

Didactique des sciences 2018

Mécanique ventilatoire : Analyse à priori d'une séance d'enseignement

Sous la direction du Professeur Sanchez



Diana Leuenberger, Cláudio Filipe Serrano Rodrigues & Joëlle Romanens
23/05/2018



Sommaire

Glossaire:	3
Analyse didactique	6
Relation entre le savoir savant et le savoir à enseigner	7
Objectifs de la séance selon le PER	7
Objectifs en lien avec la démarche scientifique	8
Mise en contexte de la séance	8
Planification annuelle des systèmes	8
Division de la séquence "système respiratoire" en séances	9
Planification des séances pour le système respiratoire	10
Relation entre le savoir à enseigner et l'apprenant	11
Analyse à priori	11
Obstacle didactique	12
Difficultés pour la compréhension	13
Faire évoluer les conceptions	14
1. Mise en évidence des conceptions	14
2. Mise en place de 4 temps de confrontation	14
Relation entre l'apprenant et l'enseignant	15
Relation entre l'enseignant et le savoir à enseigner	15
1. Repérage	16
2. Fissuration	16
Ateliers	16
Modélisation	21
3. franchissement:	21
Mise en commun et institutionnalisation	22
Synthèse finale	24
Evaluation	25
D. Conclusion	25
Annexes	26
Bibliographie	27

Glossaire :

Dévolution : Selon Guy Brousseau : “Processus par lequel l'enseignant parvient dans une situation didactique à placer l'élève comme simple actant dans une situation a-didactique (à modèle non didactique). Il cherche par là à ce que l'action de l'élève ne soit produite et justifiée que par les nécessités du milieu et par ses connaissances, et non par l'interprétation des procédés didactiques du professeur. La dévolution consiste pour l'enseignant, non seulement, à proposer à l'élève une situation qui doit susciter chez lui une activité non convenue, mais aussi à faire en sorte qu'il se sente responsable de l'obtention du résultat proposé, et qu'il accepte l'idée que la solution ne dépend que de l'exercice des connaissances qu'il possède déjà. L'élève accepte une responsabilité dans des conditions qu'un adulte refuserait puisque s'il y a problème puis création de connaissance, c'est parce qu'il y a d'abord un doute et une ignorance. C'est pourquoi la dévolution crée une responsabilité mais pas une culpabilité en cas d'échec.” (Brousseau, 1998)

Transposition didactique : Yves Chevallard définit la transposition didactique comme "le travail qui d'un objet de savoir à enseigner en fait un objet d'enseignement". (Chevallard, 1986) Cette transposition didactique consiste donc à transformer les savoirs savants en savoir à enseigner puis en savoir enseigné.

Programmabilité dans l'acquisition du savoir : Selon Yves Chevallard “La programmation des apprentissages et des contrôles suivant des séquences raisonnées permet une acquisition progressive des expertises”. (Chevallard, 1986) Ce séquençage permet en outre aux élèves de prendre étape par étape chaque système et chaque séance. (Johsua & Chevallard, 1985)

Modélisation : Selon Bunge : “on peut dire que la théorie et l'expérience ne se rencontrent jamais en un combat singulier ; leur rencontre se situe à un niveau intermédiaire, en présence d'éléments théoriques et empiriques rajoutés, en présence, en particulier, des modèles théoriques et empiriques décrivant à la fois l'objet de la théorie, le dispositif expérimental employé.” (Bunge, 1975)

Objectif-obstacle : Les conceptions erronées des élèves peuvent constituer un obstacle à l'acquisition de nouveaux savoirs. Lorsque l'enseignant transforme l'obstacle en objectif, il est désigné par l'appellation d'objectif-obstacle (Perrenoud, 1996).

Conception - représentation : Les conceptions sont les idées, les questions, les façons de raisonner, le cadre de références que les élèves possèdent sur les savoirs enseignés. Ils les utilisent pour tenter de comprendre les nouvelles connaissances, interpréter une situation ou un document. La stabilité de la conception est primordiale pour l'apprentissage d'une nouvelle connaissance ou d'une démarche de pensée. Si l'enseignant n'en tient pas compte, les élèves ne peuvent pas acquérir de nouveaux savoirs. (Giordan, 1995) Ces conceptions sont développées dans le livre de Gérard de Vecchi et André Giordan (Gérard & Giordan, 1991)

Contrat didactique : Selon Guy « un contrat didactique décrit les règles implicites ou explicites qui régissent le partage des responsabilités, relativement au savoir mobilisé ou structuré, entre l'enseignant et l'élève » (Brousseau, 1998)

Pré-requis : “Les pré-requis sont les connaissances et compétences que doit maîtriser suffisamment et préalablement un apprenant pour pouvoir commencer à étudier une nouvelle notion et/ou acquérir de nouvelles compétences.” (Bloom, 1979)

Pré-acquis : “les pré-acquis sont l’ensemble des savoirs et savoir-faire dont une personne manifeste la maîtrise.” Prenons une matière qui doit faire le sujet d’un apprentissage, s’il possède déjà cette matière (ou une partie de celle-ci), on parle alors de pré-acquis. Cette notion de pré-acquis ne doit pas être confondue avec celle de pré-requis. (Célier, 2007)

Désynchronisation du savoir : Selon Yves Chevallard “la désynchronisation du savoir est la possibilité de délimiter une pratique théorique en savoirs partiels donnant lieu à des pratiques d’apprentissages spécialisées” (Johsua & Chevallard, 1985)

Savoir savant : est le savoir théorique des spécialistes du domaine. (Develay, 1987)

Savoir enseigné : est le savoir enseigné aux élèves. (Develay, 1987)

Savoir à enseigner : est le savoir qui doit être enseigné aux élèves. (Develay, 1987)

Double transposition didactique est une suite de 2 transpositions didactiques, celle du savoir savant en savoir à enseigner et celle du savoir à enseigner en savoir enseigné. (Develay, 1987)

Décontextualisation – recontextualisation : La décontextualisation est le fait de sortir un savoir de son contexte et la recontextualisation est le fait de redonner un contexte à un savoir. Selon Develay : « Le savoir savant est en permanence contextualisé », « Le savoir à enseigner, le plus souvent décontextualisé, conduit à une dogmatisation » (Develay, 1987)

Conflit cognitif (socio-cognitif) : Le terme de conflit socio-cognitif désigne un déséquilibre entre la position/la pensée de l’élève par une confrontation à une autre position/pensée venant d’un autre élève. Suite à cette déstabilisation, l’élève va devoir faire un effort cognitif pour arriver à une conclusion cohérente. Il doit ensuite, examiner les possibilités de deux positions afin de déterminer la bonne conception. La résolution de cette dissonance est appelée “résolution cognitive du conflit”. C’est plus qu’une simple divergence de point de vue. C’est un levier pour de la restructuration cognitive. (Zittoun, 1997)

Obstacle (didactique) : Selon Brousseau “un obstacle didactique est un ensemble de difficultés d’un actant (sujet ou institution), liées à « sa » conception d’une notion. Les difficultés créées par cette conception sont liées par des « raisonnements » mais aussi par les nombreuses circonstances où cette conception intervient.” (Brousseau, 1998)

Obstacle (à la compréhension) : Dans notre travail, nous avons distingué les obstacles didactiques, liés aux conceptions erronées, des obstacles à la compréhension dont la cause est une lacune au niveau des pré-acquis.

Socio-constructivisme : « C’est un modèle d’apprentissage, s’appuyant sur des travaux de Bachelard, de psychologues (Piaget, Vigotsky) et de didacticiens de mathématique (Brousseau). Cette stratégie d’enseignement consiste à provoquer chez l’élève un conflit cognitif interne, suivis d’une phase de déséquilibre et pour finir d’une phase d’institutionnalisation. La particularité de ce modèle d’enseignement est de créer une situation de classe qui va permettre aux élèves de conscientiser leur manque d’outils pour faire ce qui leur est demandé. » (CIIP-LEP, 2012)

Démarche scientifique : “est une suite d’actions visant à comprendre le réel.”, selon Adeline Bardou, dans son travail de mémoire “ La démarche scientifique - Réflexion et

propositions d'activités". L'observation du réel amène à un questionnement, à l'émission d'hypothèses, qui seront testées, puis validées ou invalidées. (Bardou, 2010). La démarche scientifique en enseignement peut également être vue comme la façon dont les connaissances sont organisées par l'apprenant et la façon dont il utilise ses facultés cognitives (Favre & Rancoule, 1993) .

Evaluation : Selon De Ketele, " *Evaluer consiste à recueillir un ensemble d'informations reconnues comme suffisamment pertinentes, valides et fiables, et à examiner le degré d'adéquation entre cet ensemble d'informations et un ensemble de critères jugés suffisamment adéquats aux objectifs fixés (...) en vue de prendre une décision.*" Les évaluations sont de trois types, selon les objectifs visés, dont dépendent également les décisions prises. (De Ketele, 2010; Nancy-Metz, 2018) **Fusionner référence**

Evaluation diagnostique : Permet de mesurer les acquis des élèves, généralement en début de séquences. Elle servira de support pour construire une stratégie pédagogique appropriée. Elle n'est pas notée. (De Ketele, 2010; Nancy-Metz, 2018)

Evaluation formative : Évalue les élèves sur les acquis en construction et sur les progressions de l'élève. Elle a lieu en cours de séquence et permet à l'élève de se situer dans ses apprentissages et à l'enseignant de cibler ses pratiques pédagogiques. Elle n'est en principe pas notée. (De Ketele, 2010; Nancy-Metz, 2018)

Evaluation sommative : Elle sert à informer l'apprenant. Elle peut se faire à la fin d'une leçon ou d'une séquence. Elle ne concerne que l'acquis car il n'y a pas de mesures prises après l'évaluation au niveau des apprentissages (Holec, 1990).

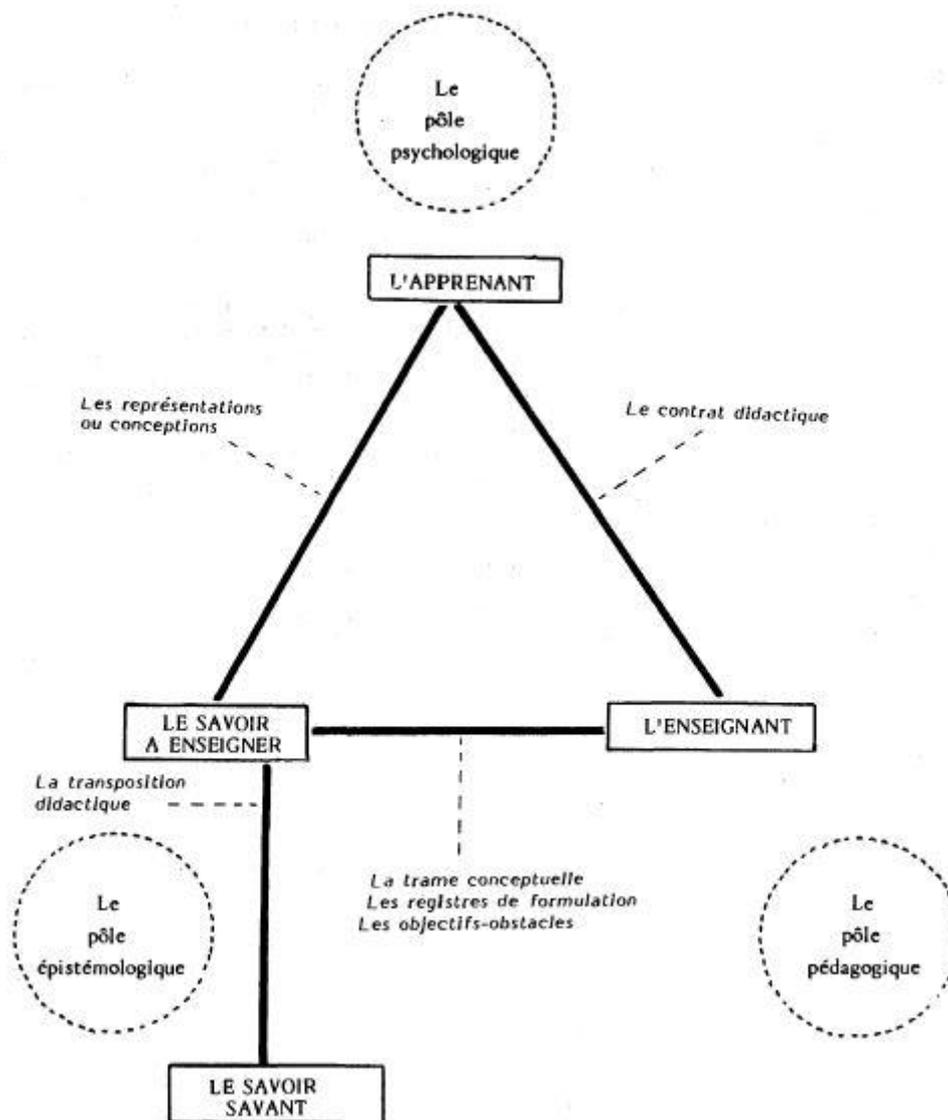
Analyse didactique

Nous avons décidé d'analyser notre projet de séance selon le triangle didactique de Houssaye, car il a été notre fil conducteur pendant tout le cours de didactique de sciences naturelles. Celui-ci, illustré ci-dessous, ajoute le savoir savant au triangle classique, reliant apprenants, enseignants, et savoir enseigné. Nous nous intéresserons aux liens unissant chaque pôle.

La distinction et la classification au sein du triangle ne sont pas toujours aisées. Les notions se chevauchent parfois et les frontières ne sont pas toujours strictes.

Parfois, pour des raisons de clarté ou de compréhension, nous avons groupé certains éléments, dont la classification pourrait être discutée.

Triangle didactique vu par Michel Develay (Develay, 1987):



Relation entre le savoir savant et le savoir à enseigner

Dans la première étape, nous nous intéressons à la transposition didactique. Quels sont les savoirs que nous voulons enseigner aux élèves ?

Comme nous l'avons évoqué précédemment, la mécanique ventilatoire fut difficile à appréhender pour l'un d'entre nous.

Quels sont les savoirs qui lui ont fait défaut, et que les élèves doivent acquérir pour comprendre ce concept ?

- Le mouvement de l'air, qui entre et sort des poumons, est dû à des modifications du volume intra-thoracique.
- Les modifications du volume intra-thoracique sont dues aux mouvements des côtes et aux contractions et relâchements du diaphragme.
- Ces mouvements sont permis par les muscles intercostaux et le diaphragme, qui est musculaire.
- Le poumon est "attaché" aux structures précédemment citées qui l'étirent. Le poumon n'est pas un muscle.

Les savoirs que l'on veut institutionnaliser, sont à mettre en lien avec le plan d'études romand (PER) qui définit les compétences et savoirs que l'élève suisse romand doit acquérir durant sa scolarité.

Objectifs de la séance selon le PER

Savoir à enseigner : objectifs notionnels et transversaux

S'agissant de la ventilation, les objectifs du PER sont :

- *"Acquisition d'une représentation de l'appareil respiratoire en identifiant les organes impliqués.*
- *Distinction entre ventilation et respiration cellulaire". (PER)*

Savoir enseigné

Pour la ventilation, les organes impliqués que l'élève devra être capable d'identifier sont:

Pour le trajet de l'air:

nez, bouche
trachée
bronches
alvéoles
poumons

Lié au processus ventilatoire:

côtes et cage thoracique
muscles intercostaux
diaphragme
plèvre
poumons.

Au terme de la séance, l'élève devra être capable de :

- Identifier les organes impliqués lors de la ventilation (listés ci-dessus).
- Expliquer leur rôle dans la mécanique ventilatoire.
- Illustrer la mécanique ventilatoire à l'aide d'un schéma.
- Associer les modifications de volume et le déplacement d'air.

Pour alléger les connaissances mobilisées par les élèves, nous nous sommes limités aux muscles intercostaux et au diaphragme, car ils suffisent à la compréhension du mécanisme ventilatoire.

Cette séance ne détaille pas encore l'arbre bronchique et les alvéoles dont la structure sera mise en lien avec la fonction ultérieurement avec la dissection et les échanges gazeux.

La plèvre est citée, bien que n'apparaissant pas dans les objectifs du PER, car elle joue un rôle important dans la mécanique ventilatoire.

Les élèves auront à schématiser la ventilation à deux reprises. Pour cette raison, la schématisation apparaît dans les objectifs.

Les objectifs du PER ne se limitent pas à des connaissances à acquérir, elle veut aussi *“mettre l'élève en situation d'observation et de démarche expérimentale aussi souvent que possible ; la science relève autant d'une démarche que des connaissances à acquérir”*. (PER)

Objectifs en lien avec la démarche scientifique

Dans la séance que nous proposons, l'élève doit émettre ses propres hypothèses, les confronter, avec ses pairs, mais aussi, aux modèles et mesures expérimentales. Il est également amené à discuter et analyser les mesures obtenues expérimentalement.

En lien avec le PER, les objectifs sont :

- *“Face à une situation, émettre une hypothèse pertinente.*
- *Discute, débat, de la validité des hypothèses émises sur la base de modèles.*
- *Discute, débat, de la validité des hypothèses émises en regard de résultats expérimentaux et de leur précision.*
- *Rend compte d'une tâche scientifique (...), confronte son avis à celui de ses pairs ou de spécialistes (documentaires, articles, ...), argumente son point de vue.”* (PER)

Nous détaillerons encore ultérieurement les objectifs spécifiques de la séance en lien avec la démarche scientifique, car ils ont trait à la relation entre l'élève et le savoir.

Nous nous intéresserons également à la programmabilité de l'acquisition du savoir, qui correspond à la façon d'organiser les différentes séquences entre elles, puis à la façon d'organiser les séances.

Mise en contexte de la séance

Afin de clarifier les pré-requis, sur lesquels la séance s'appuie, nous nous devons de la mettre dans son contexte, en partant de la planification annuelle des systèmes enseignés, puis en détaillant les séances au sein du système respiratoire, pour enfin en arriver à la séance présentée de la mécanique ventilatoire.

Planification annuelle des systèmes

Selon le PER

Selon le PER, les systèmes digestif, cardiovasculaire et respiratoire doivent être vus en 10ème ou 11ème Harnos. Le système locomoteur, traitant des muscles et articulations est vu en 9ème Harnos.

Notre planification

Au cours de son stage didactique, l'un d'entre nous, a abordé le système cardiovasculaire dans une classe en 10ème Harnos d'un CO (Cycle d'Orientation) fribourgeois. L'analyse des conceptions des élèves révélait qu'aucun lien n'était fait avec le système digestif.

Il nous semble donc pertinent d'aborder le système digestif en premier et de se servir du concept des nutriments pour le mettre en lien avec le système sanguin, puis introduire le système cardiovasculaire.

De même, dans le système susmentionné, sont abordées les notions de double circulation, de transport d'oxygène et de gaz carbonique, sur lesquelles il est possible de s'appuyer lors du chapitre ayant trait au concept respiratoire.

Nous avons donc choisi de planifier les systèmes, à la suite les uns des autres, et dans l'ordre suivant :

1. Digestif
2. Cardiovasculaire
3. Respiratoire

Cette planification permet à l'élève de créer des liens entre les différents systèmes au lieu de les voir comme des entités indépendantes et séparées. Elle répond donc à l'objectif du PER :

“ *Chaque système étudié est à mettre en lien avec l'ensemble des autres systèmes (...)* ” (PER).

Division de la séquence “système respiratoire” en séances

Le concept de la respiration peut être abordé selon quatre aspects (Paccaud, 1991) :

- **Ventilation** : Aspect mécanique, traitant des mouvements respiratoires et des organes impliqués lors de l'inspiration et de l'expiration.
- **Échanges gazeux** : Aspect physico-chimique, des échanges gazeux ont lieu au niveau des alvéoles pulmonaires et des organes cibles via un réseau de capillaires sanguins.
- **Respiration** : Aspect cellulaire, traitant des concepts de nutriments et de combustible.
- **Production d'ATP** : Aspects cyto-biochimiques et énergétiques, au niveau des mitochondries, avec les réactions de dégradation du glucose. (Paccaud, 1991)

Le PER exige que les élèves distinguent ventilation et respiration (cellulaire), mais la production d'ATP n'entre pas dans ses objectifs. (PER) Nous avons donc séquencé le concept respiratoire, que nous avons planifié en séances.

En étudiant les conceptions des élèves, nous avons en outre constaté que la composition de l'air pouvait constituer un obstacle à la compréhension du système respiratoire (Gilbert, 2002). Nous l'avons par conséquent ajouté à la planification des séances, répondant ainsi à un objectif MSN36 du PER : “ *mémorisation de la composition de l'air*”.

Le PER souligne “*l'importance de tirer des conséquences pour la santé.*” et fixe les objectifs de “*connaissance de quelques gestes de prudence et de premiers secours*”. Notre séquence

terminant l'étude des systèmes du corps humain, nous proposons, pour la dernière séance, l'apprentissage de quelques gestes de secourisme.

Planification des séances pour le système respiratoire

1. Composition de l'air
2. Ventilation :
 - a. Mécanique ventilatoire
 - b. Anatomie
3. Echanges gazeux :
 - a. Anatomie (dissection du poumon)
 - b. Échanges gazeux alvéolaires
 - c. Circulation sanguine (rappel)
 - d. Échange gazeux tissulaires
4. Respiration (cellulaire) :
 - a. Utilisation de l'oxygène pour la formation de l'énergie
5. Premier secours

Le cheminement suivi pour la planification va de l'extérieur vers l'intérieur. Il s'intéresse en premier à la composition de l'air, puis à la façon dont cet air entre et sort des poumons. Les échanges gazeux alvéolaires sont présentés avant le trajet menant aux échanges tissulaires, et à la respiration cellulaire.

1. Composition de l'air inspiré et expiré

Nous avons choisi de placer cette séance en début de séquence, car elle permet de définir et de se familiariser avec les termes ; "inspiration", "expiration" et "ventilation". Si les deux premières expressions peuvent être connues des élèves de langue maternelle française, la troisième, elle, n'est pas encore entrée dans le langage courant. Ce faisant, nous diminuons la charge cognitive, liée au vocabulaire, pour la séance suivante, consacrée à la mécanique ventilatoire.

Ce choix a surtout été guidé par un article de PISTES (Projet Interdisciplinaires : Sciences, Technologie, Environnement, Société), qui, s'intéressant au trajet de l'air dans le corps humain, relate *"des conceptions d'élèves qui n'avaient jamais étudié cette matière et d'élèves qui connaissaient les notions de respirations. Les réponses étaient très variées, en voici quelques-unes : l'air entre par la bouche et ressort par le nez, l'air arrive par un tuyau et repart par un autre (...), etc."*. (Gilbert, 2002).

Selon cette même étude, rares sont les élèves susceptibles de penser que l'air entre par un tuyau et sort par un autre. Si les tuyaux en question sont le nez et la bouche. Cette conception pourra être corrigée lors de la première séance.

Les MER (Moyens d'Étude Romand) proposent en outre une série d'activités ayant trait au sujet, dont il est possible de s'inspirer.

2. Ventilation

Le concept de ventilation s'intéresse à la façon dont l'air entre et sort des poumons. Quels sont les mécanismes et organes en jeu ? C'est cette phase du concept respiratoire qui fait l'objet de la présente analyse et qui sera développée dans la suite de ce travail.

L'anatomie du système respiratoire est introduite dans la séance ventilatoire et approfondie par la suite.

3. Echanges gazeux

- Faisant suite à l'anatomie, la dissection du poumon permet de visualiser l'aspect non-musculaire de l'organe.
- L'observation de la multiplicité des alvéoles est mise en lien avec l'augmentation de la surface disponible pour les échanges gazeux pulmonaires
- Le système cardiovasculaire ayant été abordé juste avant le système respiratoire, un bref rappel sur la circulation devrait suffire pour rendre compte du trajet jusqu'aux cellules cibles, lieux de nouveaux échanges gazeux.

4. Respiration cellulaire

Pour savoir comment les cellules utilisent les molécules d'oxygène et produisent le gaz carbonique.

5. Premiers secours

Introduction à quelques gestes qui sauvent (Donner l'alarme et activer la chaîne de survie, évaluer l'état de la victime, PLS : Position Latérale de Sécurité, massage cardiaque).

Relation entre le savoir à enseigner et l'apprenant

Le socio-constructivisme, qui est le cadre théorique que nous avons choisi, cherche à déstabiliser les conceptions des élèves pour ceux-ci soient amenés à les faire évoluer. Il nous appartient donc d'anticiper ces conceptions et de déterminer lesquels constitueront des obstacles, en effectuant une analyse à priori.

Analyse à priori

Anticiper les conceptions et les obstacles

Au début de la séance, les élèves auront à charge de dessiner et d'expliquer leur conception de la mécanique ventilatoire, en répondant à la question :

Par quel mécanisme l'air entre et ressort des poumons ?

Nous avons anticipé leurs productions, comme suit, en nous appuyant sur deux articles :

- Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration de Madeleine Paccaud (Paccaud, 1991).
- Ressource enseignant - Etude sur les conceptions des élèves. (Gilbert, 2002)

Les conceptions liées à la composition de l'air, aux échanges gazeux ou à la respiration cellulaire, ne sont pas reprises ici car elles font l'objet d'une autre question et d'une autre séance.

Conceptions erronées anticipées

Trajet de l'air (Gilbert, 2002)

- L'air passe d'un poumon, le bon, éventuellement contenant l'oxygène, vers l'autre qui contient, le dioxyde de carbone, ou les déchets.
- L'air fait gonfler les poumons.
- L'air entre par la bouche et ressort par le nez.
- L'air arrive par un tuyau et ressort par un autre.
- L'air traverse le corps comme un courant d'air.

Anatomie/fonctionnement des organes impliqués (Paccaud, 1991)

- Le poumon est un (ou deux) sac(s) qui se gonfle(nt) et se dégonfle(nt).
- Un poumon contient l'oxygène, l'autre le gaz carbonique.

Manière dont l'air entre dans les poumons (Paccaud, 1991)

- Les contractions et relâchements du poumon, vu comme un muscle, induisent le flux des gaz impliqués. (Par analogie avec le cœur)

En lien avec les conceptions ci-dessus, nous avons listé les obstacles didactiques, puis les difficultés de compréhension qu'ils impliquent, qui sont listé ci-dessous. Selon Guy Brousseau, "un obstacle est un ensemble de difficultés d'un actant, liées à "sa conception d'une notion." (Brousseau, 1998)

Obstacle didactique

Manière dont l'air entre dans les poumons

Le poumon vu comme un muscle

Madeleine Paccaud observe que :

" (...) dans tous les cas, le cadre de référence retenu par les élèves est celui des échanges sang-cellule, travaillé lors du cours précédent, et pour certains, celui du fonctionnement du cœur ". (Paccaud, 1991)

Dans le cheminement que nous proposons, le système cardiovasculaire précède également le respiratoire. Il est fort probable que les élèves fassent l'analogie entre les deux et imagine un poumon musculaire se contractant à l'expiration.

L'air traverse le corps comme un courant d'air

Cette conception est forcément un obstacle au concept de ventilation qui possède une phase active.

L'air fait gonfler les poumons

L'air entre spontanément dans les poumons. Il n'y a donc aucun système, aucun mécanisme à mettre en place pour l'inspiration.

Il serait intéressant de savoir si l'expiration est aussi vu passivement, auquel cas il n'y aurait aucune réponse à chercher dans la séance. Pour permettre la dévolution, l'élève doit saisir la contradiction intrinsèque à sa conception.

Cette contradiction peut apparaître lors de la confrontation des hypothèses avec les pairs ou lors des ateliers proposés.

Si l'élève perçoit l'expiration comme active, suite à une inspiration passive, il possède alors la notion d'une force, d'un quelque chose nécessaire à mettre l'air en mouvement. Il y a donc un levier permettant la prise en charge de cette conception.

Difficultés pour la compréhension

Anatomie/fonctionnement des organes impliqués

Le poumon est un (ou deux) sac(s) qui se gonfle(nt) ou se dégonfle(nt)

La vision du poumon comme un simple sac, rempli d'air, ne constitue pas un obstacle à la présente séance. La structure en alvéoles du poumon sera abordée dans le cours suivant, qui traite de l'anatomie avec une dissection, et elle sera mise en lien avec sa fonction pour les échanges gazeux.

Un poumon contient l'oxygène, l'autre le gaz carbonique

Cette conception qui implique un trajet circulaire de l'air sera mis à mal par les modélisations proposées. Elle sera également encore traitée lors du chapitre concernant les échanges gazeux.

Le diaphragme

Le diaphragme n'apparaît pas précédemment dans les conceptions des élèves, et pour cause, il est certainement inconnu pour la majorité des élèves.

Les mouvements de la cage thoracique, même s'ils n'ont pas été anticipés dans les productions des élèves, sont perceptibles. Il n'en va pas de même pour le diaphragme, dont la compréhension est difficile d'accès.

La plèvre

La plèvre est certainement inconnue à la plupart des élèves.

L'obstacle est ici dans le rôle de la plèvre, qui lie le poumon à la cage thoracique, l'obligeant à suivre ses mouvements et se distendre. La plèvre ferme aussi la cavité, permettant "l'appel d'air" inspiratoire.

Manière dont l'air entre dans les poumons

Concept de pression négative

Les concepts de pression et de différence de pressions expliquant les mouvements d'air n'ont pas été vus en classe.

Vocabulaire

Le mot "ventilation" a été introduit au cours de la première séance, sa définition figure au sommet du dossier élève, et il est répété plusieurs fois dans cette seconde séance, pour faciliter son intégration.

Le mot n'est cependant pas encore entré dans le langage courant et son utilisation peut être déstabilisante ou freiner la compréhension pour certains élèves.

Pré-acquis

Le diaphragme, membrane fibro-musculaire, en se contractant, permet l'augmentation du volume intra-thoracique.

Cela peut être en contradiction avec les acquis des élèves qui peuvent s'imaginer, qu'en se contractant le diaphragme diminue son diamètre, causant la diminution du diamètre thoracique, causant la diminution du volume thoracique.

Faire évoluer les conceptions

Selon Paccaud, les outils permettant l'évolution des conceptions sont : (Paccaud, 1991)

1. *Mise en évidence des conceptions*
2. *Mise en place de 4 temps de confrontation*
 - a) *élève par rapport à lui-même (lors du recueil des conceptions)*
 - b) *par rapport à ses pairs*
 - c) *par rapport à l'objet du questionnement*
 - d) *par rapport aux modèles élaborés par lui et ses pairs"*

1. Mise en évidence des conceptions

Afin d'amener la déstabilisation, puis la dévolution, les élèves doivent d'abord être mis face à leurs propres conceptions. Ils doivent les conscientiser, pour pouvoir les faire évoluer. (Zittoun, 1997)

Nous avons voulu faire émerger les conceptions en étant les moins directifs possible. Nous avons proposé aux élèves un cadre vide, afin de donner libre cours à leurs conceptions, qu'ils ont exprimées sous forme d'une illustration et d'une brève explication.

2. Mise en place de 4 temps de confrontation

a) élève par rapport à lui-même (lors du recueil des conceptions)

Ce temps de confrontation par rapport à lui-même correspond à la mise en évidence des conceptions décrites au point 1. Il permet le conflit interne.

b) par rapport à ses pairs

La confrontation avec les pairs a pour but " *la décentration cognitive, en effet, l'élève est amené à penser que sa conception n'est pas vraie ou qu'au minimum, elle n'est pas la seule valide.*" (Zittoun, 1997)

Une situation de déséquilibre est ainsi créée, qui exige un effort cognitif pour pouvoir réarranger ses conceptions de manière cohérente et rechercher la conception véritable, c'est ce qu'on appelle la résolution cognitive du conflit (Zittoun, 1997). La confrontation avec les pairs facilite la dévolution pour les élèves qui trouvent alors de la motivation et de l'intérêt pour le cours afin de surmonter leurs obstacles (Paccaud, 1991).

Dans notre séance, les élèves sont mis en 6 groupes de travail de 3 à 4 élèves. Le nombre est suffisant pour amener un conflit socio-cognitif et le débat. C'est aussi la taille idéale pour organiser ergonomiquement les ateliers.

c) par rapport à l'objet du questionnement

Nous avons mis en place trois ateliers, qui permettront ce questionnement. Ces ateliers sont décrits dans le chapitre "Relation entre l'enseignant et le savoir enseigné", car c'est lui qui les a mis en place, selon les objectifs visés.

d) par rapport aux modèles élaborés par lui et ses pairs

Le retour sur les conceptions initiales, se fait en trois temps :

- **La mise en commun**, permet d'atteindre un état intermédiaire de connaissance.
- **L'institutionnalisation** permet d'asseoir le concept, en reprenant l'état atteint lors de la mise en commun, et d'aller plus loin. (Paccaud, 1991)
- **L'évaluation formative** consiste en un devoir, où les élèves auront à illustrer et expliquer la ventilation au regard de ce qui a été expérimenté et vu en classe. Ils pourront ainsi réinvestir ce qui a été institutionnalisé et prendre conscience de l'évolution de leurs conceptions.

Les élèves ont à charge la dévolution, mais c'est à l'enseignant de mettre en place les conditions nécessaires pour rendre cette dernière possible.

Relation entre l'apprenant et l'enseignant

Afin de permettre la prise en charge de la dévolution, l'enseignant doit donner des directives claires afin que chacun comprenne son rôle dans la tâche. Pour cela, il met en place un contrat didactique, expliquant clairement le rôle de chacun, et définissant les consignes, la démarche du travail, le rôle des protagonistes ainsi que les référents (Paccaud, 1991). Il tient un rôle d'animateur, guide les élèves en évitant de donner son avis. Ainsi, il permet la dévolution, crée le milieu a-didactique ; les savoirs en jeux ne deviennent explicites qu'à l'institutionnalisation.

Relation entre l'enseignant et le savoir à enseigner

Dans son article sur la persistance d'une conception, Pierre Clément montre que "*lorsqu'on demande de dessiner les lieux par lesquels transite un litre de bière, entre le moment où elles l'ont bu et le moment où elles vont uriner, trois personnes sur quatre dessinent un tuyau continu entre l'intestin et les conduits urinaires.*" Chez les universitaires en biologie, cette proportion est encore de 50% (Clément, 1991).

Ces résultats sont surprenants, mais ce qui est encore plus étonnant, est que si la question est formulée différemment, ou dans un contexte plus académique, les réponses sont modifiées, elles s'adaptent au contexte.

Ainsi, un savoir savant enseigné, a certes été intégré, mais il côtoie des connaissances anciennes, issues de l'expérience qui suffisent en certaines circonstances. Ces connaissances, individuelles, personnelles, issues du parcours et du raisonnement propre à chacun, sont appelées conceptions. Elles sont la représentation que l'on s'est forgée d'un sujet (Clément, 1991).

L'enseignant doit anticiper les conceptions des élèves, partir de celles-ci et les faire évoluer pour éviter que des conceptions erronées ne côtoient ou n'entrent en conflit avec des savoirs enseignés, Comme l'écrivait Astolfi dans « L'école pour apprendre » :

“Chaque élève s’est constitué de longue date, une représentation des notions qu’on cherche à lui enseigner. (...) Il suffira de dire ici à quel point peuvent cohabiter mentalement des informations notionnelles résultantes des leçons apprises et une connaissance personnelle reflétant ses conceptions. Ces informations peuvent bien, à la demande didactique, être restituées de façon satisfaisante (..) sans pour autant modifier la connaissance intériorisée par l’élève, dont toutes les études montrent à quel point elle perdure jusqu’au terme de la scolarité et bien au-delà.” (Astolfi, 1993)

Par rapport aux conceptions (Astolfi & Peterfalvi, 1993), voici la démarche suivie est :

1. Repérage
2. Fissuration
3. Franchissement

1. Repérage

L’émergence des représentations attendues pour cette séance ont été décrites dans la relation du savoir à l’élève. Elle amorce la prise de conscience des conceptions que l’élève doit exprimer et objectiver par divers signifiants, dans notre cas par un schéma et une explication.

2. Fissuration

Comme vu précédemment, la déstabilisation conceptuelle est ici apportée par la confrontation:

- Avec les pairs
- Par rapport à l’objet du questionnement, au sein des ateliers, décrit ci-dessous
- Par rapports aux modèles élaborés par lui et ses pairs.

Il s’agit dorénavant de se rendre compte qu’il pourrait y avoir quelque chose d’erroné dans les conceptions initiales. Le conflit socio-cognitif joue un rôle primordial, la *“ confrontation entre des représentations différentes à l’intérieur d’un même groupe constitue l’une des modalités les plus fréquentes, dès lors que les élèves acceptent de coopérer pour réduire leurs divergences interprétatives, pour trancher entre des conceptions alternatives.”*

Pour notre cours, suite aux confrontations avec les pairs, décrites précédemment, nous avons organisé trois ateliers, au sein desquels, nous avons utilisé les obstacles, pour en faire des objectifs. (Astolfi, 1993)

Ateliers

Objectifs

Le déroulement est commun à chaque atelier : la confrontation, puis l’évaluation de la pertinence des hypothèses formulées, et donc des conceptions sous-jacentes à une réalité mesurée, observée ou modélisée.

- **Dans l’atelier 1**, l’élève mesure les variations du volume d’air expiré, qu’il met en lien avec le périmètre thoracique.

Objectifs :

- Mettre en lien les mouvements de la cage thoracique avec la ventilation.
- Introduire les concepts de volume courant et de capacité vitale

Cet atelier permet en outre l'expérimentation sur son propre corps et non pas sur un modèle extérieur.

L'atelier 2, présente une radiographie, une illustration et un modèle en trois dimensions de la cage thoracique à l'inspiration et à l'expiration. L'élève appréhende les changements liés aux phases ventilatoires.

Objectifs :

- Localiser et nommer les différents organes impliqués dans la ventilation.
- Identifier les changements de positions de ces différents organes.
- Mettre en lien ces modifications avec l'inspiration et l'expiration.
- Dédire les mécanismes qui permettent les changements de position.

L'atelier 3 montre deux modélisations illustrant les déplacements d'air provoqués par des modifications de volume.

Objectifs :

- Montrer que les modifications de volume sont à l'origine de déplacement d'air
 - Une augmentation de volume entraîne l'entrée d'air
 - Une diminution du volume entraîne la sortie de l'air

Faire le lien entre deux modèles illustrant ce phénomène

Faire le lien entre le diaphragme et sa modélisation

Montrer que cette augmentation de volume est possible grâce au diaphragme

Chaque atelier aborde la ventilation par une caractéristique différente et se termine par la question de la validation ou de l'invalidation de l'hypothèse de départ.

En décortiquant la mécanique ventilatoire, afin de permettre aux élèves de mieux en appréhender les différents aspects, les ateliers se fixent, par définition, leurs propres limites. La mise en commun, puis l'institutionnalisation seront indispensables à la synthèse et au franchissement de l'obstacle.

Description et limites

Atelier 1 : Mesure du volume courant et capacité vitale

L'élève mesure des phénomènes qu'il a vraisemblablement déjà expérimentés :

- Variations des volumes d'air expiré
- Mouvements de la cage thoracique

Il doit mettre en lien le mouvement des côtes avec l'augmentation du périmètre et du volume thoracique, puis mettre en lien volume thoracique et volume ventilatoire.

Description

Dans cet atelier, l'élève :

- Mesure le périmètre thoracique et le volume expiratoire lors de la ventilation normale et forcée.
- Compare les résultats obtenus.
- Fait une analogie entre augmentation du périmètre et augmentation du volume thoracique.
- Associe augmentation du volume d'air expiré et augmentation du volume thoracique.

Protocole

La même méthode de mesure est utilisée pour les paramètres ventilatoires lors de la ventilation normale (volume courant) et lors de la ventilation forcée (capacité vitale). Il est décrit dans les fiches élèves et démontré avant le début des ateliers. Il se déroule en deux phases :

- a) Mesure des périmètres thoraciques inspiratoires et expiratoires à l'aide d'un ruban métrique.
- b) Mesure du volume d'air expiré correspondant en soufflant dans une bouteille graduée remplie d'eau.

Selon la taille du groupe, deux expérimentateurs sont désignés, et un ou deux cobayes.

1. Ventilation normale

La mesure de la ventilation normale n'est pas aisée :

- La différence entre les périmètres inspiratoires et expiratoires est minime.
- Il est difficile de respirer normalement quand on se sait mesuré. C'est un peu comme se concentrer à faire quelque chose sans y penser.
- La mesure du volume expiratoire se faisant dans une bouteille d'eau, celle-ci amène une résistance inhabituelle.

En présentant les ateliers, l'enseignant se devra de rendre les élèves attentifs à ces difficultés. Il les rappellera lors du déroulement et y reviendra, au moment de la mise en commun, lorsque les résultats seront discutés et mis en lien avec le volume courant moyen.

2. Ventilation forcée

La capacité vitale mesurée, suite à l'inspiration et à l'expiration forcée, sera probablement en deçà de la capacité réelle de l'élève. Ceci est dû à la méthode de mesure utilisée, où l'expiration se fait contre la résistance d'un liquide.

Malgré ces difficultés, elle doit être largement supérieure, au moins le double, du volume courant mesuré précédemment. Contrairement à cette dernière, des variations conséquentes sont observées entre les individus. Cela sera également discuté lors de la mise en commun.

3. Analyse des résultats

Outre les questions de validation/invalidation de l'hypothèse de départ qui clos chaque atelier, deux questions sont posées à la suite des mesures expérimentales.

- Quand le volume d'air expiré est-il le plus important, lors de la ventilation normale ou forcée ?

- Quel(s) lien(s) fais-tu entre augmentation du périmètre et augmentation du volume d'air expiré ?

L'objectif de ces questions est d'amener les élèves à retourner sur leurs mesures, de les observer, les comparer et réfléchir sur leur sens. C'est le début de l'analyse des résultats.

Limites

Mettre en lien l'augmentation du périmètre et l'augmentation du volume thoracique ne devrait pas poser de problème à l'élève. En appréhender les causes peut se révéler plus problématique.

Il est parfaitement possible de sentir les mouvements des côtes lors de la ventilation. Ces mouvements ont été décrits en 9ème Harmos avec le système locomoteur.

Il faut que ce prérequis soit solidement ancré pour invalider la conception erronée des poumons se gonflant et distendant les côtes. Cet atelier n'y suffit pas et doit être complété par d'autres.

La ventilation est ici, uniquement mise en lien avec l'augmentation du volume thoracique induit par le mouvement des côtes. Le diaphragme est présenté dans les deux ateliers suivants.

Atelier 2 : Mouvements thoraciques

Cet atelier permet la découverte des différents organes impliqués dans la ventilation. Le diaphragme, probablement inconnu des élèves mais découvert aussi grâce aux ateliers 1 et 3. Les clavicules, les côtes ainsi que les muscles associés sont eux découverts grâce à cet atelier. L'élève sera amené à comprendre que ce sont les mouvements de ces différentes structures qui sont responsables de l'augmentation de la taille des poumons et non pas l'inverse. Les modèles englobant également les os et les muscles permettent aux élèves de faire un lien entre les différents systèmes. En effet, les élèves ont tendance à prendre chaque système indépendamment comme s'ils n'étaient pas liés et ont beaucoup de peine à réinvestir leurs connaissances dans les chapitres suivants. Il est donc préférable de faire le plus de liens possibles entre les systèmes.

Les radiographies permettent de mesurer et démontrer que la contraction du diaphragme entraîne une augmentation de volume. Ceci est rendu possible en identifiant et comparant le nombre de côtes visibles, ainsi que de la surface occupée par les poumons. Ce qui permet également de visualiser la place que prennent les poumons dans la cage thoracique, rectifiant ainsi le modèle du ballon et de la bouteille.

Le modèle 3D permet, en addition avec les radiographies et le schéma musculaire, d'identifier les changements de position des côtes et des clavicules et d'attribuer ces changements aux contractions musculaires.

Limites

Radiographies : Ne permettent pas d'appréhender les changements de volume en 3D. Le modèle 3D permet de contrer en partie ainsi que la notion de volume et non pas d'aire explicité dans les 2 autres ateliers.

Maquette 3D : permet de voir la structure osseuse mais pas les muscles, ni les poumons. Cette limite est contrée par la radiographie ainsi que le schéma musculaire.

Schéma musculaire : Ne permet pas de voir les changements de volume ni les poumons. Limite prise en charge par tous les autres modèles.

Atelier 3 : Entrée et sortie de l'air

Description

Dans cet atelier seront présentés 2 modèles différents :

- Le premier est un modèle qui illustre 2 poumons, une cage thoracique et un diaphragme. Il est utilisé pour montrer l'augmentation et la diminution du volume d'air dans les ballons (qui représente le volume pulmonaire) en tirant sur la membrane (qui représente le diaphragme).
- Le deuxième est une seringue qui illustre les poumons et le diaphragme. Elle est utilisée pour montrer l'importance qu'a un piston (qui représente le diaphragme) pour faire entrer et sortir de l'air du corps de la seringue (qui représente les poumons).

Les 2 modèles sont accompagnés d'une fiche de questions qui leur permet de faire le lien entre ces modèles et notre corps. Ils doivent pour cela faire des manipulations et suivre certaines instructions.

Protocole de la bouteille :

- La préparation du modèle du thorax avec son (ses) poumon(s) ne pose qu'une difficulté particulière, celle du perçage d'un trou à la bonne taille dans le bouchon de la bouteille plastique. Celui-ci peut être effectué à l'aide d'une perceuse, d'un fer à souder ou d'un cutter.
- L'étanchéité doit ensuite pouvoir être garantie au passage du tuyau de PVC. Il est possible de le faire à l'aide de pâte à modeler ou de scotch autour du tuyau de PVC à l'intérieur du bouchon à vis. Un joint silicone reste cependant la meilleure solution en termes d'étanchéité, de résistance et de durabilité. Il est possible de remplacer le bouchon à vis de la bouteille en PET par un bouchon en caoutchouc percé d'un trou et ayant les bonnes dimensions.
- Le petit ballon de baudruche doit être fixé sur le tuyau de PVC de manière étanche à l'aide du ruban adhésif.
- Le fond d'un grand ballon de baudruche doit recouvrir la section de la bouteille en PET préalablement coupée. Il est possible de le faire mieux tenir à l'aide de ruban adhésif.
- Si l'on dispose d'un raccord en «Y», il est possible de confectionner un modèle de thorax avec deux poumons. Le modèle de thorax à un poumon suivant est cependant plus simple à confectionner et permet de faire les mêmes manipulations. La trachée n'est alors pas modélisée.

Limites

Bouteille :

- Le tour de la bouteille (représentant la cage thoracique) ne bouge pas
- La forme de la membrane (représentant le diaphragme) ne se déforme pas correctement, c'est-à-dire qu'on la tire vers le bas pour représenter la contraction du diaphragme, alors que la contraction du diaphragme fait qu'il se raccourcisse et non qu'il s'allonge
- Les poumons ne sont pas au contact du diaphragme, ni de la cage thoracique

Seringue :

- Pas une bonne illustration des différents organes (poumons, diaphragme, ...)
- On doit mettre de la force pour faire sortir l'air, alors que normalement c'est un relâchement du diaphragme, donc cela ne demande pas d'énergie.
- Pas de représentation claire de la cage thoracique

Modélisation

Le rôle de la modélisation est de faire le lien entre les référents empiriques et les ressources théoriques. Classiquement les modèles sont utilisés pour rendre accessible un savoir institutionnalisé ou démontré.

Dans ces ateliers, le rôle des modèles est particulier puisqu'ils servent de levier pour mettre à mal des conceptions. Le problème des modèles est qu'ils ne représentent pas fidèlement la réalité et un effort d'analogie est à faire par l'élève. C'est pour cette raison, que l'utilisation de plusieurs modèles est utile et aide l'élève à se faire une meilleure conception du mécanisme.

Notre travail comporte également deux maquettes 3D de cage thoracique afin de mieux observer les mouvements anatomiques lors de l'inspiration et de l'expiration. Ce type de maquette pour l'enseignement est innovant et rendu possible par l'avancé technologique de l'impression 3D. Contrairement aux modèles utilisés dans les autres ateliers, ceux-ci permettent de visualiser le mécanisme sans avoir à faire d'analogies entre les parties de la maquette et les organes du corps. De nombreux fichiers de stéréolithographie (STL) sont disponibles sur le web. Voici quelques adresses où les trouver pour différents modèles: <https://www.thingiverse.com/>, <https://stlfinder.com> ou <https://www.grabcad.com>. Une fois le modèle choisi, il peut être modifié à sa convenance à l'aide de « Paint 3D » ou de « Blender », par exemple. C'est le cas de notre modèle, celui provient d'un fichier pour la construction d'un squelette complet en pièces détachées, trouvée sur le site de <https://www.thingiverse.com/>¹. Nous avons ensuite utilisé le logiciel « Blender », pour modifier l'emplacement des côtes et des clavicules sur la pièce de la cage thoracique afin de simuler les deux états de la ventilation. Puis, ces torsos ont été préparés à l'impression à l'aide d'un logiciel privé de la haute école spécialisée bernoise (BFH-TI). Mais pour le faire, d'autres logiciels sont disponibles (« Cura », « RepRap », « KISSlicer »).

Comme la pièce sort de l'impression par couche, les parties qui ne sont pas rattachées directement à la couche en impression ou celles supérieures, restent libres jusqu'aux couches suivantes de la maquette. Pour éviter qu'elles naviguent dans la résine et soit perdues, des supports provisoires doivent être ajoutés pour l'impression. Ils seront coupés après le séchage de la pièce. Dans notre cas, l'imprimante 3D utilisée, était une imprimante privée de la BFH-TI, celle-ci a des performances plus au moins similaires à l'imprimante Form 2 de formlabs. Pour plus d'informations, cette imprimante est détaillée sur <https://formlabs.com>. Différentes résines peuvent être utilisées pour la réalisation des maquettes, dans notre cas, une résine rigide « snow white » disponible sur le site <http://www.funtodo.net>² a été utilisée.

3. Franchissement :

L'institutionnalisation est indispensable pour permettre le franchissement. Dans notre séance, un film vidéo est à considérer comme un autre modèle, explicatif.

Le nouveau modèle proposé par l'enseignant peut être jugé satisfaisant et intégré par l'élève ou non. Le franchissement peut se faire ultérieurement, avec le devoir. Même pour l'élève

¹ <https://www.thingiverse.com/thing:1543880>

² <http://www.funtodo.net/our-3d-resin-blends.html#bRjxbJwp>

ayant admis sa conception erronée, un modèle explicatif alternatif est indispensable pour permettre le franchissement (Astolfi, 1992).

Mise en commun et institutionnalisation

Lors de la mise en commun, chaque atelier est revu, l'un à la suite de l'autre, avec ses spécificités propres, des corrections et une institutionnalisation spécifique à l'atelier. Des liens sont faits entre les ateliers. Une synthèse globale, clora le tout sous le titre de synthèse finale.

Atelier 1

1. Volumes ventilatoires :

Phase 1 - Discussion des résultats

Lors de la mise en commun, les résultats expérimentaux sont collectés et notés sur le tableau interactif du beamer ou, le cas échéant, sur un tableau noir ou blanc. Les résultats sont discutés en plénum. L'objectif spécifique de cette première phase de mise en commun est donc l'analyse orale de la pertinence et de la cohérence de résultats expérimentaux. (PER : MSN37, utilisation de la démarche scientifique)

Phase 2 - Institutionnalisation des volumes ventilatoires

1. De la ventilation normale au volume courant

Les résultats obtenus devraient faire preuve d'une certaine homogénéité. L'enseignant peut faire la moyenne pour la classe et la comparer à celle de l'ensemble de la population qui est de 0.5 litre pour le volume courant.

Au vue des difficultés énoncées précédemment, il se peut que la moyenne expérimentale soit légèrement supérieure, ce qui peut être discuté avec les élèves.

Si de grosses disparités apparaissent entre les résultats des élèves, débattre des causes probables.

2. De la ventilation forcée à la capacité spécifique

Les résultats pour cette seconde série de mesures ne sont pas homogènes. L'enseignant en débat avec la classe interroge les élèves sur les causes probables de la disparité des résultats obtenus. Il répond en s'appuyant sur les réponses des élèves et introduit le terme de capacité vitale.

2. Lien entre les mouvements thoraciques et la ventilation

Phase 1 - Analyse des résultats

Les volumes expirés doivent encore être mis en lien avec les différences de périmètre mesuré. L'augmentation de l'un est en corrélation avec l'augmentation de l'autre. Cette première observation est aisée et répond à la première question de la fiche élèves. S'agissant du lien, la deuxième question, l'enseignant écoute les réponses des élèves. Il les guide afin de s'interroger sur les causes de l'augmentation.

Phase 2 - Confrontation avec les hypothèses de départ

En s'interrogeant sur les causes de l'augmentation simultanée du périmètre et du volume, l'élève en revient à son hypothèse de départ. Avait-il anticipé le rôle de la cage thoracique ?

Quels sont les éléments validant, invalidant ou complétant son hypothèse ?

Dans cette phase, l'enseignant n'apporte pas encore de réponse. Il ne valide ni n'invalide les hypothèses des élèves, tout au plus les relance-t-il à l'aide d'une question si ces derniers suivent une piste erronée.

Deux ateliers sont à suivre pour permettre aux élèves de faire leur chemin.

Atelier 2 et 3 :

Phase 1 : mise en commun :

Durant cette phase, les réponses attendues aux questions des exercices seront affichées au beamer. Les élèves comparent et corrigent leurs réponses, pendant que l'enseignant passe dans les rangs et répond aux diverses questions en reprenant les plus pertinentes en plénum. Les questions reprises en plénum sont relatives au mécanisme et concepts. Les questions individuelles du type "est-ce que ma réponse est correcte ?" sont traitées individuellement.

Cette phase permet aux élèves de s'autonomiser en posant une question lorsqu'ils n'ont pas compris quelque chose, sans que ce soit l'enseignant qui le leur pose.

Phase 2 : institutionnalisation

Par la suite l'enseignant revient sur les modèles, les radiographies, pour montrer aux élèves, qui n'auraient pas bien observé pendant les ateliers, les choses importantes et faire ainsi les analogies, en utilisant des schémas du corps humain, des vidéos, afin de bien montrer les mouvements thoraciques, du diaphragme et des muscles intercostaux.

À l'aide de vidéos³, il explique comment, lors de la contraction des muscles intercostaux et dentelés antérieurs, les côtes sont tirées vers le haut tout comme les clavicules. Il montre que le diaphragme, qui est un muscle, augmente le volume de la cage thoracique en se contractant. Il va préciser que les poumons sont attachés à ce muscle et suivent le mouvement de celui-ci passivement. (Dans le cas où la classe aurait déjà vu la pression négative, ce qui n'est pas le cas dans notre séquence, on peut expliquer que le diaphragme ferme la cage thoracique et que de ce fait, la contraction du muscle permet un appel d'air.)

Ces vidéos ont été choisies car chacune montre sous un angle différent les différents mouvements des muscles et de la cage thoracique, lors de l'inspiration et de l'expiration.

Il peut poursuivre en faisant des analogies, en montrant le mouvement du diaphragme ainsi que les mouvements des côtes et des clavicules sur les radios (en les projetant au beamer), montrer les résultats des mouvements sur les 2 modèles 3D (si possible en les projetant à la caméra) et finalement montrer les muscles impliqués sur le schéma (projeté au beamer). Faire de même avec le modèle du ballon et de la seringue pour montrer les analogies et les mécanismes à observer. On peut alors montrer les limites des modèles aux élèves et développer leur regard critique face à la modélisation.

³ <https://www.youtube.com/watch?v=aFw7MTRucoM>
<https://www.youtube.com/watch?v=v5ZLVNhTr8w>
<https://www.youtube.com/watch?v=TJr2oM3e1Zs>

Phase 3 : les questions de validation d'hypothèse :

Après l'institutionnalisation l'enseignant revient aux 2 dernières questions des deux ateliers, il n'affiche pas de réponses, mais fait participer les élèves en leur demandant s'ils avaient imaginé de tels mouvements. Peut-être ont-ils ressenti par le passé des douleurs aux muscles intercostaux pour faire un lien avec leur perception. L'enseignant donne la possibilité aux élèves de débattre et de donner leur point de vue. Il dirige le débat afin que les élèves aient les bonnes conceptions à la fin. Cette phase servira d'une part à entraîner les élèves au débat scientifique par l'argumentation de leur point de vue et d'une autre part d'une évaluation des connaissances acquises au cours de la leçon.

Comme dans tout débat, tous les élèves ne participeront pas, mais il servira de correction ou validation des conceptions des participants de manière active en suscitant l'intérêt des élèves plus passifs, qui pourront alors corriger leur conception en suivant le débat. Le devoir, sur les nouvelles conceptions des élèves, permettra d'avoir un retour individuel.

Lors de l'institutionnalisation, affirmer que le poumon est également attaché au diaphragme dont il suit passivement les mouvements.

Synthèse finale

1. Ventilation

L'enseignant relève les points importants de chaque atelier :

- Les mouvements de la cage thoracique sont en lien avec les volumes ventilatoires (atelier 1, atelier 2)
- Il existe un diaphragme, membrane musculaire, dont les contractions et relâchements sont en lien avec l'inspiration et l'expiration (atelier 2, atelier 3)
- L'augmentation du volume induit un mouvement de l'air, qui est "aspiré" (atelier 3)
- La diminution du volume entraîne un mouvement d'air en sens contraire, il est expiré (atelier 3)
- Les poumons ne sont pas des muscles et agissent passivement dans cette mécanique ventilatoire

Les points relevant sont interprétés comme suit :

→ La contraction du diaphragme et des muscles intercostaux entraîne une augmentation du volume thoracique qui induit un mouvement d'air qui est aspiré.

→ Le relâchement du diaphragme et des muscles intercostaux cause une diminution du volume thoracique qui induit un mouvement d'air en sens contraire. Il est expiré.

→ Le poumon est attaché à la cage thoracique et au diaphragme dont il suit passivement les mouvements se remplissant et se vidant d'air. Son anatomie sera vu lors de la prochaine leçon.

2. Volumes respiratoires

A noter que seul l'inspiration est active et fruit d'un travail musculaire. L'expiration est en principe, passive.

Sauf, lors de l'expiration forcée, des muscles supplémentaires travaillent pour faire sortir un maximum d'air.

Nous avons la possibilité de réguler notre ventilation en inspirant et en expirant +/- d'air selon les besoins de notre organisme.

Volume courant : 0.5 L

Capacité vitale : notre réserve ventilatoire, en cas de besoin peut augmenter jusqu'à 5 L.
Variation selon âge, sexe, carrure, style de vie (sportif, musicien à vent)

Evaluation

Pour évaluer les élèves sur leur apprentissage à la fin de cette séquence, l'enseignant leur donne en devoir de réaliser un nouveau schéma de la ventilation, avec les mêmes consignes qu'en début de leçon (cf. fiche élève). Ceci afin de faire émerger la façon dont les conceptions ont évolué depuis la phase d'introduction. Les productions seront ramassées par l'enseignant qui pourra constater si les élèves ont bien atteint les objectifs de la leçon ou si certains points restent incompris. Ceci permet également un réinvestissement des connaissances, et participe à l'institutionnalisation. Ceci n'influence pas leur apprentissage pour la leçon suivante portant sur l'anatomie. Ils peuvent tout à fait apprendre la localisation ainsi que les noms des organes sans comprendre le mécanisme.

Les critères de validation de l'évaluation sont :

- Les modifications du volume intra-thoracique induisent l'entrée et la sortie de l'air
- L'inspiration est active (contraction musculaire), l'expiration est en principe passive (relaxation musculaire)
- Anatomie (diaphragme, muscles intercostaux, poumons)

D. Conclusion

Il est intéressant de se rendre compte de toutes les réflexions nécessaires à l'élaboration d'une séance de cours. Il est évident que l'agenda d'un enseignant ne permet pas de faire une telle analyse et un tel investissement pour chaque leçon. Toutefois, le fait d'avoir analysé en profondeur les mécanismes et les choix d'une séquence et particulièrement d'une séance permet de regarder les documents d'enseignement disponibles avec un regard plus critique et d'identifier les failles pour y remédier.

Comme ce travail reste théorique et que malheureusement, nous n'avons pas encore pu le tester en situation réelle, nous ne pouvons attester de sa réussite. Comme ce document sera disponible en ligne, nous aurons peut-être la chance d'avoir des retours sur notre séance et plus tard, lors de nos stages ou emplois, la possibilité de mettre en œuvre le fruit de notre labeur.

Annexes

1. Synopsis
2. Document élèves (fiches + évaluations)
3. Corrigé enseignants
4. Feuille de synthèse mécanique ventilatoire
5. Documents pour impression 3D

Bibliographie

Akpan, J. P., & Andre, T. (1999). The effect of a prior dissection simulation on middle. *Journal of Science Education and Technology* , 107-121.

Astolfi, J.-P. (1992). Apprendre par franchissement d'obstacles ? *Repères, recherches en didactique du français langue* , 103-116.

Astolfi, J.-P. (1993). L'Ecole pour apprendre. *Revue Française de Pédagogie* , 124-125.

Astolfi, J.-P., & Peterfalvi, B. (1993). Obstacle et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster* , 103-141.

Bardou, A. (2010). *La démarche scientifique: Réflexions et propositions d'activités*. HEVS.

Bloom, B. S. (1979). *Caractéristique individuelles et apprentissages scolaires*. Laboratoires de Bruxelles.

Bodur, B. & Guichard, J. (2006). Simuler un phénomène biologique. *Aster* , 35-56.

Bowd, A. D. (1993). Dissection as an instructional technique in secondary science: Choice and alternatives . 83-89.

Brousseau, G. (1998). Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques.

Bunge, M. (1975). *Philosophie de la physique* . Seuil.

Célier, P. (2007, 10 27). *Lexique de termes pédagogiques*. Consulté le 05 23, 2018, sur https://cpa.enset-media.ac.ma/lexique_termes_pedagogiques.htm: https://cpa.enset-media.ac.ma/lexique_termes_pedagogiques.htm

Cereghetti, A. (2014). Enseigner l'anatomie par la dissection:.. *Travail de Master* , 52.

Chevallard, Y. (1986). La Transposition didactique: du savoir savant au savoir. *Revue française de pédagogie* , 89-91.

CIIP-LEP. (2012). Mathématique: 9-10-11: Les modèles d'enseignement / apprentissage .

Clément, P. (1991). Sur la persistance d'une conception: La tuyauterie continue digestion-excrétion. *Aster* , 133-156.

De Ketele, J.-M. (2010). Ne pas se tromper d'évaluation. *Revue Française de Linguistique Appliquée* , 25-37.

De Vecchi, G. (2006). Enseigner l'expérimental en classe: Pour une véritable éducation scientifique. *Paris: Hachette* , 55-65.

Develay. (1987). A propos de la transposition didactique en sciences biologiques. *Aster* , 119-138.

Favre, D., & Rancoule, Y. (1993). Peut-on décontextualiser la démarche scientifique ? *Aster* , 29-46.

Gérard, D. V., & Giordan, A. (1991). *L'enseignement scientifique : Comment faire pour que "ça marche" ?* Nice: Guides pratiques.

Gilbert, L. (2002). <https://www.pistes.fse.ulaval.ca>. Consulté le 05 23, 2018, sur PISTE (Projet Interdisciplinaires: Science, Technologie, Environnement, Société): Repéré à https://www.pistes.fse.ulaval.ca/sae/?onglet=contenu&no_version=2115#7

Giordan, A. (1995). Les conceptions de l'apprenant comme tremplin pour l'apprentissage... ! *Sciences Humaines* , 109-115.

Holec, H. (1990). Apprendre à l'apprenant à s'évaluer: quelques pistes à suivre. *Etudes de Linguistique Appliquée* , 39-47.

Houssaye, J. (1995). La pédagogie : une encyclopédie pour aujourd'hui. *Revue française de pédagogie* , 122-124.

Johsua, M.-A., & Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné* . Grenoble: La pensée sauvage.

MakerBot, I. (2009). <https://www.thingiverse.com>. Consulté le juin 15, 2018, sur Thingiverse: <https://www.thingiverse.com/thing:1543880>

Meirieu, P. (1993). Objectif, obstacle et situation d'apprentissage. *La pédagogie, une encyclopédie pour aujourd'hui*.

Nancy-Metz, A. (2018). *Evaluation*. Consulté le 05 23, 2018, sur SVT Lorraine: <http://www4.ac-nancy-metz.fr/svt/evaluation/divers/index.php?idp=177>

Paccaud, M. (1991). Les conceptions comme levier d'apprentissage du concept de respiration. *Aster* , 35-58.

PER. (s.d.). <https://www.plandetudes.ch>. Consulté le 05 23, 2018, sur PER: Plan d'Etudes Romand: https://www.plandetudes.ch/web/guest/MSN_37/

Perrenoud, P. (1996). *Innover en identifiant et en dépassant des objectifs-obstacles*. Consulté le juin 18, 2018, sur <https://www.unige.ch>: https://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/perrenoud/php_main/php_1996/1996_04.html

Rumelhard, G. (1988). Statut et rôle des modèles dans le travail scientifique et dans l'enseignement de la biologie. *Aster* , 21-48.

Schrock, R. (1990). Dissection. *The Kansas School Naturalist* , 1-16.

Zittoun, T. (1997). Note sur la notion de conflit socio-cognitif. *Cahiers de Psychologie* , 27-30.