



Mémoire présenté pour obtenir le diplôme de
MASTER 2 MÉTIERS DE L'ENSEIGNEMENT, DE L'EDUCATION ET DE LA FORMATION
Mention
SECOND DEGRÉ
Spécialité
SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Présenté par
CASSANDRA COURJAUD

MODELE ET MODELISATION
TITRE DU MEMOIRE
SOUS-TITRE DU MEMOIRE
QUESTION DE RECHERCHE

Soutenu le 22/05/2017 devant le jury :

Yann Lhoste

Maître de conférences HDR en sciences de l'éducation,
didactique des SVT. *Université de Bordeaux, ESPE d'Aquitaine.*

Florence Delavaud

ATER en Didactique des SVT, Enseignante en Sciences et Vie de
la Terre. *Université de Bordeaux, ESPE d'Aquitaine.*

SOMMAIRE

Remerciements.....	I
Résumé.....	II
Abstract.....	III
Introduction.....	1
I. Travail initial.....	1
A. Le modèle.....	2
1. Du rôle du modèle.....	2
2. Différents modèles.....	4
B. Le modèle pour construire le savoir.....	7
1. Modèles et situation-problème.....	7
2. De la bonne utilisation des modèles.....	9
C. Replacer les modèles pour les utiliser différemment.....	12
1. Traitement des modèles en début de séance.....	12
2. La modélisation comme évaluation diagnostique.....	14
II. Etude du/des protocoles utilisés.....	18
A. Réflexion sur le protocole théorique.....	18
1. L'apprentissage par enchaînement de modèles : le constructivisme.....	18
2. L'enseignant est un architecte.....	22
B. Protocole réellement mis en place en stage.....	25
1. Construction de la séance.....	25
2. Critique de la séance.....	27
III. Recueil de données.....	29
A. Outils pour traiter les données.....	29
B. Analyse du recueil d'un point de vue de la construction des savoirs.....	30
IV. Retour sur expérience.....	30
A. Les obstacles dans le protocole.....	30
B. Les améliorations à apporter.....	30
Annexe 1 : Objectifs notionnels de la séance.....	i
Annexe 2 : Production d'élève (représentation initiale).....	ii
Annexe 3 : Tableau récapitulatif des représentations initiales.....	iii
Annexe 4 : Fiche de préparation de la séance.....	iv
Annexe 5 : Chronologie de la séance.....	v
Annexe 6A : Document 1.....	vi
Annexe 6B : Document 2.....	vii
Annexe 6C : Document 3.....	viii
Annexe 6D : Document 4.....	ix
Bibliographie.....	a
Webographie.....	c

REMERCIEMENTS

Merci merci merci

RÉSUMÉ

Ce mémoire parle de truc cool.

Mots clés : cool, truc

ABSTRACT

This mémoire is about cool stuff.

Keywords : cool, stuff

INTRODUCTION

Ce mémoire fait suite au TER¹ commencé en première année de master au sein de l'Université de Bordeaux et de l'ESPE d'Aquitaine, sous la direction de M. Yann LHOSTE. Lors de cette deuxième année de master, le but était de mettre en œuvre un protocole collant avec les observations et conclusion faites durant la première année, ainsi que d'en analyser les données obtenues.

Tout le travail effectué durant ces deux années de master est tourné vers l'utilité et l'utilisation des modèles. Comme le titre l'indique, nous cherchons à savoir comment un modèle peut favoriser la construction des savoirs, cela en l'utilisant comme représentation initiale.

Pour commencer, nous repartirons du travail initial réalisé en amont lors de la première année de master. Ce travail visait à partir d'un questionnement naïf basé sur l'expérience personnelle et professionnelle et, au fil des lectures et du raisonnement, arriver à une question plus précise qui constitue la question de recherche, à savoir : est-ce que les modèles peuvent être utilisés comme représentation initiale des élèves en début de séance ?

Puis nous expliciterons le protocole qui a été mis en place durant le stage de deuxième année de master au sein du lycée Montesquieu de Bordeaux, sous le tutorat de Mme Carine Duvignac. Ainsi que les obstacles rencontrés, les résultats et les remarques à faire.

Enfin, il sera fait cas de l'analyse des données recueillies afin de répondre à la problématique du début. Tout en restant bien entendu dans l'objectif de trouver un moyen d'utiliser les modèles comme des piliers, autour desquels les élèves construisent, détruisent et reconstruisent leur savoir. Le tout dans une démarche d'investigation telle qu'elle est définie dans le Bulletin Officiel.

I. TRAVAIL INITIAL

Dans le cadre du stage en établissement scolaire réalisé au cours de l'année de M1, mais également d'après mon expérience personnelle entant qu'élève, il m'est apparue -à tort ou à raison- qu'il valait souvent mieux modéliser les choses pour faciliter les apprentissages en SVT, surtout en géologie.

Cette idée part d'un constat simple : il y a des concepts, en biologie comme en géologie, qui sont difficiles à comprendre et à appréhender pour des élèves du secondaire. La raison principale de

1 Travail Encadré de Recherche

ces problèmes semble être la difficulté que les élèves ont à penser des concepts abstraits comme la tectonique des plaques en 4ème. Il m'apparaît que, pour le cas de la tectonique, l'obstacle majeur (la prise en compte du temps) ainsi que l'impossibilité de voir le phénomène à l'échelle humaine rend ce concept extrêmement complexe et abstrait.

Un moyen de parer à ce problème de perception, est d'utiliser un modèle. Qu'il soit informatique sous forme d'animation, ou bien manuel sous forme de maquette. Des maquettes du mécanisme de la subduction sont même parfois construites par des élèves.

J'appuie cette hypothèse sur les concepts abstraits, plus facile à appréhender avec un modèle sur la base de mon expérience personnelle. En effet au cours de la deuxième moitié du stage de M1, j'ai pu donner un cours sur la cellule en 6ème. Ce concept n'avait encore jamais été vu par les élèves. Au cours de la séance de TP, une légende de schéma de cellule était à réaliser. La difficulté pour les élèves était alors de nommer des choses qu'ils pouvaient certes observer au microscope mais qu'ils n'arrivaient pas à se représenter. Une analogie a alors été faite avec une poche remplie de gel dans laquelle serait une bille. La poche représenterait alors la membrane plasmique, le gel le cytoplasme et la bille le noyau.

Il m'a semblé que suite à cette image les élèves qui avaient du mal à comprendre comment ces trois parties s'articulaient y voyaient un peu plus clair. Le « modèle » qui a été choisi ici est donc apparu comme un moyen d'aider les élèves à construire le savoir.

A. LE MODÈLE

1. DU RÔLE DU MODÈLE

Avant de commencer un tel exposé, il convient de définir le terme principal. L'idée de modèle n'est pas si simple à comprendre. En sciences de la vie et de la Terre, on cherche à comprendre la nature. Comment elle fonctionne, comment elle évolue. C'est le projet scientifique. Pour atteindre ce but il faut d'abord passer par la réflexion scientifique, elle va permettre d'inventer un système théorique qui se comporte comme la nature (Coquidé, 2008). Le modèle va donc aider à la réflexion scientifique, il va permettre d'articuler le concret et l'abstrait (Martinand, 1992). Il réunit ainsi le domaine empirique (ce que l'on observe) et le domaine des idées explicatives (les théories) (Coquidé, 2008) afin de donner une explication à ce que l'on observe. En réalisant un modèle on est donc totalement dans la démarche scientifique qui veut articuler ce que l'on observe avec ce que l'on

imagine (Jacob, 1987).

Néanmoins il apparaît que le réel est complexe, on ne le voit pas de la même manière au fil de l'évolution technologique. Par exemple avant l'invention du microscope personne ne supposait l'existence des cellules. L'idée que la reproduction passait par les gamètes était donc inconcevable.

A cette époque on expliquait la transmission de la vie soit selon la théorie des générations spontanées synthétisée par Aristote (Brack, 1998) ; soit selon la théorie de l'épigenèse également soutenue par Aristote dans son Traité de la Génération des Animaux (Barthélémy-Saint Hilaire, 1887).

Au 17^{ème} siècle avec l'invention et la démocratisation du microscope on a pu voir la complexité de ce phénomène et tenter de trouver de nouveaux systèmes d'explication, de nouveaux modèles. L'une des théories ayant émergées de cette découverte du microscope et la théorie de la pré-formation, avec d'un côté les partisans de l'ovisme² ; et d'un autre les partisans de l'animalculisme³. Avec l'avancée technologique qu'a été le microscope optique, on a donc vu un changement de modèle concernant les mécanismes de transmission de la vie.

C'est d'ailleurs un fait bien connu : en sciences on passe de modèles en modèles. On invente un modèle qui semble coller au réel, puis on regarde le réel pour voir s'il fonctionne. Via cette observation on peut alors l'améliorer pour qu'il y colle encore plus, mais l'observation seule ne suffit pas à la compréhension (Coquidé, 2008). Les modèles en sciences ne sont pas formels (bien qu'ils tendent à le devenir (Legay, 1997)), c'est le propre des modèles scientifiques. Les scientifiques ne les utilise donc que comme une aide à l'explication, enchaînant plusieurs modèles à la suite comme l'ont fait Watson et Crick pour la structure en hélice de l'ADN (Watson, 1968).

Le modèle trouve ainsi son utilité dans les sciences. Il semble donc que dans une classe où l'on enseigne les sciences, le modèle jouerait ce même rôle d'articulateur. Pourtant les élèves, même en classe de sciences, ne sont pas des scientifiques avertis. Ils sont là avec leurs préjugés, leurs pensées, leurs idées.

Si on prend l'exemple qui est pris par Rumelhard (2006), on peut modéliser la lecture du

2 L'ovisme est une théorie selon laquelle l'individu est entièrement formé dans l'oeuf ou « *ovum* » (Harvey, 1651), le sperme apporte quand à lui ce qui est appelé *aura seminalis* lors de la fécondation. C'est cette aura qui va permettre à l'individu de se mouvoir et de penser.

3 L'animalculisme est une théorie où l'individu logerait dans le spermatozoïde en entier. C'est ce que Hartsoeker a imaginé en 1694 avec son homoncule.

code génétique par la lecture d'un texte. Chaque lettre a une occurrence bien précise et elles forment dans les deux cas des séquences qui ont une signification (des mots pour le texte, des codons pour l'ADN). Les séquences sont lues, comprises et retranscrites en sens ou en protéines. Les deux marchent de la même façon à la différence que si on décale la fenêtre de lecture du texte, en remplaçant A par B, B par C et ainsi de suite, le texte n'est plus compréhensible peu importe la langue que l'on utilise. Alors que si on décale la fenêtre de lecture de l'ADN d'un seul nucléotide, étant donné que l'on ne lit les séquences que 3 lettres par 3 lettres, on obtient une nouvelle séquence qui est intelligible en partie. Dans un cas on supprime le sens, dans l'autre on en forme un nouveau.

Dans ce cas, le modèle du texte pourrait aider à comprendre le code génétique, il remplit donc son rôle. Mais dans l'enseignement de la biologie au collège et au lycée, on utilise généralement des modèles analogiques. « *Les analogies ont des limites imprécises* » (Rumelhard, 1994). Bien que ce modèle de texte semble remplir son rôle, il n'est pas parfait et nécessite que l'on réussisse à en délimiter quelques limites.

2. DIFFÉRENTS MODÈLES

Il est d'autant plus important de réussir à délimiter un modèle que de faire en sorte qu'il respecte les trois caractéristiques principales que Martinand dégage en 1996 (et avant) : « *ils sont hypothétiques ; ils sont modifiables ; ils sont pertinents pour certains problèmes dans certains contextes.* ».

Comme dit précédemment, la plupart des modèles utilisés en biologie sont analogiques (Rumelhard, 1994). Si on suit la définition du modèle que Drouin a faite en 1988⁴, on peut en déduire qu'il existe ou peut exister plusieurs catégories de modèles que nous allons lister et définir :

- le modèle analogique : on emprunte généralement ces modèles à l'activité humaine, on va par exemple dire que la circulation sanguine fonctionne en dérivation, tout comme le fait le courant dans un système monté en dérivation. On peut alors interpréter ces modèles comme le fait que l'Homme, dans la construction de ces outils, imite la nature (Rumelhard, 1994) ; ici l'Homme a imité le « modèle naturel » de la circulation sanguine pour inventer le système de dérivation électrique.

⁴ « *Le modèle est "quelque chose" (objet concret, représentation imagée, système d'équations...) qui se substitue au réel trop complexe, ou inaccessible à l'expérience, et qui permet de comprendre ce réel par un intermédiaire plus connu ou plus accessible à la connaissance.* » (Drouin, 1988)

- le modèle numérique : c'est un modèle qui est basé sur les mathématiques et plus précisément sur l'informatique. On est ici à la limite de la simulation. Avec l'avènement de l'ère numérique, ces modèles sont de plus en plus utilisées car semblant plus « réels » et paramétrables. On peut donc par exemple modéliser le plan de Wadati-Benioff à l'aide du logiciel Tectoglob.

On a donc ici deux grands types de modèles qui remplissent leur rôle correctement si bien utilisés puisqu'ils vont permettre de rendre intelligible des choses peut-être trop abstraites. Mais ces deux grands types de modèles se divisent eux-mêmes en deux sous-catégories :

- le modèle statique : il n'intègre pas explicitement la notion de temps, montre un système à un temps spécifique et s'intéresse surtout aux structures de ce système (Fannader & Leroux, 1999).
- le modèle dynamique : il intègre explicitement la notion de temps. Il va s'intéresser à l'évolution des paramètres que l'on a choisis (contrainte physique, concentration chimique, géométrie,...).

On pourrait alors donner un exemple de modèle analogique statique et de modèle analogique dynamique que l'on pourrait utiliser en classe de 4ème sur la tectonique des plaques. Le modèle analogique statique serait alors une coupe de la Terre afin d'en étudier sa structure (fig. 1). Le modèle analogique dynamique pourrait être une maquette 2D des événements de subduction, collision et fonctionnement des dorsales où l'on ferait simplement coulisser des bandes de couleur (fig. 2).

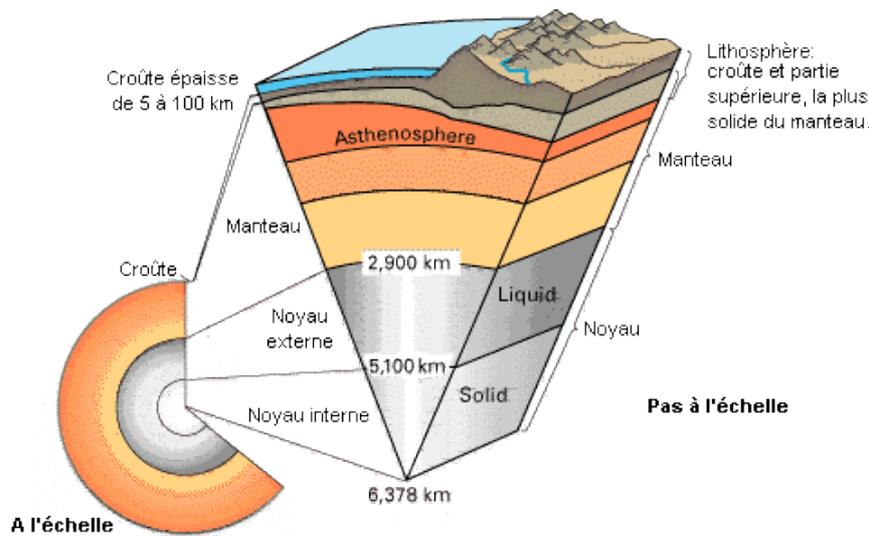


Figure 1: Vue en coupe de la Terre.

Source : jcboulay.free.fr

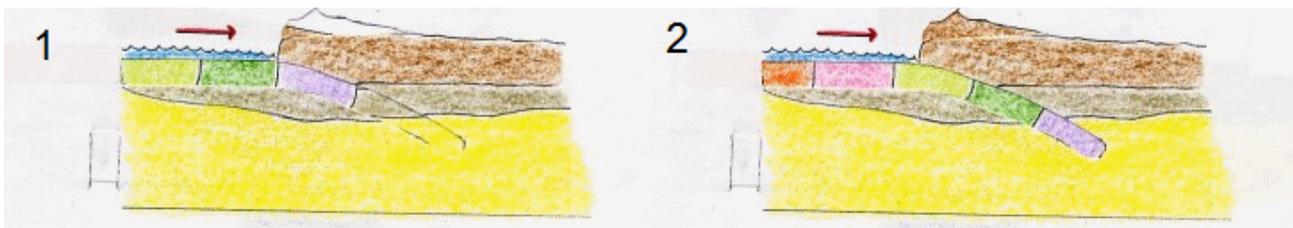


Figure 2: Copies d'écran d'une maquette animée en 2D illustrant la subduction. Les couleurs de la plaque plongeante représentent les âges, c'est une bande de papier qui est poussée.

Source : <http://ww3.ac-poitiers.fr/svt/ACTIVITE/picard/maq-tecto/fin.htm>

Il semble alors évident que dans certains cas l'utilisation d'un modèle statique sera préférable à celle d'un modèle dynamique, les deux n'expliquant et ne montrant pas les mêmes phénomènes.

On a pu voir que les modèles peuvent être utilisés aussi bien début, qu'en fin, qu'au milieu d'un cours. On peut également utiliser un modèle dans n'importe quel type de cours puisqu'il est partie intégrante des sciences. Cependant dans le cadre d'un cours comme le préconise le B.O., on peut se demander comment on peut construire un savoir avec un modèle au sein d'une démarche d'investigation.

B. LE MODÈLE POUR CONSTRUIRE LE SAVOIR

1. MODÈLES ET SITUATION-PROBLÈME

La biologie est une science proche de la vie quotidienne, j'entends par-là que c'est un domaine d'étude que l'on peut rencontrer tous les jours, au même titre que la physique. En effet à n'importe quel moment de sa vie, un élève va pouvoir faire appel à des concepts de biologie : au moment de la puberté il peut lui-même observer les changements qui occurred sur son propre corps, lorsqu'il fait un effort physique il se rend lui-même compte de l'augmentation de son rythme cardiaque et respiratoire, si il plante une graine il va pouvoir observer sa germination après quelques temps ; le tout sans forcément avoir de connaissances sur le sujet au préalable. Si l'élève est relativement curieux, il va peut-être même se poser des questions de son propre chef sur les phénomènes de la vie qu'il peut observer. C'est pourquoi l'enseignement des sciences de la vie et de la terre a tendance à rester relativement proche de la vie quotidienne.

On part souvent de cas de la vie courante pour expliquer tel ou tel phénomène. On part souvent d'exemples d'événements que les élèves connaissent : des maladies ou des phénomènes (diabète, rhume, tremblement de terre,...) qu'ils peuvent observer. Puis on développe ces observations en classe en essayant de les comprendre. Par ailleurs il arrive que la démarche scientifique pour certains enseignants ne se résume qu'à l'observation d'un de ces phénomènes, en faisant le point d'appui de tout le savoir, comme s'il avait toujours existé sans que personne ne l'ait construit avant (Pautal & al., 2013 d'après Coquidé & al., 2009). Ces savoirs sont alors dogmatiques, ils sont vrais et personnes ne peut les contredire, il faut juste les apprendre (Pautal & al., 2013 d'après Lhoste, 2008).

Mais du fait que ce sont des cas « communs » issus de la vie de tous les jours, les élèves ont déjà réfléchis au moins une fois à comment se réalisait la guérison (si on reste dans le cas des maladies), pour la majorité d'entre eux ce n'est alors qu'un simple retour à l'équilibre opéré par le corps (Rumelhard, 1994), ils ne font alors appel à aucun concept.

Si on veut amener une vraie réflexion il faut alors sortir de cette vie banale, du quotidien. Il faut proposer aux élèves des situations un peu plus paradoxales qui vont les pousser à se poser les

bonnes questions et à réfléchir aux moyens d'y répondre. Pour le cas de la régulation de la glycémie, le soulèvement de la situation-problème pourrait être d'utiliser du vivant sur lequel on ferait monter ou chuter la glycémie sans aucune régulation (pas d'insuline ni de glucagon) puis on observerait. Les élèves verraient alors la nécessité d'une régulation précise de cet homéostat.

Cependant, comme le note justement Rumelhard, ces situations paradoxales, qui sortent de l'ordinaire sont « *de plus en plus difficilement réalisable[s] pour des raisons différentes qui bien souvent se cumulent :*

- *coût de plus en plus élevé de certaines techniques expérimentales au niveau de l'appareillage et des produits chimiques à renouveler,*
- *durée très longue de certaines expériences (plusieurs heures à plusieurs jours) interdisant leur suivi total en une séance de deux ou trois heures, mais également l'impossibilité de reprendre l'observation la semaine suivante,*
- *difficile adaptation aux saisons plus propices à telle ou telle observation,*
- *mais aussi, interdits anti-vivisectionnistes qui s'étendent de plus en plus, sur une base très affective qui ne permet pas de tracer des limites bien précises à propos des catégories animales autorisées et à propos des conditions expérimentales acceptées ou refusées [nb : on a eu l'exemple de cela avec la dernière polémique sur la dissection de la souris en collège/lycée],*
- *crains réelles ou fantasmées concernant les risques d'infection, de contagion ou de contamination diverses. »*

Voilà pourquoi il devient de plus en plus difficile d'enseigner la biologie (du grec *bios* « la vie » ; et *logos*, « le discours ») en ayant la démarche d'un véritable scientifique c'est à dire en observant le vivant.

L'enseignant en SVT peut alors court-circuiter ces difficultés et interdits en utilisant des modèles qui ont été bâtis et mis à l'épreuve par d'autres scientifiques qui n'ont pas ces difficultés. Puisque le modèle est un reflet du réel comme nous l'avons défini en A.1., et que son rôle et

d'articuler l'empirique (l'observation) avec le théorique (les idées) ; alors présenter un modèle numérique dynamique d'une souris sur laquelle on pourrait virtuellement couper tous les systèmes de régulation de la glycémie pourrait faire office d'observation afin de soulever une situation-problème mais aussi de permettre l'appropriation du problème par les élèves qui sont les deux premières étapes de la démarche d'investigation.

2. DE LA BONNE UTILISATION DES MODÈLES

De ce fait, utiliser un modèle qui a déjà été mis à l'épreuve plusieurs fois par la science peut être une bonne alternative pour impliquer les élèves dans le processus de construction du savoir. Cependant, le tout n'est pas, pour l'enseignant, de trouver le bon modèle à enseigner mais plutôt comment utiliser correctement les modèles que l'on a déjà afin que les modèles restent « *hypothétiques* », « *modifiables* » et « *pertinents pour certains problèmes dans certains contextes* » (Martinand, 1996).

C'est surtout sur la question de la pertinence qu'il faut faire attention, car un modèle utilisé de manière non pertinente pourra faire émerger de nouveaux obstacles chez les élèves. Que ce soit dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre ou dans d'autres matières.

Par exemple l'utilisation du modèle de la dérivation qui permet d'expliquer la circulation sanguine par analogie avec un système électrique peut et va engendrer des obstacles en physique-chimie ou en SVT.

Partons du principe que la circulation soit d'abord traitée en SVT, un peu plus tard dans le trimestre les élèves étudieront l'électricité en physique-chimie. Si on a préalablement dit aux élèves que le sang circulait en dérivation, lorsque l'enseignant en physique-chimie va leur dire que l'électricité peut aussi circuler en dérivation, il y a de fortes chances que les élèves pensent alors que les électrons se comportent comme le sang, donc que les électrons sont un fluide et que l'électricité est liquide.

On a ainsi fait émerger un obstacle en physique-chimie⁵. Le fait est que, si personne n'a jugé utile de préciser par avance les limites du modèle par analogie dans l'une ou l'autre des matières,

⁵ A noter que si le chapitre sur l'électricité est réalisé avant celui sur la circulation, c'est en sciences de la vie et de la Terre que l'obstacle apparaît et ce pour le même modèle.

que personne ne dit aux élèves que le sang est un fluide tandis que les électrons sont des charges élémentaires de l'atome, ils croiront que électrons et sang se comportent de la même manière et sont donc similaires et confondables.

C'est là qu'il semble judicieux de citer De Vecchi & Carmona-Magnaldi : « L'intérêt d'un modèle ne se mesure pas dans sa vérité mais dans son utilité » (2008). C'est à dire que même si un modèle est vrai d'un point de vue théorique et scientifique, s'il n'apporte rien au cours, s'il le complique trop, ou s'il apporte trop de nouveaux obstacles, mieux vaut en prendre un autre qui ne sera pas forcément très juste du point de vue des connaissances mais sur lequel il sera plus facile de bâtir un nouveau savoir.

Les modèles et maquettes utilisés peuvent renforcer les obstacles dans l'apprentissage si on ne discute pas des limites du modèle avec les élèves (Coquidé, 2008), il faut donc les utiliser avec attention et précaution. Tout en gardant bien en vue de toujours discuter au préalable des limites du modèle avec les élèves.

Comme nous l'avons traité au B.1., on peut notamment se servir des modèles pour lancer un cours, comme une simulation d'observation. Donc ici la fonction du modèle n'est plus scientifique comme l'enchaînement de modèles par Watson et Crick l'était (Watson, 1968) mais elle est plutôt pédagogique puisqu'elle permet aux élèves de voir ou de manipuler (Coquidé, 2008) des choses qu'ils ne pourraient pas voir ou manipuler normalement, pour les raisons citées plus haut par Rumelhard.

Donc si l'on veut utiliser un modèle de manière correcte lors d'un cours, il faut absolument le rattacher à un problème biologique (Coquidé, 2008) et ce dans le but que les élèves arrivent à se projeter dans les trois dimensions de l'activité : le comment, le pourquoi et le pour quoi (Astolfi, 2008⁶)

Il faut également ajouter que souvent l'enseignant va lui même introduire des obstacles et des problèmes problématiques pour les élèves et ce « à cause » de son œil expert. Souvent les

6 D'après Leontiev, 1975

enseignants qui utilisent des modèles en cours, ne se rendent pas compte que les apprenants ne les « lisent » ou ne les « décrivent » pas comme eux car ils ont une vision différente de la réalité (Martinand, 1996). Le modèle articule le théorique et la réalité. Alors si la vision de l'enseignant et des apprenants de la réalité est différente, la lecture de cette articulation sera différente et la théorie le sera alors aussi. C'est pourquoi il faut veiller dans un sens à adapter le modèle aux élèves mais aussi à bien vérifier qu'en regardant ce modèle, les élèves vont voir ce qu'il faut voir, la réalité telle que l'enseignant qui utilise le modèle la voit. Ce rapport à la réalité est capital car la construction des modèles se base sur deux registres (Martinand, 1996) :

- un registre « référent empirique » : ce sont les objets, les phénomènes et leur connaissance que l'on introduit aux élèves ;
- un registre des modèles construits sur ces référents : quand on ne trouve pas de solution sur le premier niveau.

La réalité intervient sur le premier registre, celui des référents empiriques. Par exemple de l'eau qui coule dans un fleuve. On peut modéliser le parcours de l'eau, en modélisant une pente et un lit pour le fleuve. Mais si pour les élèves une pente n'est pas suffisante pour faire couler de l'eau, si la gravité n'est pas le moteur de la « chute » de l'eau, alors le modèle construit sur ce premier registre ne sera pas bien compris. Etant donné qu'il existe aussi un second registre des modèles construits sur ces référents, si les modèles issus des référents sont déjà mal compris du fait d'une réalité déformée pour les élèves, alors les modèles issus du second registre seront encore plus mal compris.

Sur ces deux registres peut aussi s'ajouter un troisième registre, celui que C. Orange appelle « référent explicatif » (Martinand, 1996), c'est tout ce qui est caché dans le modèle : ses limites, ce qu'il représente de manière plus subtile. En sciences de la vie et de la Terre on parle peu de ce registre puisque les domaines de validité sont généralement non-définis avec les élèves et que les modèles sont peu discutés.

La non discussion de ces modèles est quelque chose de regrettable puisque le modèle a pour fonction première celle d'un outil pour penser (Sanchez, 2012), il faut donc réussir à donner aux apprenants les modèles comme des objets de construction intellectuelle et non pas comme des objets de savoir qu'il faut bêtement apprendre par cœur.

Le modèle aide donc à la construction des savoirs par les élèves, à condition d'avoir été bien utilisé et d'être pertinent dans son utilisation. Cependant, il semble aussi pouvoir créer un certain nombre d'obstacles pour les élèves qui ne se l'approprient pas forcément de la manière dont l'enseignant l'aimerait.

La question est alors, peut-on trouver une alternative à cela ? Comment utiliser le modèle, qui semble assez indispensable dans l'enseignement de la biologie et de la géologie, de façon efficace. En évitant le plus possible de faire émerger des obstacles. Le tout bien entendu dans une démarche constructiviste où l'élève reste acteur de la construction du savoir qu'il va faire sien et non pas dans une démarche où il serait pris par la main afin de découvrir les connaissances dont il doit s'imprégner (démarche transmissive).

C. REPLACER LES MODÈLES POUR LES UTILISER DIFFÉREMMENT

1. TRAITEMENT DES MODÈLES EN DÉBUT DE SÉANCE

Il ne s'agit donc pas de traiter les modèles comme on le ferait avec les connaissances, avec cette tendance que l'on a à tout classer et à accumuler dans notre cerveau. Il faut introduire le modèle auprès des élèves d'une autre façon, les orienter vers l'utilisation de cet objet comme une clé permettant d'ouvrir -partiellement ou totalement- la porte des savoirs. Les modèles sont là, dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre, pour amorcer ou faire apparaître un travail d'explication d'un phénomène afin de le rendre intelligible (Rumelhard, 1994).

De ce fait, si on place le modèle au cœur de la démarche d'investigation, un vrai travail de recherche et d'explication peut être fait par les élèves. Le modèle constitue alors une réponse provisoire et partielle à un problème scientifique posé préalablement, avec une nécessité d'aller confronter cette réponse aux réalités du terrain ou à des résultats expérimentaux (Sanchez, 2012).

Il ne s'agit donc plus ici de prendre le modèle comme une connaissance à apprendre, mais comme un objet autour duquel toute la réflexion des élèves va s'organiser. Plutôt que de le positionner au milieu du cours afin de répondre à un problème, on le positionnera plutôt au début,

comme outil de réflexion et d'appropriation du problème selon le schéma suivant (fig. 3).

A noter qu'il faut bien entendu que le modèle soit défini lorsqu'on le présente aux élèves, que ses limites soient établies et que l'on soit bien sûr que ce que voient les élèves ait le même sens que ce que l'enseignant voit. Il n'y a que de cette manière que le modèle sera le plus efficace possible.

Une fois le modèle présenté, on peut le tester, l'éprouver, le traiter,... en classe. Le modèle est alors le point de départ du cours, du TP, de l'activité et avec l'ensemble de la classe on va ainsi réussir à articuler le cours autour de ce centre par le biais de plusieurs activités.

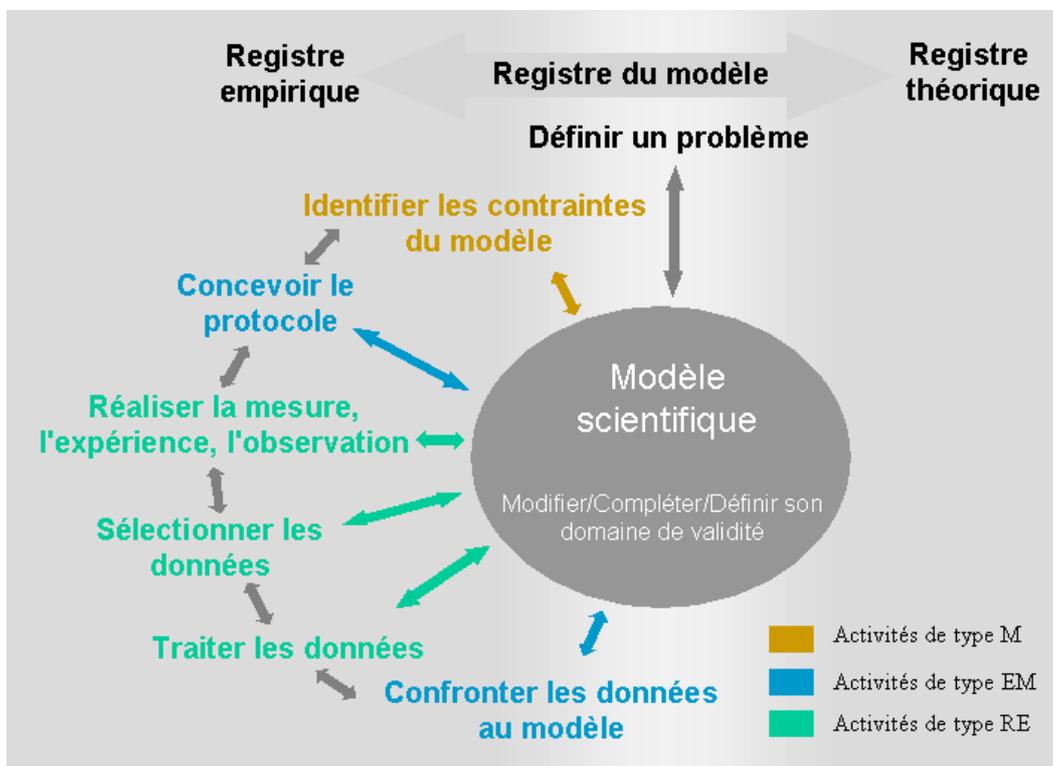


Figure 3: Placer le modèle au coeur de la démarche d'investigation. Activités de type M : permettent de s'approprier le modèle ; Activités de type EM : permettent d'éprouver un modèle ; Activités de type RE : activités en relation avec la maîtrise du registre empirique. (Sanchez, 2012)

C'est typiquement le genre de démarche qu'ont les scientifiques lorsqu'ils ont une idée, une théorie, une hypothèse : ils bâtissent un modèle puis le testent face aux conditions réelles ou expérimentales. Si le modèle tient le coup c'est qu'il est valable, sinon c'est qu'il faut en bâtir un autre sur la base des observations qui viennent d'être faites.

La différence ici étant simplement le fait que l'on parte d'un modèle qui existe déjà et qui a déjà fait ses preuves. Ce que les élèves font c'est la démarche inverse à celle qui a été de bâtir le modèle : ils le détruisent, le démontent pierre par pierre pour en retirer son essence : la théorie de base.

En utilisant ce processus, les élèves vont tourner le modèle dans tous les sens afin d'en découvrir les tenants et aboutissants. Le but ici étant de leur permettre de comprendre le raisonnement qui a permis d'arriver à ce modèle.

C'est une toute autre manière de faire qui lorsque l'on est dans la recherche de réponse à une hypothèse. Ici on part directement de la réponse pour avoir toutes les notions qui permettent d'arriver à cette dernière. Lorsque l'on cherche une réponse dans une optique de recherche, on va utiliser une démarche expérimentale avec les représentations initiales des élèves.

2. LA MODÉLISATION COMME ÉVALUATION DIAGNOSTIQUE

Quand on reprend la définition d'un modèle, il est toujours question d'un objet qui permet de représenter quelque chose (Legay, 1997). Plus exactement, un modèle est un modèle car il permet à son utilisateur de répondre à des questions sur l'objet étudiée, objet représenté par le modèle utilisé (Minsky, d'après Habrias, 1988⁷). Modéliser un concept revient donc à donner la représentation que l'on a de ce concept sous la forme « *d'un objet concret (maquette, modèle réduit), d'un schéma simplificateur (sous forme d'image concrète, ou de mise en rapport d'éléments divers, sans figuration) ou une métaphore, une analogie (avec ou sans figuration concrète)* » (Drouin, 1988).

Donc si on demande aux élèves en début de cours de répondre, par un modèle, à une problématique, on peut de ce fait obtenir les représentations des élèves, représentations sur lesquelles on va ensuite travailler pour avoir une démarche constructiviste.

Si on s'en réfère à la figure 4, pour obtenir les représentations des élèves les productions demandées sont alors des modèles. Le dispositif d'évaluation est donc ici la modélisation de la réponse de la situation problème par les élèves. L'enseignant peut ensuite confronter les modèles des élèves au modèle reconnu actuellement par la majorité scientifique.

Par exemple en 1°S on peut, au début du cours demander aux élèves de modéliser le

7 « Pour un observateur O , un objet M est un modèle d'un objet A dans la mesure où O peut utiliser M pour répondre à des questions qui l'intéressent au sujet de A » (Minsky, d'après Habrias, 1988)

mouvement des plaques lithosphériques à la surface du globe. L'idéal pourrait être de faire construire une maquette aux élèves, en cours ou en dehors du cours, permettant de répondre à la question « comment les plaques se déplacent-elles à la surface du globe ? ». Sachant que cela a déjà été traité en partie en classe de 4ème, les modèles devraient être assez proches de ce qui est accepté par la communauté scientifique. Dans le cas d'un écart, c'est à l'enseignant de réfléchir dessus, afin de comprendre ce qui a amené à cet écart car il y a de fortes chances que cet écart provienne d'un obstacle de l'élève.

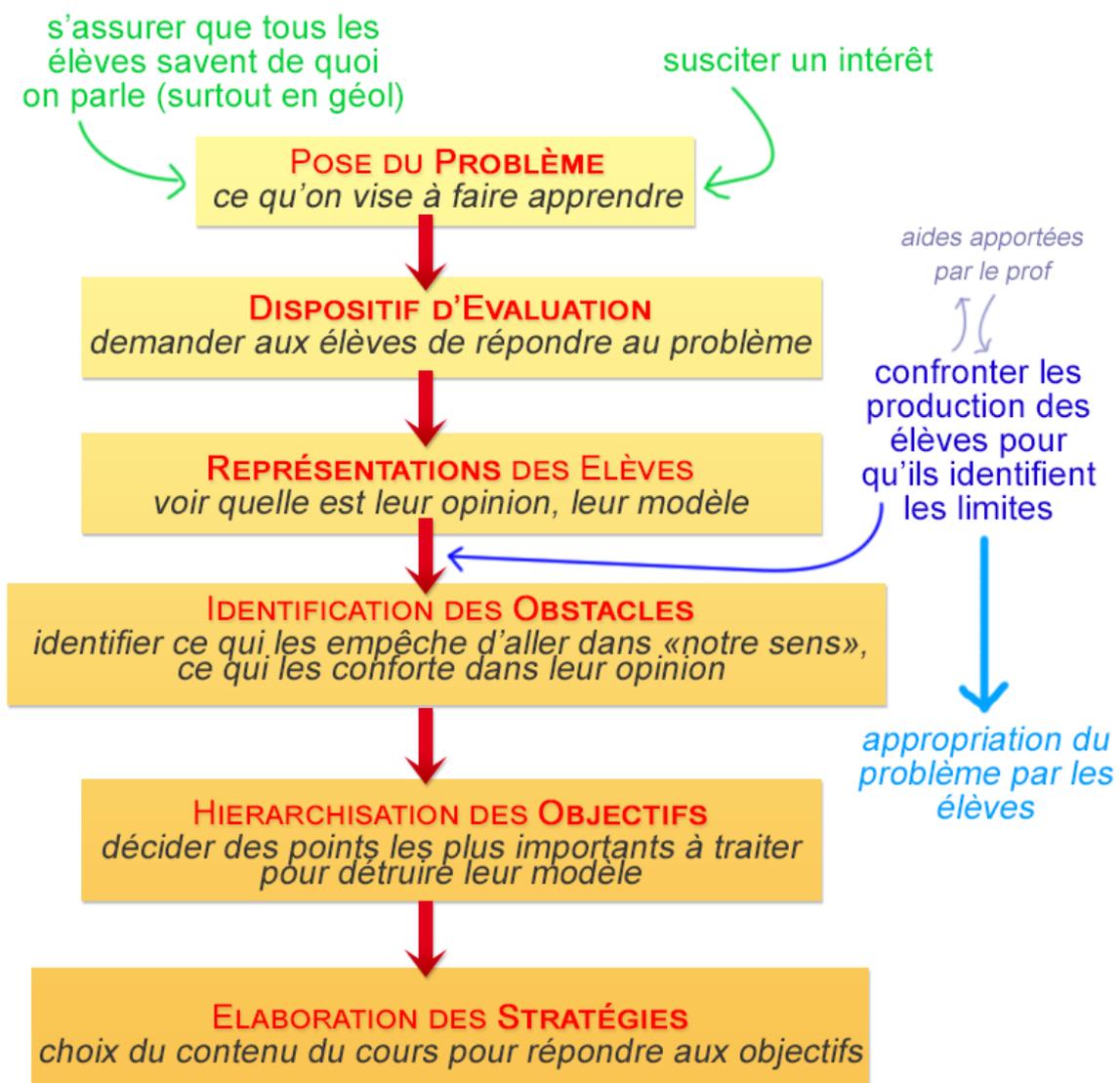


Figure 4: Déroulement de la démarche constructiviste, identification des objectifs-obstacles des élèves. Schéma d'après le cours de Y. Lhoste (2015).

La modélisation est un travail de réflexion, mais si on allie ce travail de réflexion à un travail un peu plus ludique comme la construction d'une maquette ou même d'un modèle informatique, il se peut que l'élève soit plus motivé et intéressé par la résolution du problème. Si on ne met aucune condition à la réalisation de ce modèle si ce n'est qu'il réponde à la question initialement posée, alors on laisse libre cours à l'imagination des élèves.

Ce type de travail, associé à d'autres utilisations des modèles pour varier d'un chapitre à l'autre, permet de faire le lien de la primaire au collège en 6ème de manière douce puisque l'on continue d'avoir un peu de travail manuel, travail assez présent en primaire. Mais il permet aussi, au delà de la 6ème de peut-être impliquer un peu plus des élèves qui ne sont pas attirés de prime abord par un travail de réflexion pure. Réflexion pure qui est à la base de la méthode d'enseignement actuelle : on observe des documents, on les exploite, on les traite, on réfléchit dessus et on conclut.

C'est le schéma classique de la construction des cours au collège, et il est possible que cette construction amène des élèves peu intéressés par le travail intellectuel à lâcher et à décrocher.

Si on y pense bien, en demandant aux élèves de « fabriquer » eux-même un modèle, d'après leurs idées, en utilisant les matériaux et techniques de leur choix, il y a de forte chance que cela stimule leur motivation intrinsèque telle qu'elle est définie par Deci et Ryan en 1985.

Au delà de faire le travail pour faire le travail, ils le font aussi pour réaliser un projet qui leur est propre. En stimulant la motivation intrinsèque des élèves, on augmente leur implication puisqu'ils ont du plaisir en réalisant la tâche (Fenouillet, 1999). On instaure, en posant ce genre de tâche, un climat de maîtrise comme définit par Sarrazin, Tessier et Trouilloud (2006), ce climat de maîtrise va permettre une meilleure implication des élèves dans la tâche (Sarrazin & al., 2006) ce qui va engendrer une bonne construction du savoir par les élèves.

En conclusion, les modèles scientifiques tels qu'on les a défini au début de cet article ne jouent pas le même rôle dans les sciences que l'on appellera expérimentales et dans l'enseignement de ces sciences. C'est une erreur qui est actuellement commise par les enseignants de penser qu'un

modèle scientifique peut être et doit être utilisé tel quel en sciences de la vie et de la Terre au collège et au lycée. Cette erreur mène à une mauvaise exploitation et utilisation des modèles, menant elles-mêmes à une mauvaise construction des savoirs, voire même à la construction d'obstacle par le professeur pour les apprenants.

Cependant, comme nous l'avons développé ensuite, il semble que si ces modèles sont replacés dans le cours à d'autres endroits et qu'on en précise bien le domaine de validité, ils peuvent jouer un rôle de moteur pour l'apprentissage et l'accès au savoir.

De ce fait, il pourrait être intéressant de se demander si on peut replacer l'utilisation des modèles en début de séance. On pourrait ainsi voir à vérifier si les observations et les suppositions faites quant à l'utilisation des modèles construits par les élèves comme représentation initiale lors de l'évaluation diagnostique de début de chapitre serait une bonne utilisation des modèles en SVT. On n'utiliserait de ce fait plus les modèles scientifiques déjà testés et approuvés par l'ensemble de la communauté mais les modèles des élèves sur lesquels on pourrait travailler afin de les améliorer de manière réfléchie le tout dans une démarche scientifique.

Au final, la réflexion faite durant l'ensemble de cette première partie nous pousse à nous pencher non plus sur la question du « est-ce que les modèles aident à la construction des savoirs ? » mais plutôt sur « est-ce que les modèles peuvent être utilisés comme représentation initiale, construits et déconstruits au cours d'une séquence ? ». Pour être plus précise, la question n'est donc plus de savoir si le modèle qu'il soit utilisé à n'importe quel moment apporte quelque chose au cours ; mais elle est de savoir si il est possible, avec des élèves du secondaire de re-avoir cet esprit de réflexion et de construction qu'ont les scientifiques lorsqu'ils expérimentent, du constat que l'on a à la première observation jusqu'au résultat final qui sera « le savoir » à proprement parler.

C'est-à-dire que l'on partirait d'un modèle simple, issu de la représentation seule des élèves, ce modèle serait l'hypothèse de base. Puis cette hypothèse serait mise à l'épreuve et une nouvelle hypothèse pourrait apparaître avec les observations faites. Ces observations viendraient compléter le modèle et ainsi de suite à la manière de Watson et Crick pour le modèle de la structure de l'ADN en

double hélice (Watson, 1968).

Avec cette enchaînement de modèles successifs liés les uns avec les autres, on se retrouve alors exactement dans ce qu'il se passe en sciences expérimentales. Sauf que là, l'enseignant connaît déjà le modèle final, le savoir qu'il doit enseigner, son rôle est alors simplement de guider les élèves vers ce modèle en leur permettant d'améliorer le leur. Voyons comment nous pouvons mettre cela en place avec des élèves.

II. ETUDE DU/DES PROTOCOLES UTILISÉS

A. RÉFLEXION SUR LE PROTOCOLE THÉORIQUE

1. L'APPRENTISSAGE PAR ENCHAÎNEMENT DE MODÈLES : LE CONSTRUCTIVISME

Dans le but de vérifier les hypothèses préalablement énoncées, il a fallu au cours du stage de M2 mettre en place un protocole afin de récolter des données à exploiter. Avant même de commencer le stage, un travail de réflexion a été fait sur comment mettre en place une séance ou une séquence permettant de répondre à la question.

Cette réflexion a poussé à la création d'un protocole dit « idéal » qui permettrait tout au long d'une séquence d'éprouver la théorie selon laquelle en faisant bâtir aux élèves un modèle issu de leurs représentations initiales et de le mettre à l'épreuve afin que petit à petit le modèle se complète jusqu'à ce qu'il soit ressemblant au modèle actuel, les élèves construisent mieux le savoir.

Comme dit précédemment, ce protocole viserait à enchaîner plusieurs modèles en les détruisant les uns après les autres via des mises à l'épreuve jusqu'à obtenir le modèle final qui est celui que l'on veut enseigner (figure 5).

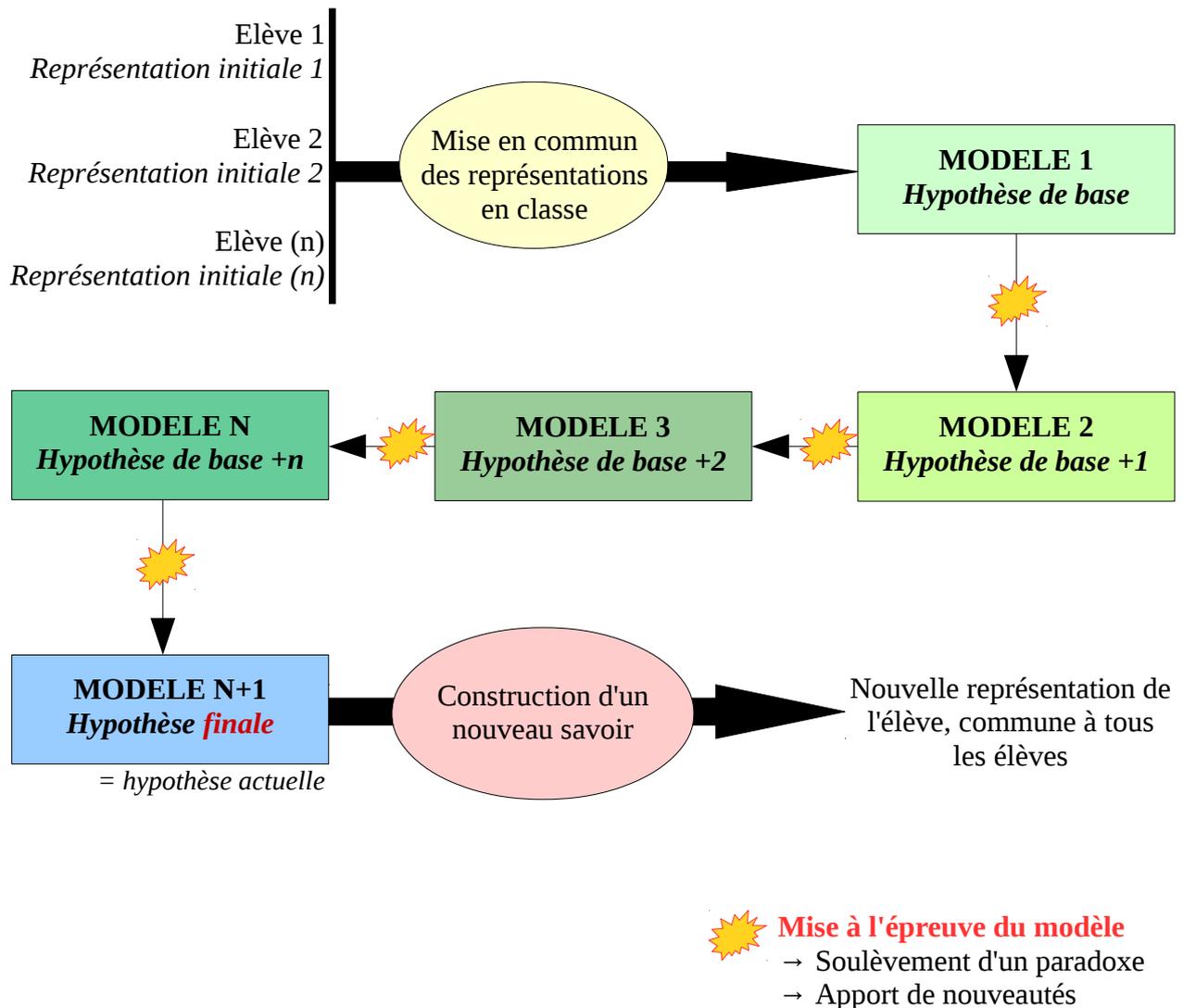


Figure 5: Schéma du protocole mise en place dans l'idéal

Il s'avère qu'entre chaque modèle et à chaque mise à l'épreuve, on construit puis déconstruit un savoir. C'est typiquement ce que Piaget recommande de faire lorsqu'il développe sa théorie sur le constructivisme en 1923.

Si on part du principe qu'apprendre signifie « changer pour s'adapter aux modifications de son environnement » et ce pour la grande majorité des animaux (Musial, Pradère & Tricot, 2012), alors on comprend tout de suite que le schéma selon lequel l'apprentissage est le résultat de ce que

Piaget appelle l'accommodation⁸ et l'assimilation⁹, ne peut pas s'appliquer directement au champ des sciences de l'éducation.

L'apprentissage tel que nous l'avons défini relève alors plus de l'apprentissage implicite, c'est-à-dire un apprentissage qui ne nécessite aucun coût, aucune motivation, aucun effort conscient et qui n'est là que pour permettre à l'individu de s'adapter à son environnement (par exemple : l'apprentissage de la parole et des sons chez le bébé) (Musial, Pradère & Tricot, 2012). Cependant, un second type d'apprentissage existe, celui-ci se réfère moins à ce que l'individu est capable de faire seul qu'à ce que la société peut lui inculquer.

C'est ce qu'on appelle l'apprentissage par instruction (Musial, Pradère & Tricot, 2012). Ce dernier a un coût puisqu'il est explicite. Cet apprentissage par instruction vient combler ce que l'apprentissage implicite ne peut pas faire mais qui pourra être plus tard une contrainte de l'environnement. Dans ce cas, on parle de l'environnement social, c'est-à-dire les conditions de vie et de travail de l'individu mais également ses revenus, son éducation et les groupes auxquels il appartient. De ce fait lorsque l'on apprend le métier d'électricien par le biais d'une situation d'apprentissage (donc un apprentissage par instruction), on apprend dans le but de s'adapter à un environnement changeant : en grandissant l'environnement social change, on doit gagner de l'argent pour vivre et donc un travail.

Mais où cela nous mène-t-il ? En réalité, la scolarité n'est qu'une forme d'éducation. L'éducation quant à elle dépend énormément de l'apprentissage. Et l'apprentissage lui, est régi par les stades piagétiens où accommodation et assimilation jouent un rôle prépondérant.

Par exemple, lorsqu'un bébé apprend à attraper un ballon, il va d'abord tenter de l'attraper à une main puisqu'il sait que pour attraper sa peluche il n'a besoin que d'une seule main. Il y a alors de fortes chances qu'en essayant d'attraper ce ballon à une main l'enfant échoue puisque la taille de ses mains ne lui permettent pas d'attraper correctement l'objet. Cette première phase correspond à l'assimilation : l'enfant ne voit qu'un objet à attraper, or il a l'habitude d'attraper les objets à une main. Il répète alors le schéma qu'il connaît. Suite à cet échec, et s'il veut encore attraper le ballon,

8 Ce que Piaget appelle « accommodation » correspond aux modifications faites sur le processus d'assimilation, et ce sous l'influence du milieu dans lequel elles s'appliquent (Piaget, 1967).

9 L'assimilation, selon Piaget, correspond à l'interprétation que l'on fait d'un objet selon des structures déjà connues (Piaget, 1977).

l'enfant va retenir l'expérience mais cette fois il essaiera avec sa deuxième main. C'est la phase d'accommodation : l'enfant comprend que pour attraper un objet plus gros que d'habitude il va devoir utiliser une autre technique, ici l'utilisation d'une seconde main.

Comme nous l'avons dit, la scolarité et les savoirs que l'on y forge font partie de l'apprentissage de l'individu. Tout comme ce bébé apprend à attraper un ballon trop gros pour une seule de ses mains, nous apprenons comment les espèces évoluent. Il semble alors intéressant d'appliquer accommodation et assimilation au protocole théorique, afin de s'assurer qu'il permet bien à l'élève d'apprendre au sens large.

Si l'on se réfère à la figure 6, on peut alors admettre que par le biais de ce protocole, avec répétition de l'enchaînement entre le modèle fonctionnel puis son dysfonctionnement, on obtient une situation d'apprentissage en boucle. Ce jusqu'à ce que l'on permette à l'élève, par le biais d'un cheminement logique et scientifiquement correct d'atteindre le savoir visé.

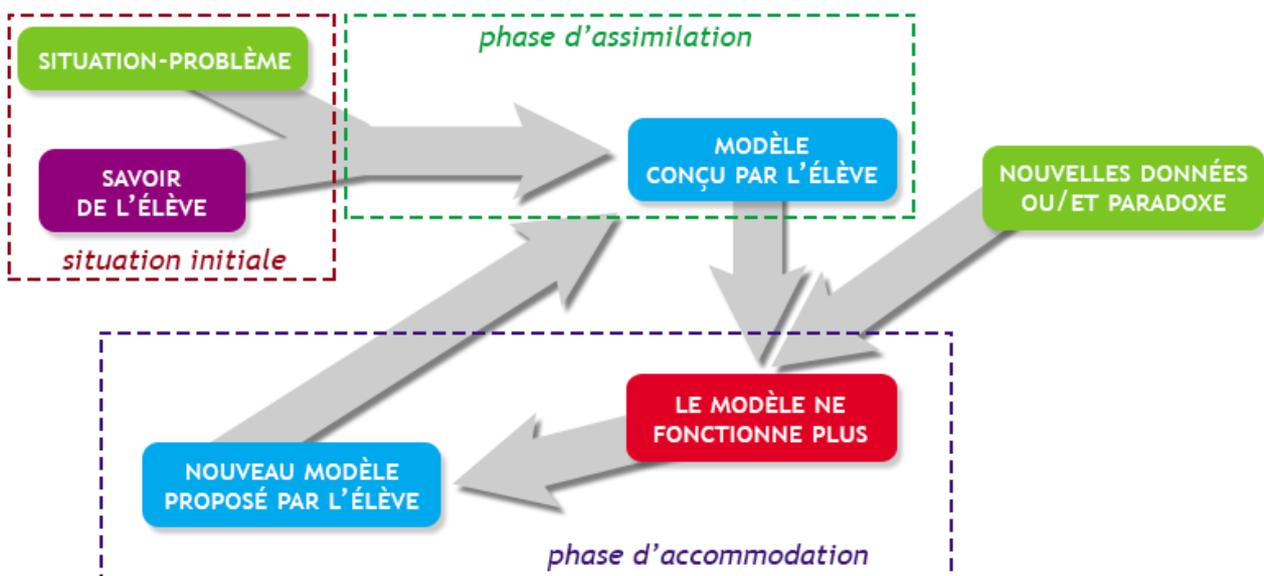


Figure 6: les phases d'assimilation et d'accommodation de Piaget adaptées au protocole théorique

On notera tout de même que l'élève reste en activité tout du long de la séance puisqu'à chaque remise en question de son modèle, il y a une phase d'activité qui lui permet de modifier l'ancien modèle pour en obtenir un nouveau. Ainsi on a un processus constructif où le sujet (ici l'élève) va être acteur de son savoir. C'est-à-dire qu'il reste en activité tout du long jusqu'à

construire de lui-même, par son propre cheminement et sa propre réflexion (bien que ces éléments soient guidés par l'enseignant), une nouvelle représentation qu'il se fait de la réalité et du monde qui l'entoure (Piaget, 1936-1937). Dans le fond n'est-ce pas là le but recherché de l'enseignement ? Et particulièrement dans celui des SVT qui est un domaine proche du vivant et donc du monde puisqu'il l'étudie.

La question se pose alors du rôle de l'enseignant. En effet, si l'élève par ses propres moyens, en se posant les bonnes questions et au regard de ce qui est déjà su, peut arriver au savoir visé, alors quel rôle joue l'enseignant dans la construction de ce savoir ?

2. L'ENSEIGNANT EST UN ARCHITECTE

En vérité on peut estimer que l'enseignant ne joue qu'un rôle minime dans la construction, et c'est normal puisque l'élève est acteur du savoir. En effet, selon Piaget « *on ne connaît un objet qu'en agissant sur lui et en le transformant* » (Piaget, 1970), ici l'objet est le savoir. Mais bien que son rôle soit minime, il est aussi capital et c'est ce que nous allons essayer de démontrer dans l'exemple suivant, la situation initiale est tirée d'une étude de cas faite par Yann Lhoste en 2006.

Dans cet exemple, des élèves de 3ème doivent par un schéma et un texte expliquer comment un organe (i.e. un muscle) est approvisionné en énergie et en matière. On laisse alors les élèves travailler individuellement et chacun d'entre eux produit un schéma qui est selon lui, le *modèle* qui répond au problème posé. Puis les élèves sont mis par groupes et il y a une mise en commun avec un débat. Une affiche est produite par chaque groupe après le débat (fig. 7).

Si on applique notre idée du protocole à cette situation, et que l'on prend la figure 7 comme un schéma issu des différentes représentations initiales de tous les élèves de la classe, on peut alors dire que d'après la figure 5 ce schéma correspond au modèle n°1, c'est à dire à l'hypothèse de base. Ici ce serait : « *Les aliments sont broyés par les dents, après les aliments vont dans l'oesophage, ensuite ils arrivent dans l'estomac. Les aliments sont triés, les bons aliments sont envoyés vers le coeur qui lui même transmet par le sang tout ce que les muscles ont besoin (exemple : fer, calcium et oxygène). Les mauvais aliments sont envoyés vers l'intestin grêle, ensuite dans le gros intestin, et*

l'anūs » (*sic*) (Lhoste, 2006).

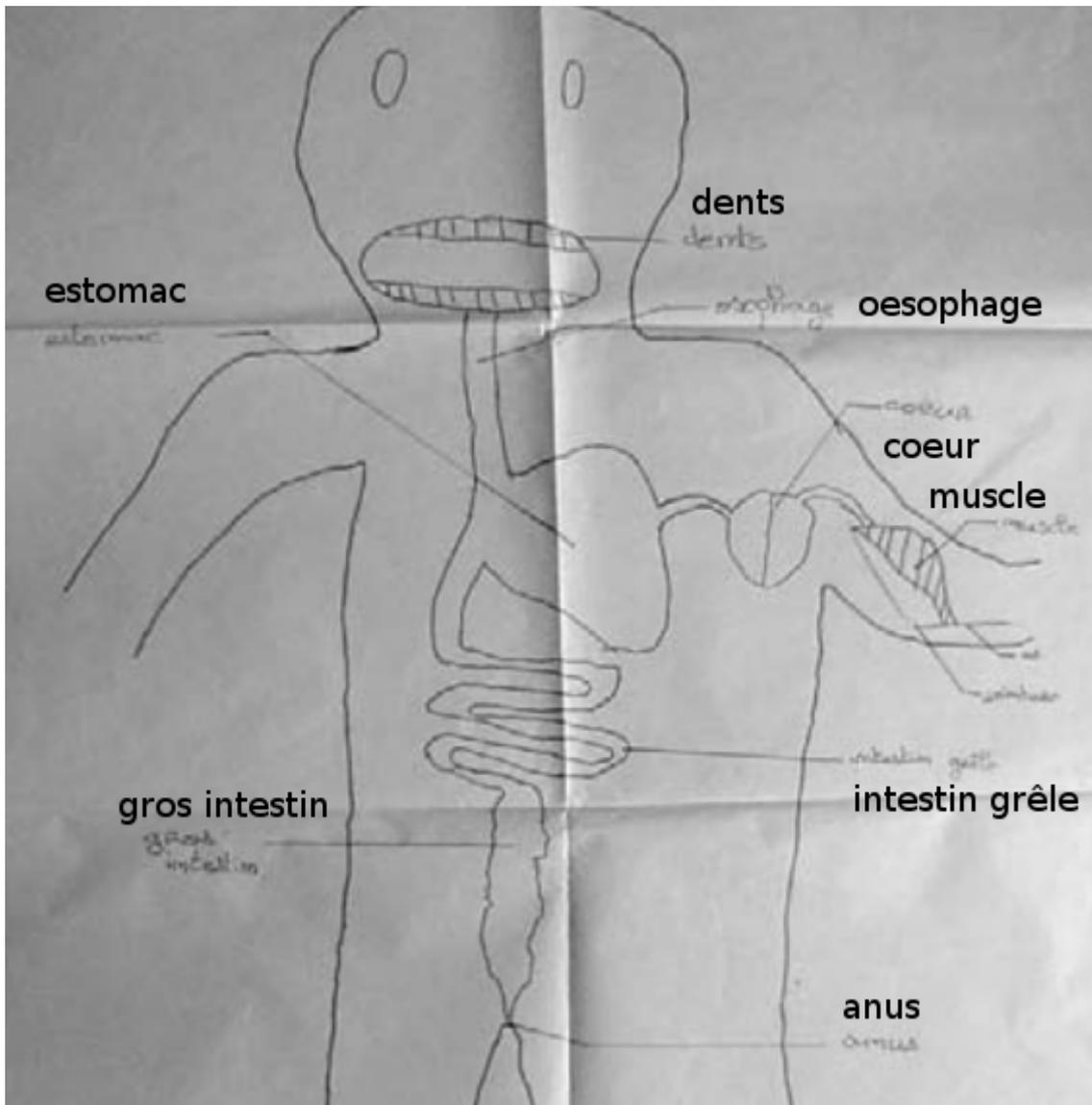


Figure 7: affiche obtenue par un groupe d'élève pour répondre au problème de l'apport en énergie aux organes en classe de 3ème (les légendes ont été rajoutées informatiquement pour des raisons de lisibilité). - Tiré de Y. Lhoste (2006)

C'est à ce moment-là que l'enseignant joue vraiment un rôle important. Bien entendu il a déjà permis l'arbitrage du débat lors de la mise en commun mais maintenant que la plupart des élèves se sont accordés sur le fait que ce modèle était le bon, il n'y a plus de débat. L'enseignant doit alors maintenant, à l'aide de ressources diverses déstabiliser ce modèle, c'est ce que nous avons appelé la mise à l'épreuve. La mise à l'épreuve vise alors à soulever un paradoxe et donc une nouvelle situation-problème qui mènera de nouveau à une phase d'assimilation et d'accommodation

(fig. 6). Les élèves, maintenant qu'ils ne peuvent plus se baser uniquement sur le savoir qu'ils avaient auparavant vont être obligé de se mettre en activité et de chercher un moyen de répondre au problème. Dans le cas de notre exemple on peut proposer aux élèves une dissection virtuelle où ils pourront observer que le coeur n'est pas directement relié à l'estomac.

Suite à cette dissection, il est alors demandé aux élèves un nouveau modèle qui vient corriger le leur. Ce nouveau modèle est le modèle n°2 sur la figure 5. L'enseignant continue de garder le même rôle, c'est-à-dire que c'est à lui de déstabiliser une nouvelle fois le modèle et de permettre aux élèves d'en former un nouveau plus précis.

On ne laisse pas à un élève ce rôle puisque c'est l'enseignant qui est considéré comme un expert dans le domaine, il est également le garant des programmes et ce rôle à la fois d'arbitrage des débats et de déstabilisateur des modèles ne peut être pleinement adossé que par lui.

En outre l'enseignant va permettre le débat à chaque nouvelle mise à l'épreuve du modèle, ce débat est primordial dans la construction du savoir puisqu'il va mener à un conflit socio-cognitif au sein de la classe. L'importance du débat scientifique dans la classe et des interactions langagières entre les élèves a été montré à plusieurs reprises par Schneeberger et Ponce (2003), Orange (2003), et Fillon et Peterflavi (2004) (Pautal & al., 2013).

Voilà pourquoi malgré le fait que la construction du savoir soit centrée sur l'élève, l'enseignant reste indispensable pour cette construction puisqu'il va l'aiguiller afin de l'amener vers ce que l'institution veut qu'il soit. On peut dès lors exprimer cette idée sous forme de métaphore : l'institution et les programmes seraient un client et son projet. L'enseignant va alors tracer, tel un architecte, des lignes ; il va faire des schémas et bâtir les plans qui mèneront à la construction du projet : c'est-à-dire du savoir. Les élèves quand à eux sont les ouvriers qui vont bâtir le savoir d'eux-même. Mais dans cette métaphore l'enseignant n'est pas qu'architecte, car oui il fait les plans en amont mais il vérifie aussi qu'ils soient respectés et qu'ils tiennent la route, en les adaptant en aval. De ce fait il joue également le rôle d'ingénieur.

PARTIE NON TERMINEE

B. PROTOCOLE RÉELLEMENT MIS EN PLACE EN STAGE

1. CONSTRUCTION DE LA SÉANCE

Suite à ces réflexions, il a fallu mettre en œuvre un protocole de recherche visant à étayer les hypothèses précédemment énoncées. Les conditions de stage (le lundi et le mardi uniquement), font qu'il n'a pas été simple de mettre en œuvre exactement ce qui a été prévu initialement, avec tout le cheminement et l'enchaînement des modèles qui était prévu.

De fait, le protocole n'a été mis en œuvre que sur une séance de TP (1h30) + 10min, sur une classe de seconde au lycée Montesquieu (Bordeaux), sous la tutelle de Mme Duvignac, enseignante en SVT. Le thème qui a été traité au cours de cette séance est le thème 1 (**MANQUE TEXTE REFERENCE**), plus exacteent sur la structure et la fonction de l'ADN. Il a été convenu avec la tutrice de quels points seraient ou ne seraient pas traités au cours de cette séance ainsi que des objectifs notionnels (annexe 1).

Le protocole s'est déroulé de la façon suivante : le 7 février je suis intervenue 10 min en fin de séance pour poser deux questions aux élèves concernant d'une part la structure et d'autre part la fonction de l'ADN. La classe de seconde étant dédoublée pour les TP, j'ai pu modifier légèrement les questions d'un groupe à l'autre mais les raisons seront exprimées un peu plus loin. Les questions posées au groupe 1 étaient les suivantes : QUESTION 1, QUESTION 2. Celles posées au groupe 2 : QUESTION 1, QUESTION 2.

Sur cette première partie, après avoir posé les questions, les élèves ont pu répondre de manière individuelle et anonyme sur une feuille blanche. Leur réponse était libre, c'est-à-dire qu'ils pouvaient répondre sous forme de schéma, de dessin ou de texte (exemple en annexe 2). Si ils ne savaient pas comment répondre, ils n'y étaient pas obligés mais ils ont été vivement encouragé à quand même formuler une réponse (même totalement fausse) afin d'avoir le plus de matière possible pour travailler la séance. Une fois toutes les copies récupérées j'ai compilé les réponses des élèves dans un tableau afin d'y voir plus clair dans les points qu'il fallait traiter en particulier (annexe 3).

Une fois l'analyse des résultats « initiaux » faites, la séance du 7 mars a pu être construite (annexe 4). Etant donné que les élèves avaient un peu l'air perdu concernant les notions de cellule/noyau/chromosomes, il m'a semblé nécessaire d'ajouter à la séance -hors protocole- des rappels sur ces notions qui me semblaient essentielles pour ce chapitre.

Cette séance devait parler de deux choses essentielles : tout d'abord la structure de l'ADN et sa fonction. J'avais initialement prévu de diviser la classe en quatre groupes de quatre élèves, deux groupes travaillant sur deux points de la structure et deux autres sur deux points de la fonction. Néanmoins il est rapidement apparu qu'il n'était pas possible -ou du moins pas très pédagogique- de faire travailler des élèves sur la fonction sans qu'il n'ait vu la structure. Le choix a donc été fait de garder cette organisation en quatre groupes de quatre, mais cette fois-ci deux groupes travaillent sur une hypothèse en rapport avec la structure et les deux derniers sur une autre hypothèse en rapport avec la structure aussi. De même pour la fonction une fois que la structure a été vue (fig. 8). Cela permet également, lors de la phase d'échange d'avoir plus d'avis.

FIGURE 8 ORGANISATION DE LA SEANCE

En partant des hypothèses formulées par les élèves, deux phases de travail répondant à quatre des cinq objectifs notionnels ont pu être mise en place (annexe 4). Le cinquième point, celui sur la composition des nucléotides, est traité en classe entière pour des raisons de temps.

Le premier travail vise à définir où est localisé l'ADN dans la cellule et comment la molécule d'ADN est représentée. Les documents distribués aux élèves pour cette phase (annexes 6A et 6B) leur permettent de trouver des arguments scientifiques en faveur ou en défaveur de leur hypothèse de base qui était, selon l'annexe 3, majoritairement que l'ADN a une forme de double hélice et qu'il a un rapport avec les chromosomes.

Le second permet de voir plus précisément la structure de la molécule d'ADN avec l'appariement des brins, et de définir un gène ainsi que le code génétique. Traiter les gènes semblait être important vu que le nombre d'élèves qui ont cité les gènes dans leurs représentations, bien souvent d'ailleurs pour indiquer que l'ADN se trouvait dans les gènes et non l'inverse. De nouveau, les documents distribués (annexes 6C et 6D) permettaient de trouver des arguments

scientifiques afin d'affirmer ou d'infirmes les hypothèses générales que les élèves avaient formulé le 7 février.

Entre ces deux phases j'ai placé une « interphase » sur la notion de nucléotides. Cela dans le but de faire entrer cette notion dans le savoir des élèves de manière à ce qu'ils puissent comprendre les documents 3 et 4 (annexes 6C et 6D). Cette partie du cours n'est pas vraiment à inclure dans le protocole puisqu'il n'y a pratiquement pas de recherche de la part des élèves, ni d'hypothèse formulée. Cependant elle aurait pu en faire partie intégrante, mais le manque de temps a poussé à réduire la part de ce morceau de cours dans l'ensemble de la séance.

2. CRITIQUE DE LA SÉANCE

Après l'avoir testée auprès des élèves, il semble que cette séance possédait beaucoup de défauts. En effet, dans un premier temps le sujet, ou du moins le « cahier des charges » de la séance, semble beaucoup trop large et compliqué pour le faire en une seule séance de 1h20. Dans l'absolu il aurait fallu disposer d'un peu plus de temps entre les 10min de représentations initiales et la séance de 1h20 pour pouvoir faire une mise en commun du modèle des élèves.

En outre, le choix qui a été fait de récupérer les représentations initiales des élèves de manière anonyme s'est révélé être un très mauvais choix puisque, sans ce temps de mise en commun, il aurait été tout à fait envisageable de faire les groupes d'élève en fonction de leur représentation initiale. Le travail de construction de la séance n'en aurait été que plus simple et cela aurait évité de devoir diviser la séance en deux parties avec d'un côté la structure et de l'autre la fonction puisque beaucoup d'élèves connaissaient déjà la structure. De ce fait il aurait été possible de laisser aux élèves des sources de recherche plus complètes puisqu'au lieu de ne travailler que par 10-15min par phase, il aurait été possible de faire une seule et unique grande phase de recherche où chaque groupe aurait traité d'un point précis du modèle pendant 30 à 45 min. Cette augmentation de temps disponible permettant ainsi de laisser le loisir aux élèves de discuter plus sérieusement entre eux et de multiplier les recherches afin d'appuyer leurs hypothèses.

Un autre point qui ne semble pas judicieux dans la séance qui a été construite est que finalement, aucun modèle n'a été construit. Il y a bien sûr le schéma bilan de fin de séance qui est

basé sur ce que les élèves ont vu auparavant, mais ce dernier a été construit par l'enseignant et non par les élèves qui eux l'ont juste recopié. Sans compter que toute la partie sur la composition des nucléotides s'est faite de manière pratiquement transmissive, sans qu'aucun argument scientifique réel n'est été donné aux élèves pour appuyer les dires.

Par ailleurs, sur cette partie composition des nucléotides, il aurait été possible de faire un enchaînement hypothèse-modèle en demandant aux élèves de réaliser un schéma des nucléotides, en partant de leur représentation sur RasTop (fig. 9A) jusqu'à la représentation schématique qu'il en a été faite dans le cours (fig. 9B). On serait dès lors partie de trois carrés vides schématisant les trois parties du nucléotides, et à l'aide de documents les élèves auraient pu donner des noms à ces carrés (groupement phosphate, désoxyribose, base azotée). On aurait ainsi eu un modèle qui, suite à des apports scientifiques, auraient été modifié petit à petit par les élèves pour arriver à la représentation finale de ce que l'on pense être des nucléotides actuellement.

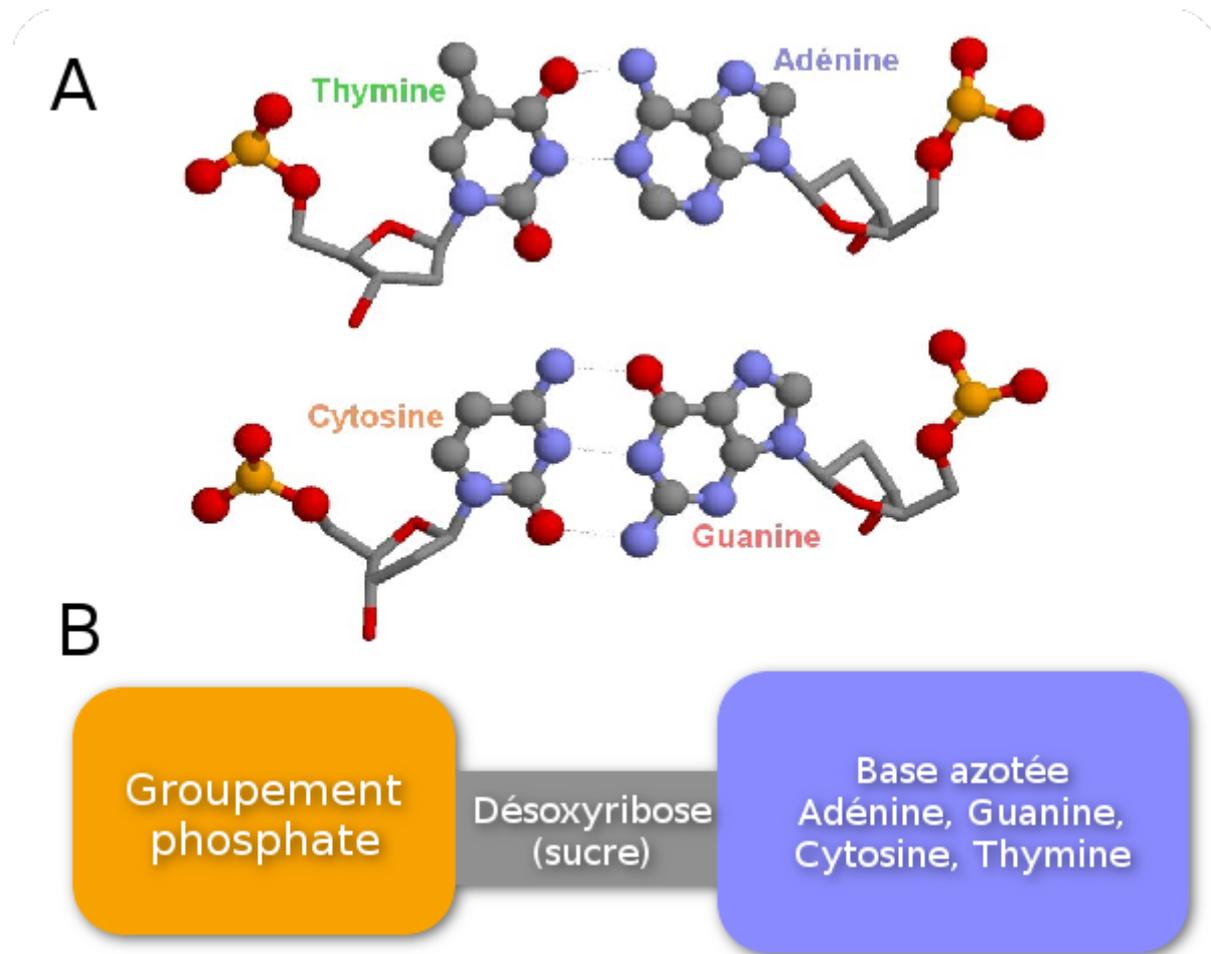


Figure 8: A : visualisation des nucléotides sur RastTop ; B : modèle de schéma d'un nucléotide complété

III. RECUEIL DE DONNÉES

A. OUTILS POUR TRAITER LES DONNÉES

Outils pour mesurer l'implication ? Faire remplir un questionnaire à la fin de la séance (est-ce que vous avez aimé cette méthode de travail ? Qu'y changerez-vous ? Etc...) Prendre des photos des modèles finaux ?

Traitement des données jusqu'à mi/fin-février (CAPES après).

B. ANALYSE DU RECUEIL D'UN POINT DE VUE DE LA CONSTRUCTION DES SAVOIRS

Analyse de ce qu'il y a au dessus.

IV. RETOUR SUR EXPÉRIENCE

A. LES OBSTACLES DANS LE PROTOCOLE

Temps ? Emploi du temps ? Agencement des séances ? Programme ?

Le sujet ne s'y prêtait pas dans sa totalité.

Manque un temps de mise en commun entre l'initial et la séance pour avoir modèle commun.

Copie anonyme = mauvaise idée.

Il aurait mieux valu ne faire le protocole que sur la partie nucléotides.

Trop de choses à voir dans la séance → pas assez de temps pour mettre correctement en œuvre.

B. LES AMÉLIORATIONS À APPORTER

A voir.

Ce qu'il reste à faire :

- récupérer les modèles initiaux des élèves → 24/01

- réalisation de la séance → du 24/01 au 30/01

- récupérer les données → 31/01

- traiter les données → jusqu'au 14/02-28/02

- finir de rédiger → jusqu'au 01/04

- refaire les figures (pour les droits) → jusqu'au 01/04

- relecture/corrections → avril

ANNEXE 1 : OBJECTIFS NOTIONNELS DE LA SÉANCE

Notions déjà connues :

- l'ADN contient l'information génétique
- l'information génétique est contenue dans le noyau des cellules

Vu au cours précédent :

- la transgénèse met en évidence l'universalité de la molécule d'ADN
- on trouve dans l'ADN les gènes codant pour des caractères

Objectifs de la séance :

- identifier la structure de l'ADN (nucléotides, bases azotées, double hélice)
- la variation génétique repose sur la structure de l'ADN (gènes)

Compétences travaillées :

- extraire, recenser des données à partir d'un document
- maîtrise de la langue
- argumenter/tenir un raisonnement logique
- travailler en groupe

Objectifs notionnels à atteindre (vus avec Mme Duvignac) :

- un chromosome = une molécule d'ADN condensée ← Phase 1
- structure en double hélice de l'ADN ← Phase 1
- nucléotides = sucre + groupement phosphate + base ← Interphase
- ADN composé de 4 nucléotides qui s'associent en paires (G-C, A-T) ← Phase 2
- code génétique (une séquence de nucléotides = un gène) ← Phase 2

Le code couleur est le même que dans l'annexe 4 qui correspond au déroulé de la séance.

ANNEXE 2 : PRODUCTION D'ÉLÈVE (REPRÉSENTATION INITIALE)

ANNEXE 3 : TABLEAU RÉCAPITULATIF DES REPRÉSENTATIONS INITIALES

Groupe 1		
N°	Représentation initiale Q1	Représentation initiale Q2
1	L'ADN contient le génome dans le noyau	ADN & chromosomes
2	Double hélice	ADN & chromosomes
3		Chromosomes
4	ADN = gène unique à chacun	
5	Double hélice	
6	Double hélice + gènes	Code génétique (numéro, lettres)
7	ADN regroupé avec d'autres molécules	ADN fait apparaître des caractères
8	Double hélice + gènes	
9	RAPPEL CELLULE/NOYAU/K/GENES	ADN présent dans les gènes
10	ADN dans chromosomes	
11	ADN dans chromosomes	
12	Double hélice (non comprises)	
13	Double hélice + gènes	ADN constitué de gènes
14	Double hélice + gènes + bases (GATC)	Code génétique (GATC)
15	Double hélice	ADN constitué de gènes
16	ADN = chromosome	Langage universel
17		Via les gènes

Groupe 2		
N°	Représentation initiale Q1	Représentation initiale Q2
1	Double hélice	Fusion
2	Information génétique	Multiplication
3	Double hélice	Multiplication
4	Double hélice	
5	Molécule quelconque	Idée de langage
6	Double hélice	Prélèvement d'ADN
7	Double hélice	Gène = morceau d'ADN
8	RAPPEL CELLULE/NOYAU/K/GENES	ADN dans le gène
9	Molécule quelconque	
10	Pelote d'ADN	Gène = morceau d'ADN
11	Molécule quelconque	Gène obtenu par division cellulaire
12	Double hélice	Gène = morceau d'ADN
13	Double hélice	
14	Molécule quelconque	Gène = PLUSIEURS morceaux d'ADN
15	ADN = chromosome	Développement en laboratoire
16	Double hélice	Un gène = un chromosome
17	Double hélice	Prélèvement d'un gène dans l'ADN

ANNEXE 4 : FICHE DE PRÉPARATION DE LA SÉANCE

ANNEXE 5 : CHRONOLOGIE DE LA SÉANCE

ANNEXE 6A : DOCUMENT 1

ANNEXE 6B : DOCUMENT 2

ANNEXE 6C : DOCUMENT 3

ANNEXE 6D : DOCUMENT 4

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P.** - *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*. Paris : ESF, 2008.
- BARTHÉLÉMY-SAINT HILAIRE J.** - *Traité de la Génération des Animaux d'Aristote* (traduction). Paris : Librairie Hachette et C^{ie}, 1887.
- BRACK A.** - *The Molecular Origins of Life : Assembling Pieces of the Puzzle*, « Introduction », p. 1. Cambridge University Press, 1998. [[en ligne](#), consulté le 18/05/16]
- COQUIDÉ M.** - *Réel, modélisation et simulation dans l'enseignement des sciences de la vie*. 2008.
- COQUIDÉ M., FORTIN C., RUMELHARD G.** - *L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limites*. Aster, 79, p. 49-77. Lyon : INRP, 2009.
- DE VECCHI G., CARMONA-MAGNALDI N.** - *Faire construire des savoirs*. Paris : Hachette Education, Collection « Profession enseignant », 2008.
- DECI E.L., RYAN R.M.** - *Intrinsic Motivation and Self-Determination in Human Behavior (Perspectives in Social Psychology)*. New York & Londres : Plenum Press, 1985.
- DROUIN A.-M.** - *Le modèle en questions*. Aster, 7, p. 1-20. Paris : INRP, 1988.
- FANNADER R., LEROUX H.** - *UML. Principes de modélisation*. Paris : DUNOD, 1999.
- FENOUILLET F.** - *La motivation à l'école*. Cité des Sciences et de l'Industrie – Apprendre autrement aujourd'hui ? 10e entretiens de la Vilette, 1999. [[en ligne](#), consulté le 01/06/16]
- FILLON P., PETERFALVI B.** - *L'argumentation dans l'apprentissage scientifique au collège*. Aster, 38, p. 151-184. Lyon : INRP, 2004.
- HABRIAS H.** - *Le modèle relationnel binaire, méthode I.A. (NIAM)*. Paris : Editions Eyrolles, 1988.
- HARTSOEKER N.** - *Essai de dioptrique*. Paris : Imprimerie Royale (Jean Anisson), 1694.
- HARVEY W.** - *Exercitationes de generatione animalium. Quibus accedunt quaedam de partu; de membranis ac humoribus uteri; & de conceptione*. Londres : Typis Du-Gardianis; Impensis O. Pulleyn, 1651.
- JACOB F.** - *La statue intérieure*. Paris : Odile Jacob, 1987.
- LEGAY J.-M.** - *L'expérience et le modèle. Un discours sur la méthode*. INRA éditions, 1997.
- LEONTIEV A.** - *Activité, conscience, personnalité*. Moscou : Éditions du Progrès, 1975.
- LHOSTE Y.** - *La construction du concept de circulation sanguine en 3° : Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique*. Aster, 42, p. 79-108. Lyon : INRP, 2006. [[en ligne](#), consulté le 28/12/16]

- LHOSTE Y.** - *Problématisation, activités langagières et apprentissages dans les sciences de la vie. Étude de débats scientifiques dans la classe dans deux domaines biologiques : nutrition et évolution.* Thèse non publiée, Université de Nantes, 2008.
- MARTINAND J.-L. & al.** - *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences.* Paris : INRP, 1992.
- MARTINAND J.-L.** - *Introduction à la modélisation. Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques. 1994-1995.* ENS Cachan, 1996.
- MUSIAL M., PRADÈRE F., TRICOT A.** - *Comment concevoir un enseignement ?* Bruxelles : De Boeck, 2012. [extrait [en ligne](#), consulté le 30/12/16]
- ORANGE C.** - *Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : Le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen.* Aster, p. 83-107. Lyon : INRP, 2003.
- PAUTAL E., VENTURINI P., SCHNEEBERGER P.** - *Analyse de déterminants de l'action de maîtres-formateurs en sciences du vivant. Deux études de cas à l'école élémentaire.* Education & Didactique, 2/2013 (vol. 7), p. 9-28. Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2013. [[en ligne](#), consulté le 03/01/17]
- PIAGET J.** - *La naissance de l'intelligence chez l'enfant.* Paris : Delachaux & Niestlé, 1936.
- PIAGET J.** - *La construction du réel chez l'enfant.* Paris : Delachaux & Niestlé, 1937.
- PIAGET J.** - *Biologie et Connaissance.* Paris : Gallimard (Collection Idées), 1967.
- PIAGET J.** - *Psychologie et épistémologie.* Paris : Denoël, 1970.
- RUMELHARD G.** - *Spécificités et difficultés de l'apprentissage de la modélisation en biologie.* 1994
- RUMELHARD G.** - *Analyse de l'ADN. Modélisation probabiliste par les chaînes de Markov puis simulation et détection de biais : Une proposition d'utilisation nouvelle du logiciel Anagène.* Biologie Géologie n°3, 2006.
- SANCHEZ E.** - *Enseignement : Place et rôle des modèles dans l'enseignement des sciences de la Terre.* IFE Lyon, 2012. [[en ligne](#), consulté le 29/05/16]
- SARRAZIN P., TESSIER D., TROUILLOUD D.** - *Climat motivationnel instauré par l'enseignant et implication des élèves en classe : l'état des recherches.* Revue française de pédagogie, n°157 octobre-décembre 2006. [[en ligne](#), consulté le 04/06/16]
- SCHNEEBERGER P., PONCE C.** - *Tirer parti des échanges langagiers entre pairs pour construire des apprentissages en sciences.* Aster, 37, p. 53-82. Lyon : INRP, 2003.

WATSON J. - *La double hélice*. Paris : Robert Laffont, 1968.

WEBOGRAPHIE

PIAGET J. - *Piaget on Piaget : the epistemology of Jean Piaget*. New Haven : Yale University Media Design Studio, 1977. [[en ligne](#), consulté le 29/12/16]

Autres ressources utiles

- CAIRN : <http://www.cairn.info>
- EducWiki :
- Encyclopédie Universalis :
- Encyclopédie Wikipédia : <http://www.wikipedia.fr>
- Fondation Piaget :
- Google Scholar : <http://www.scholar.google.com>