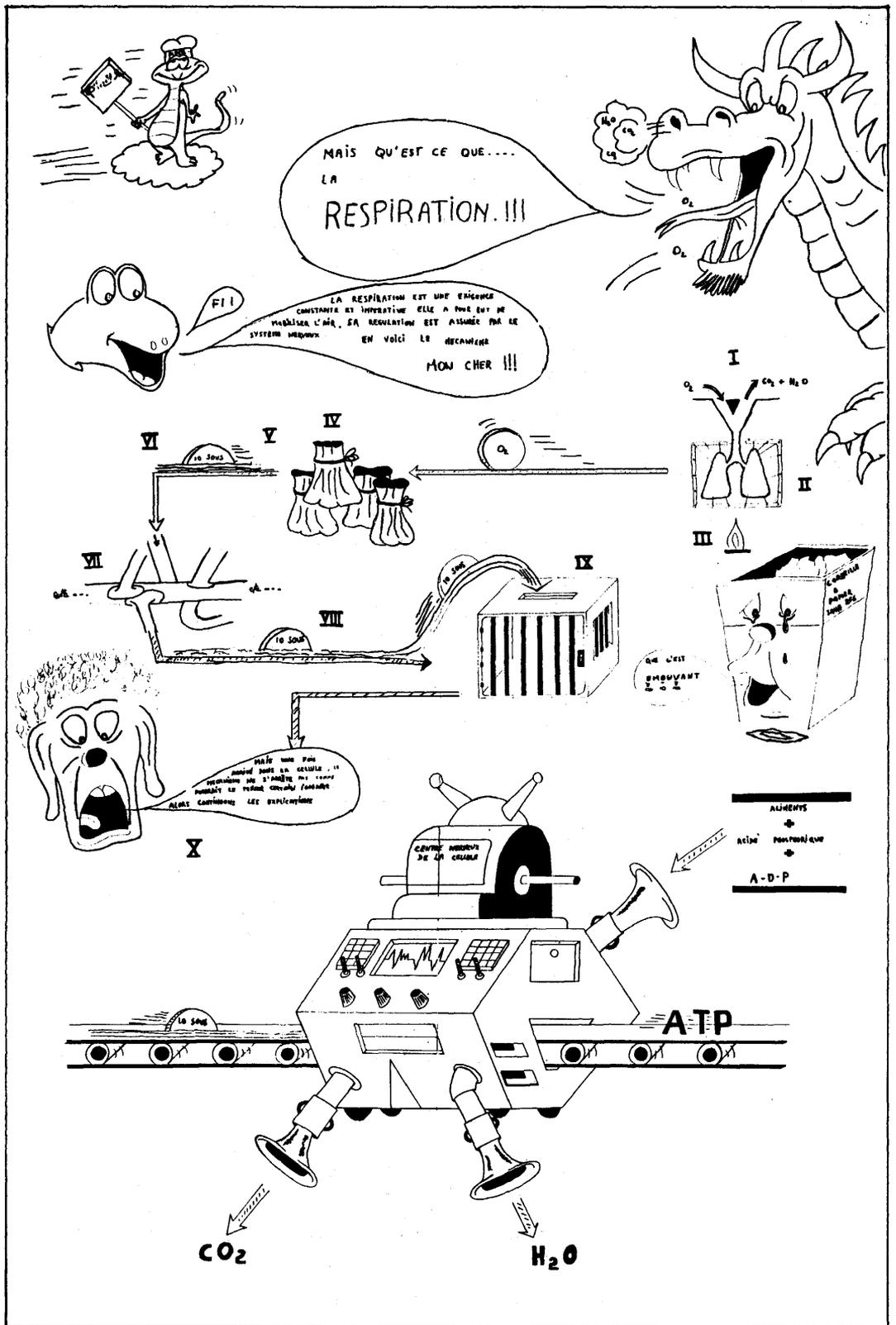
Pour alléger l'affiche il exclut les textes scientifiques qu'il présente à part, sur des fiches spécialisées auxquelles le poster fait référence.

Passer à une telle réalisation graphique matérialise une parfaite compréhension des phénomènes respiratoires. Elle oblige à reconnaître les points clefs autour desquels ils s'articulent. Tout au long de ce travail, les élèves ont été les acteurs d'une lente construction de leur savoir scientifique.

4. LES CONCEPTIONS DES ELEVES EN FIN DE TRAVAIL

L'analyse en a été faite grâce à deux types de documents : les posters, et les réponses écrites à la question posée en fin de travail par l'enseignant : "finalement qu'est-ce que la respiration ?" Elle permet de constater l'évolution par rapport aux représentations initiales et de mesurer les acquis.

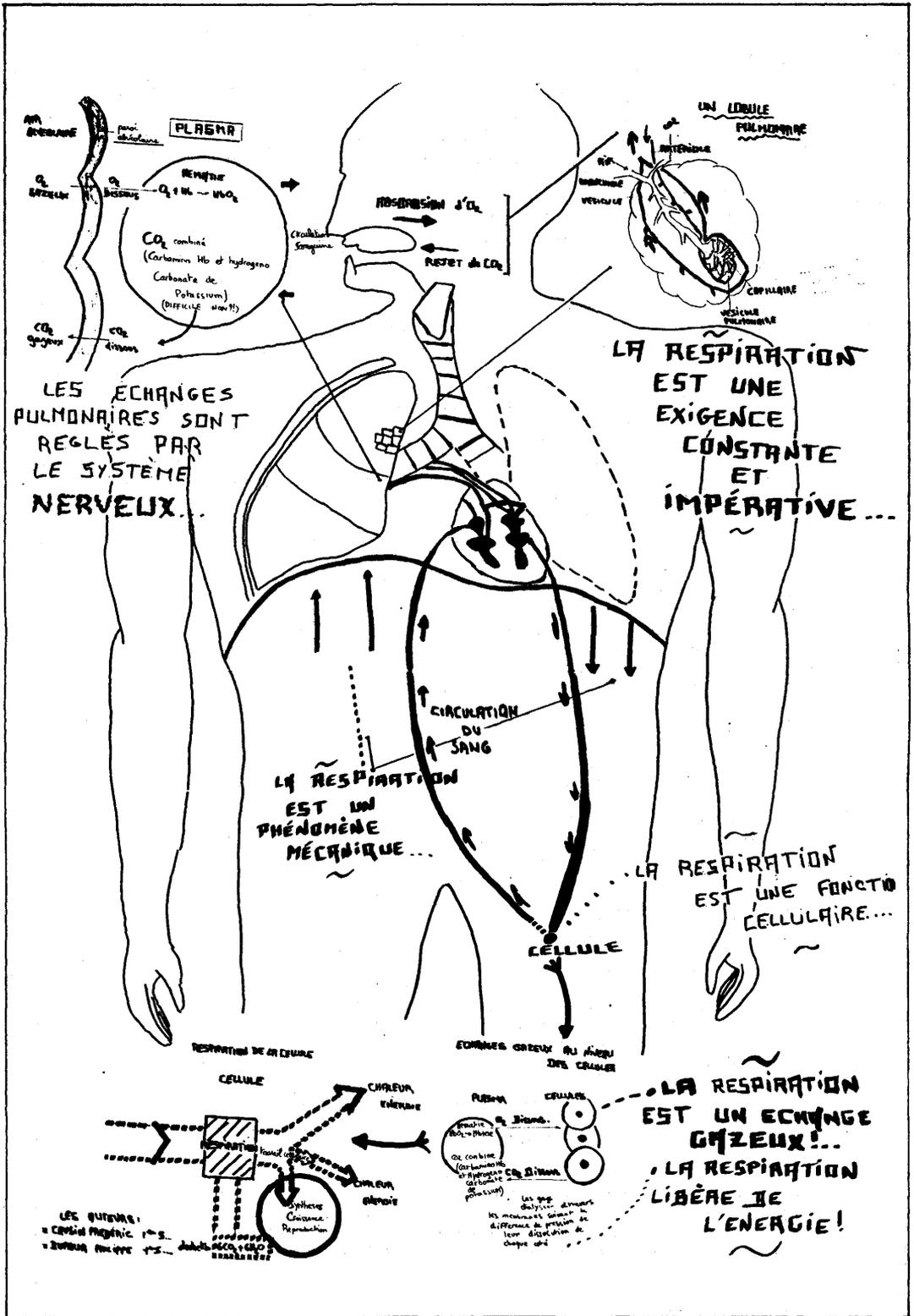
Les élèves ont progressé sur de multiples plans qui n'ont



POSTER 1

**Textes des fiches accompagnant le poster
réalisé par Pierre**

- I** - La respiration est caractérisée par une absorption d'O₂ et un rejet de CO₂.
 - Elle varie suivant plusieurs facteurs : âge, sexe, masse.
 - Le rythme respiratoire pour un individu est lié à l'effort physique de même que l'intensité respiratoire : il y a donc un rapport entre respiration et production d'énergie.
 - Grâce à l'appareil circulatoire les gaz arrivent aux moindres recoins des organes.
- II** - L'intensité respiratoire : quantité d'O₂ absorbée par heure et par kilogramme.
 - Le quotient respiratoire varie suivant les aliments ingérés et l'effort physique : V de CO₂ dégagé - V de O₂ absorbé.
 - Les volumes respiratoires sont variables.
 - L'entrée et la sortie de l'air dans les poumons sont dues à des variations de volume donc de pression.
 - Les poumons n'ont pas de mouvements propres.
 - Ils suivent les mouvements de la cage thoracique.
 - Les poumons ne sont pas les seuls organes d'échange respiratoire chez les animaux : trachées - peau - branchies.
 - Les mouvements respiratoires ont pour but de mobiliser l'air.
 - Les mouvements respiratoires sont les manifestations les plus visibles de la respiration.
- III** - Les échanges pulmonaires sont réglés par le système nerveux.
- IV** - Les alvéoles pulmonaires représentent une surface de 200 m².
 - Il y a des échanges gazeux au niveau des alvéoles pulmonaires.
 - La fixation du CO₂ ou O₂ dans le sang est réversible.
 - Les échanges se font au niveau des alvéoles pulmonaires.
- V** - Les gaz sont dissous dans le plasma.
 - Les gaz dialysent à travers les membranes suivant la différence de pression de leur dissolution de chaque côté.
 - La circulation représente pour la respiration le moyen de locomotion des gaz.
- VI** - Le sang est transporteur de gaz respiratoire.
 - Le transport de gaz se fait de manière complexe sous forme dissoute et sous forme combinée de manière à respecter l'équilibre ionique et le pH du sang.
- VII** - Dans les capillaires, le sang circule lentement pour qu'il y ait échanges gazeux.
 - Les capillaires se composent d'une seule couche de cellules.
- VIII** - La respiration consiste en des échanges gazeux entre le sang des capillaires et les cellules de nos organes.
- IX** - La respiration est une fonction cellulaire.
 - il y a des échanges gazeux au niveau des cellules.
 - toutes les cellules respirent.
 - la respiration est une fonction cellulaire qui se fait au niveau des tissus.
- X** - C'est à ce niveau (appelé Mitochondrie) que différents facteurs :
 - respiration (O₂)
 - digestion (aliments)
 - ATP
 - énergie des aliments
 sont réunis pour libérer l'énergie nécessaire au corps humain : l'ATP - l'Adénosine Triphosphate.
 - le rôle de la respiration dans ce phénomène est d'amener de l'O₂ dans la cellule pour oxyder les molécules de glucose provenant des aliments.



POSTER 2

pas fait l'objet de test : confiance en soi, organisation du travail personnel, organisation collective, expression orale, expression écrite, activité synthétique.

Ils sont capables d'imaginer des expériences avant de les monter, de les décrire, de faire appel à de multiples documents et d'en faire la synthèse.

Il n'est fait état ici que du point de vue de l'acquisition des connaissances.

4.1. Au travers des réponses écrites

L'analyse des réponses, reproduites ici, permet de faire plusieurs remarques.

- Certaines représentations exprimées en début de travail persistent :

- la respiration est indispensable à la vie, elle permet de vivre (5 élèves),

- l'air se déplace dans le corps (1 élève).

- De nouvelles représentations erronées apparaissent :

- l'oxygène est un aliment (3 élèves), il se transforme en dioxyde de carbone (2 élèves),

- la respiration est perçue comme un échange gazeux entre milieu intérieur (cellules) et milieu extérieur (air) comportant des intermédiaires et un circuit (6 élèves).

- La notion que la respiration est un phénomène cellulaire lié au besoin d'énergie de l'organisme est acquise pour 11 élèves. On peut rendre compte de leur conception avec ces deux schémas :

un bilan globalement positif d'après les réponses écrites ...

Schéma simple

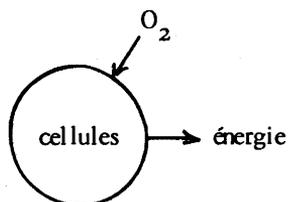
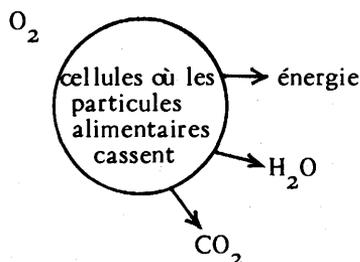


Schéma plus complexe



- Les élèves disent que la production d'énergie peut servir à fournir de la chaleur, du travail. Elle est stockée sous forme d'ATP pour 4 élèves.

4.2. Au travers des affiches

La respiration peut se lire à différents niveaux :

- échanges gazeux visibles de l'extérieur, déjà complexes puisque soumis à des variations qui constituent un potentiel d'adaptabilité,

La respiration est un phénomène caractéristique, en sorte qu'il fait casser les particules alimentaires grâce à l'O₂ respiré et forme de l'énergie, du CO₂ et de l'H₂O.

Au premier stade on peut considérer la respiration comme un phénomène tout simplement gazeux, cette réponse repose sur des constatations, tout le monde sait que nous inspirons de l'oxygène et que nous expirons du dioxyde de carbone. La respiration est donc une transformation.

Mais pourquoi est-ce que l'on s'amuse à transformer du O₂ en CO₂ ? (N'y-a-t-il pas un but à cette transformation?) Le but de la respiration est de produire de l'énergie. Comment ? En séparant certaines molécules qui lorsqu'elles cassent libèrent de l'énergie. La respiration est une libération d'énergie.

La respiration consiste en des échanges gazeux entre le milieu intérieur et le milieu extérieur et plus précisément en des apports d'oxygène aux cellules de notre organisme et en un rejet de CO₂.

L'air extérieur est inspiré dans les poumons. Là le sang se charge en oxygène et alimente tout le corps de cet oxygène. La respiration se fait ensuite au niveau des cellules, elle entraîne de nombreux effets secondaires (rôle de la mitochondrie). Ensuite lorsque l'oxygène a été utilisé et transformé, il repasse dans le sang : sous la forme transformée, ce n'est plus de l'oxygène. Il est donc ramené aux poumons et expiré à l'extérieur.

La respiration sert à fournir l'énergie à l'être humain. A l'aide de l'oxygène, les cellules produisent de l'énergie dont elles ont besoin. Cela permet d'alimenter notre corps et nos cellules, cela leur permet de vivre, elles sont fournies en O₂.

La respiration est une fonction cellulaire. Cette fonction est impérative et constante. On constate une exigence d'O₂, et un dégagement de CO₂ caractéristique de l'inspiration et de l'expiration. La respiration est réglée par le système nerveux et le tout effectué par le voyage de l'air dans les poumons, le sang. Il y a dégagement d'énergie, énergie retrouvée dans les différents efforts et dépense de chaleur.

La respiration est un échange de gaz au niveau des poumons, du sang et des cellules. C'est une fonction cellulaire. C'est l'absorption de O₂ et le rejet de CO₂. Elle est vitale.

La respiration : $C_6 H_{12} O_6 + 6 O_2 + 6 CO_2 + 6 H_2O + 2800 KJ$.

La respiration est un besoin impératif. Elle permet grâce à l'oxygène absorbé une réaction chimique qui produit de l'énergie. C'est cette énergie fabriquée par l'organisme grâce à la respiration qui permet à l'homme de vivre. La respiration est une production d'énergie, elle sert à reformer l'ATP.

C'est une fonction cellulaire qui nous permet de nous alimenter en dioxygène. Car tous les muscles qui travaillent ont besoin de respirer. Elle permet de fournir de l'énergie à tous nos tissus.

La respiration est une fonction cellulaire. Elle apporte de l'oxygène aux cellules et leur permet ainsi de produire de l'énergie. (La respiration produit ainsi du H₂O et du CO₂).

La respiration sert à reformer l'ATP qui est la source d'énergie unique pour les êtres vivants.
Aliments + ADP --- ATP
(énergie chimique)

La respiration est un cycle qui permet d'oxygéner les cellules. Elle comprend plusieurs phases : l'inspiration, la dissolution dans le sang, le transit jusqu'aux cellules, le passage dans les cellules, le retour dans les poumons, le passage de l'air dans les cellules alvéolaires et le rejet par l'expiration.

La respiration est le fait d'apporter de l'O₂ à l'organisme qui l'utilise pour sa production d'énergie. Elle utilise pour cela les aliments ingérés : les glucides. Ces grosses molécules sont fragmentées pour en récupérer l'énergie. Une molécule de glucide produit à peu près 2800 KJ. L'O₂ est le dernier transporteur de la chaîne.

la respiration est en fait un des facteurs de l'apport d'énergie dans le corps humain.

La respiration est un phénomène obligatoire pour la vie des êtres vivants. C'est à l'aide de l'O₂ inspiré que l'on respire, les cellules produisent à l'aide de l'O₂ de l'énergie.

REPONSES DES ELEVES A LA QUESTION : "finalement, qu'est-ce que la respiration ?"

... comme d'après
les posters

- la mobilisation de l'air des poumons : c'est la finalité des mouvements de la cage thoracique,
- les poumons conçus comme organes d'échange. Trois facteurs sont alors essentiels :
 - la lenteur de la circulation dans les capillaires
 - l'importance de la surface d'échange
 - la faible épaisseur de la membrane séparant les milieux,
- le sang n'est qu'un transporteur : les mécanismes sont mis en lumière : dissolution, dialyse, combinaisons,
- la cellule : la respiration est une fonction cellulaire et son but est de produire de l'énergie utilisable.

L'analyse des nouvelles conceptions chez des élèves montre que la somme des acquisitions individuelles gérées collectivement en autonomie permet d'élever considérablement le débat.

Chaque élève construit un schéma cohérent du phénomène. De plus, il aborde des notions scientifiques plus générales caractéristiques du vivant :

- l'organisme peut **s'adapter** à des variations de son environnement ou de son fonctionnement interne.
- il n'existe pas de norme dans l'expression d'une phénomène vivant. Chaque individu a ses caractéristiques variant autour d'une moyenne : c'est la **variabilité**.
- il existe des **centres de régulation**.
- Les phénomènes liés à la vie ne sont pas simples : ils résultent de la **combinaison de facteurs multiples**.
- certains phénomènes sont **réversibles**.
- le milieu intérieur est en **équilibre**.

Ce travail représente donc un très grand pas sur le plan du développement de la pensée scientifique.

Jeanine GUYON
Lycée Henri Martin, Saint-Quentin