

Juin | 2012

# La modélisation en biologie, comment la traiter en classe ?

Cadre théorique, définitions, analyse de séquences, conseils d'application.

Travail réalisé dans le cadre d'un projet de recherche pour les formateurs de terrain en biologie, 2011-2012

Monica Amato Imboden  
Florence Coulin Talabot  
John Kummer  
Stéphane Primatesta  
Gabriella Van Tuinen-Sabbadini  
Laurent Zahnd

Coordonné par :  
Rémy Kopp et François Lombard

## **Executive summary, résumé pour les gens pressés**

Avec l'introduction du PER, où la modélisation est désignée comme compétence transversale, un groupe d'enseignants du secondaire et formateurs à l'IUFE s'est donné comme objectifs de définir le concept de modélisation dans l'enseignement de la biologie, d'identifier les principales difficultés affrontées avec les élèves, pour dégager des principes généraux guidant sa mise en œuvre en biologie au secondaire.

La place des modèles pour organiser, structurer et donner du sens aux observations expérimentales, décrire les mécanismes sous-jacents et prédire les phénomènes, n'apparaît qu'en prenant du recul, puisque ces modèles construisent le regard du biologiste sur le monde et qu'il n'en a plus conscience. Dès que le vivant est simplifié, illustré, représenté on peut parler de modèle d'une réalité qui est forcément plus complexe. En sciences expérimentales, un modèle est toujours provisoire, et sous réserve de données nouvelles. D'un autre côté, à l'école, il faut bien fixer un savoir à institutionnaliser. Cette tension nous a amené à distinguer le modèle mental de chaque élève, le modèle institutionnalisé dans la classe et le modèle de consensus actuel des scientifiques. Plutôt que la recherche du modèle parfait à présenter aux élèves, nous sommes penchés sur le processus de transformation progressive des modèles auxquels l'élève recourt pour comprendre et prédire le monde qui l'entoure. Nous avons donc distingué les *modèles* et la *modélisation* comme processus.

Forts de cette réflexion, nous en avons cherché les applications concrètes en classe à travers trois questions « Quelle est la place de la modélisation en biologie ? », « Peut-on accéder à la réalité sans modèle ? », « Comment faire évoluer le modèle mental de l'élève vers un modèle à institutionnaliser ? ». Chaque question est abordée par une réflexion qui fonde l'analyse d'un exemple de scénario pédagogique testé en classe et qui se termine par des principes généraux pour guider la mise en œuvre de la modélisation dans les classes.

Nous les synthétisons ici : La prise de conscience de l'omniprésence des modèles dans l'enseignement de la biologie (modèle physique, schéma, maquettes,...) permet de cibler les activités en fonction des enjeux de modélisation visés. Un modèle est une représentation simplifiée du réel qui permet de décrire, de comprendre et d'expliquer un problème traité. La modélisation est une démarche de construction d'un modèle qui implique des choix d'éléments en lien avec le problème traité. La modélisation permet la mise en relation de ces éléments. Face à un problème posé, les élèves élaborent des modèles mentaux qui leur sont propres. Ces modèles mentaux sont divers et peuvent faire obstacle à l'apprentissage. Avoir recours à la modélisation est un moyen d'amener les élèves vers un modèle institutionnel. Il s'agit donc, pour l'enseignant de prendre en compte les modèles mentaux des élèves et de construire une séquence d'enseignement permettant l'évolution de ces modèles mentaux vers un modèle à institutionnaliser en classe. Pour cela, il est nécessaire que l'enseignant : a) propose un problème qui a du sens sur un sujet donné, b) recueille les modèles mentaux des élèves en lien avec ce problème, c) mette ces modèles mentaux à l'épreuve, au travers de débats, d'observations, de confrontation avec des observations,... d) conçoive des activités permettant l'élaboration et la construction de nouveaux modèles.

Distinguer les types de modèles employés (descriptif, explicatif, prédictif) et le niveau de modélisation (1, 2, ou 3) demandé à l'élève permet à l'enseignant de prendre la mesure de ce que l'élève doit faire en termes de modélisation.

Rémy Kopp et François Lombard

## Table des matières

<i>Executive summary, résumé pour les gens pressés</i> .....	2
<b>Introduction</b> .....	5
Contexte.....	5
Un concept tellement central qu'on ne le voit plus .....	5
Notre démarche vers le concret en classe .....	6
Structure de ces textes .....	6
Une liste de recommandations en guise de conclusion .....	7
Quelques remarques trop importantes ou trop triviales pour figurer dans l'introduction.....	8
Références .....	9
<b>Chapitre 1 La place centrale du modèle dans l'enseignement de la biologie</b> .....	11
<i>Modèles scientifiques et représentations mentales</i> .....	11
<i>Les modèles scientifiques</i> .....	11
<i>Modélisation et enseignement</i> .....	13
<i>Typologie de la modélisation en classe</i> .....	13
Conclusion .....	15
Références .....	16
Exemple de séquence didactique : Réalisation d'un cycle de plante à fleurs avec un exemple disponible dans l'environnement de l'école, le pommier du Japon.....	17
<b>Chapitre 2 « Comment faire évoluer le modèle mental de l'élève vers un modèle que l'on veut institutionnaliser pour la classe ? »</b> .....	23
Introduction théorique :.....	23
<i>Quelques définitions commentées des modèles</i> .....	23
<i>Distinguer modèle et processus de modélisation</i> .....	23
<i>La modélisation dans notre pratique en classe</i> .....	24
<i>Quelques questions et repères pouvant guider un enseignant dans sa pratique:</i> .....	25
<i>Concernant l'utilisation des modèles :</i> .....	25
<i>Concernant la modélisation :</i> .....	26
Conclusion .....	26
Références .....	27
Exemple de séquence didactique : Les os et le mouvement.....	28
Préambule .....	28
<i>Analyse de la séquence</i> .....	28
<i>Pré requis à la séquence:</i> .....	28
<i>Objectifs généraux :</i> .....	28
<i>Objectifs spécifiques:</i> .....	29
Analyse de la séquence « os et mouvements » .....	30
I. « <i>Qu'est-ce qui rend possible l'extension et la flexion de ton bras ?</i> » .....	30
II. <i>Observation des mouvements du bras</i> .....	32
III. <i>Comment se réalise le mouvement de la patte du lapin</i> .....	33
IV. <i>Fabrication d'une maquette du mouvement des différentes parties du bras</i> .....	34
V. <i>Mise en évidence des éléments agissant sur le mouvement du bras</i> .....	35
VI. <i>Éléments d'évaluation</i> .....	36
<b>Chapitre 3 Peut-on accéder à la réalité sans modèle ? Quels liens entre la réalité, le modèle et la connaissance ?</b> .....	37
Introduction : .....	37
<i>Peut-on accéder à la réalité sans modèle ?</i> .....	38
<i>Structure de la séquence :</i> .....	38
<i>La question de départ est : « Comment l'homme tient-il debout ? »</i> .....	38
<i>Élaboration d'hypothèses</i> .....	38

<i>Présentation d'un modèle physique</i> .....	38
<i>Modélisation par un dessin d'observation</i> .....	39
<i>Comparaison avec un autre modèle</i> .....	39
<i>Recherche dans un livre de référence</i> .....	39
<i>Légènder un schéma</i> .....	39
Conclusion.....	41
Références.....	42
Exemple de séquence didactique : Le squelette humain – programme 9 <sup>ème</sup> .....	43
<i>Contexte</i> : .....	43
<i>Séquence</i> : .....	43
<i>I. Comment l'homme tient-il debout ?</i> .....	43
<i>II. Modèle physique du squelette humain</i> .....	44
<i>III. Exemples de dessins d'élèves 912R1</i> .....	45
<i>IV. Schéma d'un squelette humain distribué aux élèves</i> .....	46
<i>V. Document correctif projeté au rétroprojecteur</i> .....	47

# Introduction

## **Contexte**

Le nouveau Plan d'étude Romand (PER) introduit la modélisation comme une thématique commune au domaine des Mathématiques et Sciences de la Nature (MSN). La modélisation (MSN 35) prend dès lors un statut d'objet transversal à l'intérieur des MSN et acquiert de ce fait une importance particulière, fédératrice, mais à décliner spécifiquement dans les disciplines. C'est un objectif complexe et nouveau pour lequel les enseignants paraissent peu préparés et un peu perplexes.

Ce projet est né à l'IUFE dans ce contexte particulier. Il a réuni pendant une année des enseignants expérimentés et impliqués dans la formation et des chargés d'enseignement de l'IUFE dans le but de développer entre chercheurs et formateurs une réflexion sur la place spécifique de la modélisation dans l'enseignement de la biologie, à la fois commune aux sciences expérimentales mais aussi distincte et particulière.

D'autre part la biologie subit un changement en profondeur (Lombard, 2008; Strasser, 2008), notamment vers une biologie où les modèles traitent de l'information et de son traitement (NRC, 2003), plus que des molécules et de leurs propriétés. Ainsi, les modèles occupent une place croissante dans la recherche en sciences de la vie, notamment dans l'analyse de données expérimentales ou dans l'usage de simulations numériques (de Jong, 2006; Delahaye & Rechenmann, 2006; Rechenmann & de Jong, 2005; Wooley & Lin, 2005).

Les objectifs du projet étaient de définir le concept de modélisation tel qu'il s'applique dans l'enseignement de la biologie, d'identifier les principales difficultés rencontrées par les étudiants et enseignants en formation lorsqu'il s'agit d'utiliser ou de construire des modèles avec les élèves, de dégager des principes généraux pour guider la mise en œuvre de la modélisation dans les classes de biologie au secondaire. Une attention particulière a été portée à la mise en perspective des modèles utilisés de façon à comprendre leur portée et leurs limites de validité.

## ***Un concept tellement central qu'on ne le voit plus***

La recherche en didactique des sciences propose une large réflexion sur l'usage de la modélisation en classe de biologie (Coquidé & Le Maréchal, 2006; Martinand, 1996; Rumelhard, 1995; De Vecchi, 2006; Modell, 2000 ; de Jong, 2006; Delahaye & Rechenmann, 2006; Jonassen, 1995; Tanner & Allen, 2005 ; ...) dont nous nous sommes inspirés pour ce projet.

Selon les contextes, « modélisation » peut se référer de manière réductrice à une simulation numérique – parfois une simple formule mathématique, parfois une implémentation dans un logiciel. D'autres parlent de modélisation pour tous les concepts explicatifs et descriptifs de la biologie : dès que le vivant est simplifié, illustré, représenté, même lorsqu'une espèce ou un spécimen est choisi comme représentatif on peut parler de modèle d'une réalité qui est forcément plus complexe et plus diverse. Aussi dans une première phase nous avons tenté de comprendre l'ampleur du concept, de le définir et de le délimiter.

Puisque les connaissances en biologie sont basées sur des données expérimentales, le savoir peut toujours être remis en cause par de nouvelles expériences. Un modèle est donc toujours provisoire, sa validité n'est que temporaire et sous réserve de données nouvelles. D'un autre côté, à l'école, il faut bien fixer un savoir à institutionnaliser. Cette tension nous a amené à distinguer le modèle mental de chaque élève, le modèle

institutionnalisé dans la classe et le modèle de consensus actuel des scientifiques. Plus encore elle nous a amené à envisager les modèles comme des étapes dans la construction de la pensée. Nous nous sommes penchés sur le processus de transformation progressive des modèles auxquels l'élève recourt pour comprendre et prédire le monde qui l'entoure. Nous avons donc distingué les modèles et la modélisation comme processus.

Dans ce projet, nous avons choisi d'éviter une approche psychologique, pour rester dans un cadre didactique et pédagogique. Nous avons voulu éviter de trop spéculer sur ce qui peut se passer dans la tête de l'élève. Ainsi le processus de modélisation – la construction de modèles – implique forcément un changement dans la tête de l'élève, qui se manifeste par des traces concrètes (les artefacts comme des écrits, des dessins, des maquettes,...) et c'est d'elles que nous discutons. Nous n'avons pas pu toujours éviter de faire référence à ce qui peut se passer dans la tête des élèves, mais nous nous sommes efforcés de centrer la discussion sur leurs dimensions observables. Par exemple, nous avons cherché les traces de la modélisation dans les compétences d'application de modèles : savoir prédire, organiser, décrire.

### ***Notre démarche vers le concret en classe***

Nous nous sommes ensuite penchés sur les usages en classe de ces différentes catégories de modèles. Nous avons discuté des limites de la recherche du modèle parfait, le « Top-modèle » (Lombard, 2011; Lombard & Strasser, 2012), celui qui serait parfaitement adapté et avons pris conscience qu'un modèle n'a de sens que comme réponse à un problème. Nous avons alors évolué – notamment en discutant avec Marilyne Coquidé – vers une recherche du modèle approprié à un problème.

Forts de cette réflexion, nous en avons cherché les applications en classe de biologie. Pour cela nous avons choisi 3 questions : « Quelle est la place de la modélisation en biologie ? », « Peut-on accéder à la réalité sans modèle ? », « Comment faire évoluer le modèle mental de l'élève vers un modèle à institutionnaliser ? ». Pour chacune, nous avons fait une synthèse de la théorie qui fonde l'analyse d'un exemple de scénario concret où la mise en œuvre de la modélisation est testée en classe. Cela nous a permis de vérifier que cette compréhension élargie permet de mieux appréhender ce qui se joue en classe avec la modélisation.

Nous avons discuté dans ces exemples de la manière de faire évoluer les modèles mentaux des élèves et de les faire converger vers le modèle institutionnalisé en classe. Nous avons exploré comment la confrontation de modèles peut contribuer au processus de convergence et d'institutionnalisation.

### ***Structure de ces textes***

Cette brochure rassemble les travaux de trois groupes de deux auteurs qui ont chacun produit un texte articulé en deux parties : une synthèse de leur réflexion sur une problématique à partir de la littérature et l'analyse d'une séquence d'enseignement-apprentissage. Chaque texte s'organise autour d'une question, précise les concepts extraits de la littérature par rapport à cette question et les traduit en un outil d'analyse de scénarios pédagogiques. Cet outil est utilisé pour faire l'analyse d'un exemple de séquence et en extraire une généralisation en termes de modèle d'action. Chaque fois nous proposons l'analyse parallèle de l'activité de l'élève et les justifications des choix et termes de modélisation. Chaque texte se termine par quelques principes généraux pour guider la mise en œuvre de la modélisation dans les classes. Ils sont rassemblés à la fin de cette introduction. Pour le lecteur pressé, un bref résumé exécutif (page 2) reprend les concepts principaux qui ont guidé le projet et rassemble brièvement ces principes d'action.

Un premier texte par Stéphane Primatesta et John Kummer : « La place centrale du modèle dans l'enseignement de la biologie » (p. 11) rassemble et discute les définitions qui nous ont parues les plus pertinentes pour guider l'analyse d'activités et la conception d'activités pour la classe. Il esquisse des catégories de modèles en fonction de leur rôle et cherche à préciser les enjeux de modélisation dans des activités de classe. L'analyse et la caractérisation de quelques situations de classe qui font appel à la modélisation en biologie mettent en contexte ces définitions.

Un deuxième texte de Monica Amato Imboden et Gabriella van Tuinen-Sabbadini : « Comment faire évoluer le modèle mental, la représentation, vers un modèle de consensus? » (p. 23) apporte une définition de la modélisation en tant que processus, puis fait le lien avec trois tâches impliquant la modélisation (- utiliser un modèle ; - modifier un modèle ; - construire un modèle) et les discute sur la base d'une séquence en classe. Ensuite il propose une série de questions pour guider l'action des enseignants qui souhaitent développer des activités de modélisation.

Un troisième texte de Florence Coulin Talabot et Laurent Zahnd : « Peut-on accéder à la réalité sans modèle ? » (p. 37) part de la place centrale du modèle en science pour montrer que notre compréhension du monde passe forcément par des modèles. Puis il décortique les différents moments d'une séquence articulée autour d'une observation de squelette, interroge les liens entre le réel et le modèle pour révéler les modèles implicites. Il nous interroge ensuite sur la capacité d'observer et de comprendre que les modèles développent et sur comment on peut rendre les élèves et les enseignants conscients de leurs modèles. Ce texte montre aussi qu'on peut travailler la modélisation avec des élèves en difficulté.

### ***Une liste de recommandations en guise de conclusion***

Chacun des textes se termine par des principes généraux pour guider la mise en œuvre de la modélisation dans les classes, que nous rassemblons ici :

John Kummer et Stéphane Primatesta proposent à la fin de leur texte les recommandations suivantes :

"En conclusion, nous proposons un outil pour entrer en réflexion et analyser les activités de modélisation dans nos cours. Il permettra de prendre conscience de l'omniprésence de celles-ci, alors qu'elles présentent souvent une difficulté pour les élèves. Ainsi nous pourrions mieux cibler les activités en fonction des enjeux de modélisation visés.

Nous serons, en particulier, attentifs aux points suivants, dans la préparation de nos activités :

- Distinguer les représentations mentales des modèles scientifiques
- Définir quel type de modèle scientifique on veut travailler (descriptif, explicatif, prédictif)
- Savoir quel niveau de modélisation (1, 2, ou 3) est demandé à l'élève."

Gabriella van Tuinen-Sabbadini et Monica Amato Imboden soulignent :

- qu'un modèle est une représentation simplifiée du réel qui permet de décrire, de comprendre et d'expliquer un problème traité,
- que la modélisation est une démarche de construction d'un modèle qui implique des choix d'éléments en lien avec le problème traité. La modélisation permet la mise en relation de ces éléments,

- que, face à un problème posé, les élèves élaborent des modèles mentaux qui leur sont propres. Ces modèles mentaux sont divers et peuvent faire obstacle à l'apprentissage.

Avoir recours à la modélisation est un moyen d'amener les élèves vers un modèle institutionnel. Il s'agit donc, pour l'enseignant de prendre en compte les modèles mentaux des élèves et de construire une séquence d'enseignement permettant l'évolution de ces modèles mentaux vers un modèle à institutionnaliser en classe.

Pour cela, il est nécessaire que l'enseignant :

- élabore un problème sur un sujet donné,
- recueille les modèles mentaux des élèves en lien avec ce problème,
- mette ces modèles mentaux à l'épreuve, au travers de débats, d'observations, de confrontation avec des observations,...
- conçoive des activités permettant l'élaboration et la construction de nouveaux modèles.

Florence Coulin Talabot et Laurent Zahnd mettent en évidence l'importance pour l'enseignant :

- d'analyser le type de modèle qu'il utilise : modèle physique, schéma,...
- de proposer des modèles qui répondent à la question de la séquence ou de l'activité
- de faire construire partiellement ou complètement le modèle par les élèves.

### ***Quelques remarques trop importantes ou trop triviales pour figurer dans l'introduction...***

Nous n'avons pas pu complètement esquiver la question philosophique de la « réalité » : quelle est la réalité d'un monde qui ne nous est accessible que par nos sens et nos appareils de mesure. Les biologistes sont particulièrement bien placés pour savoir que nos sens ne nous donnent accès qu'à une partie de la réalité : les motifs dans les pétales de certaines fleurs nous échappent parce qu'ils sont formés dans des « couleurs » UV invisibles à nos yeux, mais que certains insectes pollinisateurs voient. Les phéromones ont échappé à l'analyse scientifique pendant longtemps parce que notre odorat ne les détecte pas. Aussi ce que le langage courant appelle « réalité » est celle perçue par nos sens et à travers nos connaissances et concepts : c'est donc inévitablement un modèle de la réalité. Nous avons choisi de mettre en évidence le fait que le regard du scientifique est plus pointu et plus pénétrant par ce qu'il connaît, mais que si cette lentille qu'est le regard expert révèle, elle obscurcit d'autres aspects : le scientifique regarde à travers des modèles qui lui permettent d'appréhender le monde. On sait que la science a besoin de ces modèles, mais aussi que c'est en ayant conscience des limites qu'ils imposent qu'on peut comprendre la portée des résultats produits. Un des apports de ce projet est de mettre en évidence ces modèles implicites, cachés dans la pratique scolaire, qui finissent par échapper à la conscience des enseignants qui parlent de la réalité pour ce qu'ils observent. Pourtant nous avons renoncé à employer des termes comme « référent empirique » (Martinand, 1996) ou « registre des expériences » (Larcher, Hirn, Huet, Patrigeon, & Simon, 1999), et prévenons le lecteur que quand nous parlons de réalité avec ou sans guillemets, c'est de ce que nous percevons avec nos sens, avec



notre appareillage intellectuel et avec nos appareils de mesure qu'il s'agit.

Bien que nous ayons choisi d'éviter une approche psychologique, il a été difficile de faire l'impasse sur la distinction entre la représentation d'un phénomène que se font l'enseignant, l'élève, ou des chercheurs (modèles mentaux), et les représentations concrètes de ces modèles (images, schémas, maquettes, formules,...) que Bereiter (2002) appelle des artefacts conceptuels. Ces artefacts supportent la discussion, permettent la confrontation des modèles mentaux des élèves, des enseignants et des chercheurs. Cette distinction permet de clarifier des usages différents du même mot : c'est l'activité autour d'un modèle (ici l'artefact) qui permet la confrontation du modèle (ici modèle mental) de chacun des élèves pour le faire converger vers un modèle institutionnalisé capable d'aider à comprendre, organiser, prédire le vivant (qui devrait être le modèle mental des élèves si tout va bien) et qu'on peut montrer sous forme d'image, de schémas, de texte ou de maquette (artefact). Le groupe a choisi de ne pas faire cette distinction dans les textes.

Nous avons aussi distingué un faux-ami, un usage du mot « modèle » spécifique à la biologie : l'espèce bien décrite qui représente le groupe. Ainsi, dans de nombreuses recherches on utilise la mouche du vinaigre, *Drosophila melanogaster*, comme représentant des insectes, la souris, *Mus musculus*, comme représentant des mammifères, *Escherichia coli* comme représentant les bactéries, *Arabidopsis thaliana* comme représentant des plantes dicotylédones, etc.

Nous avons commencé à établir une liste des insertions dans le curriculum, puis nous avons pris conscience de leur place centrale dans la pensée scientifique – comme Monsieur Jourdain faisait de la prose sans le savoir. Le fait que les modèles sont omniprésents dans nos enseignements rendait ce répertoire sans objet, et déplace la question vers les manières de travailler ces modèles en classe.

Les exemples retenus font plutôt référence à des modèles surtout descriptifs et peu explicatifs, sans doute à cause du contexte curriculaire de la 9<sup>ème</sup> Harnos d'où ils sont issus.

Rémy Kopp et François Lombard

## Références

- BEREITER, C. (2002). Education and Mind in the Knowledge Age (Second ed.). Mahwah, New Jersey, United States: Lawrence Erlbaum Associates.
- COQUIDÉ, M., & Le Maréchal, J.-F. (2006). Modélisation et simulation Aster, 43(43).
- DE JONG, T. (2006). Computer simulations: Technological Advances in Inquiry Learning. Science, 312(5773), 532-533.
- DE VECCHI, G. (2006). Enseigner l'expérimental en classe : pour une véritable éducation scientifique Paris: Hachette éducation.
- DELAHAYE, J.-P. & Rechenmann, F. (2006). La simulation par ordinateur change-t-elle les sciences ? [La modélisation informatique, exploration du réel]. Pour la Science, 52.
- JONASSEN, D. H. (1995). Operationalizing mental models: strategies for assessing mental models to support meaningful learning and design-supportive learning environments. The first international conference on Computer support for collaborative learning table of contents, 182-186.
- LARCHER, C., Hirn, C., Huet, C., Patrigeon, F., & Simon, C. (1999). Des TP différents pour des enjeux différents. In D. d. l. e. scolaire (Ed.). Paris: Ministère de l'éducation nationale, de la recherche et de la technologie.
- LOMBARD, F. (2008). Information Technology (IT) to change biology teaching, or teaching IT-changed biology ? Paper presented at the BioEd 2008, Biological Sciences Ethics and Education The Challenges of Sustainable Development, 24 au 28 juin 2008, Dijon.
- LOMBARD, F. (2011). Rechercher le top-modèle pour expliquer la biologie ? . Bio-Tremplins : la biologie évolue, l'enseignement aussi, (20 décembre 2011). website: <http://tecfa-bio->

- [news.blogspot.ch/2011/12/la-perfection-du-modele-certains.html](http://news.blogspot.ch/2011/12/la-perfection-du-modele-certains.html)
- LOMBARD, F., & Strasser, B., J. (2012). La nouvelle biologie: comment ouvrir la classe aux données scientifiques authentiques. Paper presented at the 7ème Forum Suisse en Didactique des Sciences de la Nature, 20 janvier 2012, Gossau, Suisse.
- MARTINAND, J. L. (1996). Introduction à la modélisation. Paper presented at the Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques., Cachan Paris
- MODELL, H. I. (2000). How To Help Students Understand Physiology? Emphasize General Models. *Advan. Physiol. Edu.*, 23(1), 101-107.
- RECHENMANN, F., & de Jong, H. (2005). Le vivant en équations *La Recherche*(383).
- RUMELHARD, G. (1995). De la biologie contemporaine à son enseignement. In D. M. (Ed.), *Savoir scolaire et didactique des disciplines* (pp. 317). Paris: ESF.
- STRASSER, B. J. (2008). GENETICS: GenBank--Natural History in the 21st Century? *Science*, 322(5901), 537-538. doi: 10.1126/science.1163399
- TANNER, K., & Allen, D. (2005). Approaches to Biology Teaching and Learning: Understanding the Wrong Answers— Teaching toward Conceptual Change *Cell Biology Education* 4, 112–117.
- WOOLEY, J. C., & Lin, H. S. (2005). Catalyzing Inquiry at the Interface of Computing and Biology. Committee on Frontiers at the Interface of Computing and Biology, National Research Council. In J. C. Wooley & H. S. Lin (Eds.), *Committee on Frontiers at the Interface of Computing and Biology*, National Research Council: National Academies Press.

# Chapitre 1

## La place centrale du modèle dans l'enseignement de la biologie

Stéphane PRIMATESTA & John KUMMER

Ce document est issu d'un travail de réflexion sur nos pratiques d'enseignants dans le secondaire et sur notre prise de conscience de la place centrale du modèle dans l'enseignement en biologie.

Nous allons commencer par définir les différents modèles auxquels nous sommes confrontés comme enseignants. Nous proposerons ensuite une typologie simple de l'utilisation de ces modèles dans l'enseignement et l'illustrerons par une analyse de séquence testée.

### Modèles scientifiques et représentations mentales

Chaque individu, élève, adulte, possède des modèles mentaux des objets, de la société, de l'environnement qui l'entoure. Ces modèles varient en fonction de l'expérience du sujet, de son degré d'expertise, et de l'intérêt qu'il porte aux choses. Ainsi, la représentation du modèle « cellule » variera selon que l'on est biologiste ou élève du CO, le modèle « télévision » sera différent selon que l'on est simple téléspectateur ou électronicien. Plus l'expertise est grande, plus le modèle se complexifie.

Ces représentations mentales (ou conceptions) sont définies (De Vecchi et Giordan, 1988) comme un « ensemble d'images mentales, de modèles, avant qu'une activité quelconque ne débute ». On peut même élargir la définition (Astolfi et Develay, 1989) et parler de « déjà-là conceptuel, qui même s'il est faux sur le plan scientifique, sert de système d'explication efficace et fonctionnel pour l'apprenant ». Il ne nous semble donc pas important, dans le quotidien de l'enseignant en biologie, d'établir de distinction entre modèle mental et scientifique. Nous manquons par ailleurs de critères efficaces permettant de distinguer ces 2 types de modèles.

Certains sujets sont particulièrement empreints d'une représentation mentale forte. Ces modèles, façonnés par l'éducation, la société, pourraient être appelés modèles culturels. On peut citer typiquement ici la reproduction et le rôle des spermatozoïdes, souvent considéré comme décisif lors de la procréation, c'est « la petite graine que le papa met dans le ventre », alors que leur rôle n'est pas plus important que celui de l'ovule. Un autre modèle prégnant est celui de la place de l'Homme parmi les êtres vivants. Si la religion est en partie responsable de ce modèle, force est de constater que les scientifiques ont eux-mêmes été influencés pendant longtemps par leur propre éducation en représentant l'Homme au sommet de l'arbre de l'évolution – l'Homme étant considéré comme une créature supérieure – véhiculant ainsi des idées erronées.

Pour d'autres sujets le modèle mental est moins prégnant, on pourrait citer : la cellule, la photosynthèse, l'ADN etc.

### Les modèles scientifiques

L'image qui nous parle le plus pour définir un modèle est le « **modèle réduit** ». En effet, fabriquer un modèle réduit (ou une maquette) correspond à une démarche réductionniste (cartésienne), c'est-à-dire un découpage de la réalité en plusieurs **parties plus petites** et

plus **simples** pour pouvoir expliquer cette réalité. Ceci représente probablement le **1er type** de modèle: le **modèle descriptif**, ou modèle d'hypothèse (Legay, 1997) qui fonctionne bien dans une situation simple répondant grosso modo au principe une cause→un effet. Dès que l'on augmente la complexité de la **situation réelle** à représenter, ce modèle présente ses limites. S'il est facile d'établir des critères (critérier) d'observation dans le but de décrire un rameau en classe, ou des critères de tri pour trier une collection, il est beaucoup plus complexe d'établir des critères d'évaluation d'une activité complexe. Le **2ème type** de modèle est le modèle **explicatif** (modèle de mécanisme pour Legay) qui contient une proposition d'explication à tester, qui induit donc un retour vers la situation réelle. Le **3ème type** est le modèle **prédictif** (modèles de prévision et décision pour Legay) qui, contrairement au 2ème type, ne prétend pas expliquer mais a pour but de prendre une décision. Il peut y avoir un lien de causalité entre un modèle explicatif et un modèle prédictif (Ney, 2006), notamment dans les cas où ceux-ci ne passent pas par le fonctionnement réel, comme pour les **simulations**, très présentes en mathématique. Il se peut aussi qu'il n'y ait pas de lien entre les modèles explicatifs et les modèles prédictifs, ceux-ci n'étant pas forcément la conséquence de ceux-là ! Par exemple, l'absence de rosée le matin permet de prédire des orages pour le soir sans aucunement expliquer le lien entre les 2 phénomènes: c'est un modèle de prédiction. Il peut être suivi d'un modèle de décision: "aujourd'hui il faut rentrer les foins car il n'y a pas eu de rosée ce matin".

Dans tous les cas, dans les sciences de la nature, la **modélisation** consiste à établir des allers-retours entre le « monde réel » et le « monde des modèles », comme le figure ce schéma (Martinand, 1994).

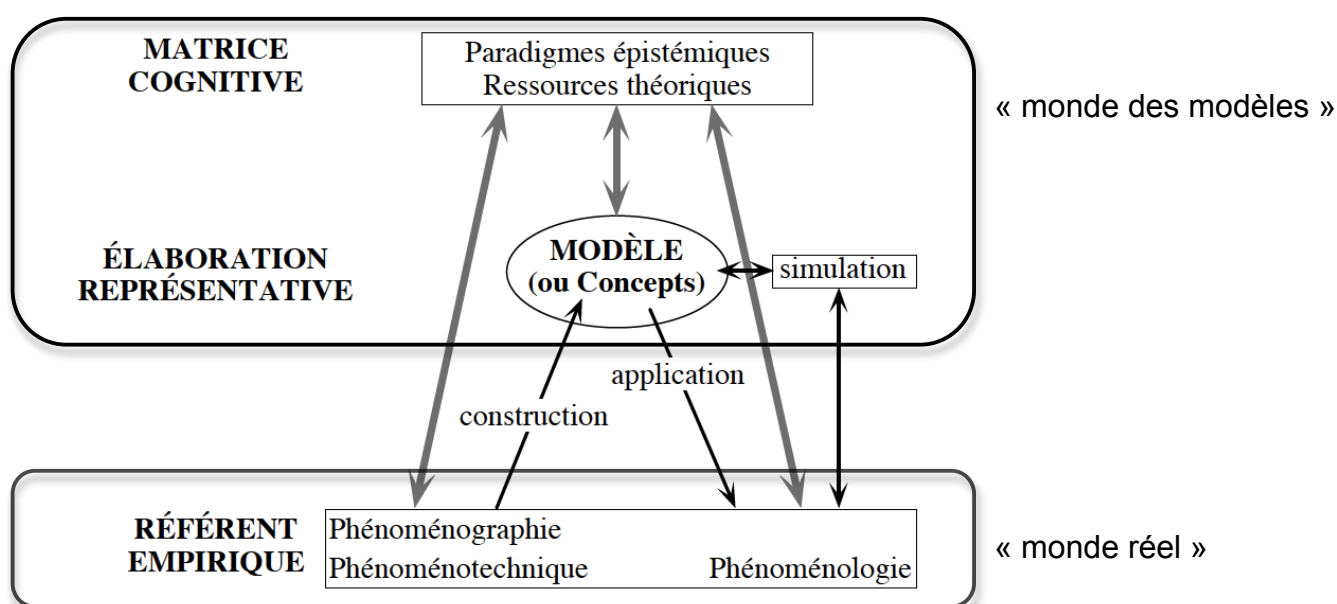


Figure 1 : schéma de la modélisation (d'après Martinand, 1994)

Cet auteur établit trois caractéristiques essentielles des modèles. Ceux-ci doivent être :

- Hypothétiques
- Modifiables
- Pertinents pour certains problèmes dans certains contextes donnés (donc avec une validité réduite à un certain domaine).

En biologie, un modèle peut être un schéma, une image, un texte, un modèle plastique ou toute représentation qui tend à réduire le degré de complexité à des fins de description, explication, ou prédiction. Il a une validité limitée, temporaire et tente de répondre à une question. Faire de la biologie, c'est faire évoluer des modèles.

## **Modélisation et enseignement**

Dans l'enseignement, le choix des modèles utilisés en classe, ou mieux, produits avec les élèves, va être particulièrement important car leur degré de complexité devra se trouver dans la zone proximale de développement de l'élève. Pour se trouver dans cette zone il faut tenir compte du modèle mental de l'élève, le faire émerger, afin de le faire évoluer vers le modèle de classe, que l'on peut aussi appeler modèle institutionnalisé, choisi dans le cadre de son enseignement. L'utilisation d'un modèle trop complexe plutôt que d'améliorer la compréhension de l'élève risquera de la péjorer. En ne tenant pas compte du modèle mental de l'élève, on prend le risque de juxtaposer un modèle scientifique au modèle mental sans les avoir confrontés. Cette confrontation de modèles doit permettre de faire émerger les éventuelles erreurs de sa propre représentation afin de faire évoluer le modèle de l'élève vers un modèle scientifique temporairement valable qui lui-même évoluera plus tard vers un modèle plus complexe. Il est possible de tenir compte de la représentation mentale des élèves sans que ce soit chronophage. Un court débat oral avec la classe, la réalisation d'un schéma heuristique, la rédaction d'un texte sur le sujet peuvent être réalisés en un temps assez court. Il s'agira par la suite de proposer des activités aux élèves qui leur permettront de faire évoluer leur modèle. Ces activités pourront être de la lecture, de l'observation et la réalisation d'un dessin scientifique, le visionnement d'une animation, la rédaction d'un texte explicatif, la schématisation etc.

En classe, une des activités de modélisation les plus courantes est l'observation. La réalisation d'un dessin scientifique d'observation exige de l'observateur d'extraire les informations utiles en fonction du but de l'observation. L'insecte qui se balade sur un rameau ne sera pas retenu comme un élément déterminant, il ne sera pas dessiné, si l'objectif est de découvrir l'anatomie d'un rameau. Lors de l'observation de cellules, les artefacts ne devraient pas être retenus si l'objectif est de comprendre la structure d'une cellule pour en faire un modèle. Il s'agit de créer un modèle à partir d'un spécimen, un modèle de modèle. Pour un biologiste il est relativement facile de faire le tri, en particulier lors d'observations de routine. Le modèle « cellule » a été façonné par les nombreuses observations et le tri des informations se fait rapidement. Lors de la découverte d'un type de cellule inconnu l'analyse se fait moins rapidement, des allers-retours doivent se faire entre le modèle mental et l'objet observé afin de faire évoluer son propre modèle. Pour l'élève, dont l'expérience se réduit au mieux à quelques observations, le travail se révèle complexe. Au-delà du dessin, le passage à la description écrite de l'observation contraint l'élève à se justifier en énonçant des critères pertinents par rapport à ses choix. Il fait alors ces allers-retours entre le modèle observé et le modèle institutionnalisé.

## **Typologie de la modélisation en classe**

Récemment, J-L. Dorier et P-F. Burgermeister (UNIGE, pas encore publié) ont, en se basant sur des auteurs comme Chevallard, établi une typologie, par niveaux, des tâches de modélisation potentiellement présentes dans des activités scolaires de mathématiques. Dans ce contexte, la modélisation est caractérisée par la mise en relation de 2 systèmes afin de progresser dans la compréhension d'une situation.

## Un modèle ... de la modélisation

Mise en correspondance d'au moins deux systèmes différents (objets, relations, questions)

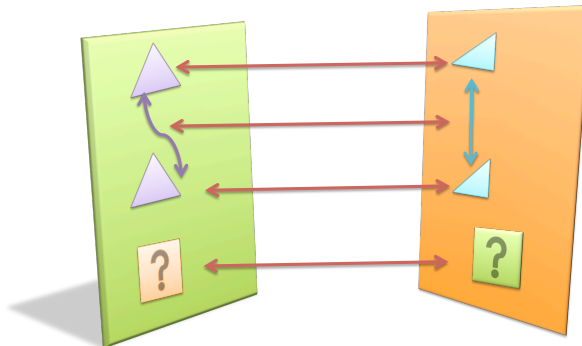


Figure 2 : modèle de la modélisation (Dorier et Burgermeister)

Ces auteurs établissent 3 niveaux de complexité dans la modélisation:

«Niveau 1: les deux systèmes sont évoqués dans l'énoncé du problème mais la résolution de celui-ci ne se fait que dans un des deux systèmes.

Niveau 2: les deux systèmes sont donnés, le travail consiste dans l'analyse des relations entre les deux systèmes (pertinence du modèle, lien entre les deux systèmes...).

Niveau 3: un seul système est donné, l'élève a la charge d'élaborer un ou plusieurs autres systèmes pour répondre au problème posé. Il est donc nécessaire de s'interroger sur la pertinence du ou des modèles. »

Dans le niveau 1, l'enjeu de modélisation est faible dans la mesure où l'on ne revient pas au premier système. Ce dernier n'est alors que prétexte, au mieux, pour une mise en situation.

Dans le niveau 2, l'enjeu de modélisation est intéressant, car il permet de développer de riches réflexions sur la pertinence et les limites du modèle.

Enfin, dans le 3<sup>e</sup> niveau, l'enjeu de modélisation est élevé dans la mesure où c'est l'élève qui a la responsabilité de proposer et de formaliser un ou plusieurs modèles pour résoudre le problème et l'interpréter dans le système de départ.

On peut transposer cette typologie à la biologie, tout en précisant, alors, que les systèmes sont en général des modèles, même si on trouve souvent le « monde réel » comme premier système. On pourra citer, comme systèmes, les modèles de type cybernétique (p.ex. les boucles de régulation) ainsi que les nombreuses représentations telles que les dessins d'observation, schémas anatomiques / maquettes (yc écorchés), schémas fonctionnels, ou encore graphiques et autres représentations symboliques (comme en génétique). Par ailleurs, en biologie, on se réfère très souvent au modèle moléculaire de la matière.

Nous allons illustrer cette typologie par différents exemples, dans notre domaine d'enseignement. La séquence analysée plus loin dans ce document, se référera également aux différents niveaux impliqués dans certaines activités en classe.

Classer des activités de modélisation n'est pas une fin en soi. C'est pourquoi cette analyse a pour but premier et essentiel d'amener l'enseignant à prendre conscience des enjeux et à s'interroger sur la nature du processus mis en œuvre par les élèves dans une

activité particulière de modélisation.

Nous proposons pour cela de situer les activités de modélisation en classe de biologie selon deux dimensions : la première dimension suit la typologie de Dorier et Burgermeister (niveaux 1, 2, 3), la deuxième dimension classe les modèles scientifiques selon leur rôle ou leur fonction (modèles descriptifs, explicatifs, prédictifs). Cette approche produit alors la grille suivante :

Rôle :	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
Décrire			
Expliquer			
Prédire/décider			

Figure 3 : Grille d'analyse à deux dimensions

Par exemple dans le domaine descriptif, légèrer un schéma du squelette humain à partir d'une planche anatomique relèverait du niveau 1, alors qu'identifier un os isolé à partir de la même planche anatomique se situerait plutôt dans un niveau 2.

L'utilisation du modèle simplifié de l'appareil respiratoire humain, très populaire dans nos écoles, représenté par une cloche de verre fermée et deux ballonnets, est typiquement de niveau 2 explicatif car ce modèle nécessite, pour saisir la mécanique respiratoire, des allers-retours avec un schéma de l'appareil respiratoire, voire avec le référent empirique. Lors de ces allers-retours un modèle explicatif se construit et en même temps les limites de ce dernier seront discutées.

Construire, de manière autonome, un schéma de régulation à partir d'un texte relève d'un niveau 3 explicatif ; si l'élève réussit à établir les réactions probables d'un système grâce à son schéma, il aura alors atteint le niveau 3 prédictif.

Il est évident que de nombreuses activités de modélisation « résistent » à ce traitement et ne tiennent pas dans une case définie, car, en définitive, tout dépend de la manière dont l'activité est problématisée et conduite en classe.

## **Conclusion**

Nous proposons un outil pour entrer en réflexion et analyser les activités de modélisation dans nos cours. Il permettra de prendre conscience de l'omniprésence de celles-ci, alors qu'elles présentent souvent une difficulté pour les élèves. Ainsi nous pourrions mieux cibler les activités en fonction des enjeux de modélisation visés.

Nous serons, en particulier, attentifs aux points suivants dans la préparation de nos activités :

- Distinguer les représentations mentales des modèles scientifiques
- Définir quel type de modèle scientifique on veut travailler (descriptif, explicatif, prédictif)
- Savoir quel niveau de modélisation (1, 2, ou 3) est demandé à l'élève.

## **Références**

- ASTOLFI, J.P. et Develay, M. (1989). La didactique des sciences. *Collection Que sais-je* . Paris : PUF.
- De VECCHI, G. et Giordan, A. (1988) L'enseignement scientifique, Comment faire pour que ça marche. *Z'Édition*.
- LEGAY, J.-M.(1997). L'expérience et le modèle. *INRA*.
- MARTINAND, J.-L. (1994). Introduction à la modélisation, *Séminaire de didactique des disciplines technologiques*, Paris : INRP.
- NEY, M. (2006). Une typologie des modèles formels : l'exemple de la biologie. *Aster*, 43. Paris : INRP.



**Exemple de séquence didactique : Réalisation d'un cycle de plante à fleurs avec un exemple disponible dans l'environnement de l'école, le pommier du Japon.**

Les activités sont réparties tout au long de l'année.

### I. Activité

Les élèves répondent oralement à la question « Qu'est-ce qu'un fruit ? »  
Travail avec le groupe classe. Chaque élève écrit une liste des caractéristiques d'un fruit.

#### Rôle de l'activité

Cette question est une rapide mise en activité et permet de faire émerger les modèles de fruits, les représentations des élèves.

#### Niveau de modélisation

Niv 1 descriptif

1<sup>er</sup> système = représentation mentale

2<sup>e</sup> système = texte descriptif

### II. Activité

Présentation d'une collection de fruits pour identifier les grands types de fruits.

Travail de groupe de 2-3 élèves

#### Rôle de l'activité

Confronter le premier modèle à la « réalité ». Travailler l'observation, identifier les différences pour obtenir une « classification » des fruits.

#### Niveau de modélisation







Niv 2 descriptif

1<sup>er</sup> système = texte descriptif

2<sup>e</sup> système = modèle physique (specimen du monde réel)

#### Observation de fruits

Quel type de fruit observes-tu ?

 <p>La samare est un akène muni d'une excroissance en forme d'aile membraneuse.</p>	 <p>Une drupe est un fruit charnu à noyau.</p>	 <p>Une capsule est un fruit sec contenant généralement de nombreuses graines.</p>
 <p>La baie est un fruit charnu, en général indéhiscent et contenant une ou plusieurs graines, les pépins.</p>	 <p>La gousse est un akène qui s'ouvre en deux valves.</p>	 <p>Le gland est un akène inclus dans une cupule.</p>

Ta tâche consiste à :

- Rechercher la signification des termes akène et déhiscent.
- Repérer de quel type de fruit il s'agit.
- Réaliser un dessin d'observation le plus précis possible, en ajoutant les légendes nécessaires.
- Indiquer de quel type il s'agit.
- Compléter la fiche d'observation avec les critères qui permettent de reconnaître à coup sûr le type de fruit.

### III. Activité

Observation d'une pomme. Réalisation d'un dessin scientifique. Le document est alors donné, notamment pour permettre d'établir la nomenclature.

Travail individuel.

#### Rôle de l'activité

Introduction au dessin scientifique avec un modèle relativement simple. Préparer la modélisation du cycle des plantes à fleurs. Comprendre la transformation de la fleur en fruit, lier le modèle statique de fleur et de fruit pour en faire un modèle dynamique.

#### Niveau de modélisation

Niv 2 descriptif

1<sup>er</sup> système = modèle institutionnalisé

2<sup>e</sup> système = modèle physique (specimen du monde réel)

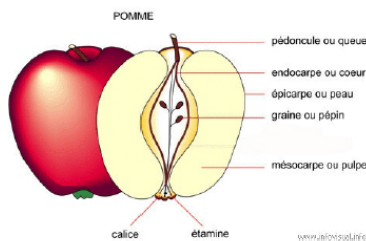
#### UN EXEMPLE DE FRUIT

Après la fécondation, la fleur se transforme en fruit qui permet de protéger les graines et d'aider à leur dissémination. Une fois le fruit mûr, il s'ouvre ou se détache de l'arbre. La libération des graines se fait alors par décomposition du fruit.

Ce sont les parois de l'ovaire qui se transforment lors de la fructification. On peut y distinguer trois enveloppes dont l'épaisseur et la texture vont varier selon la nature du fruit. L'ensemble des trois enveloppes est appelé péricarpe. Dans certains cas, d'autres parties de la plante, généralement le réceptacle floral, participent à la formation du fruit.

L'enveloppe la plus externe est l'épicarpe. C'est par exemple la "peau" de la pêche. Vient ensuite le mésocarpe qui peut être charnu ou non. Puis il y a l'endocarpe, la partie la plus interne sur laquelle sont rattachées les graines. L'endocarpe forme par exemple la partie dure des noyaux.

#### FRUITS CHARNUS - À PÉPINS



Le **pédoncule ou queue** est la partie de fruit le rattachant à la tige.

L'**endocarpe ou cœur** est la partie centrale du fruit qui contient les pépins.

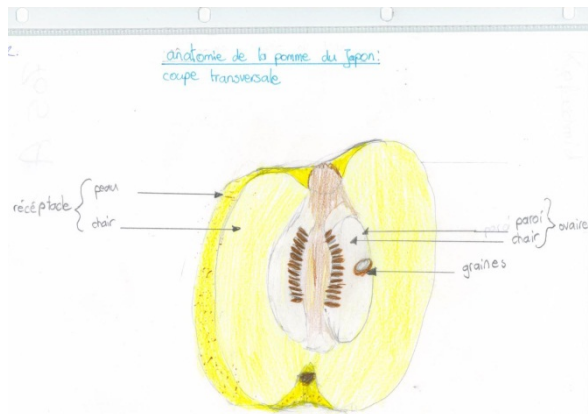
L'**épicarpe ou peau** est le tissu végétal recouvrant le fruit.

La **graine ou pépin** est la partie de la pomme servant à la reproduction de son espèce.

Le **mésocarpe ou pulpe** est la partie de la pomme située entre la peau et le cœur.

Les **étamines** sont les organe mâle de la fleur qui restent attachées à la pomme.

Le **calice** est l'ensemble des sépales de la fleur du pommier qui reste attaché à la pomme.



#### IV. Activité

Observation d'un rameau du pommier du Japon (janvier février), réalisation d'un dessin scientifique.

Travail individuel.

#### Rôle de l'activité

Prendre conscience que la plante est vivante, au repos. Découvrir le rôle des différents types de bourgeons. Comprendre le rôle des bourgeons dans un modèle dynamique. Observer dans une démarche déductive. Vérifier si le réel correspond bien à un modèle.

#### Niveau de modélisation

Niv 2 descriptif

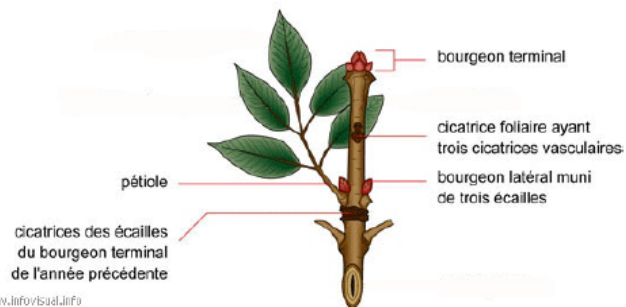
1<sup>er</sup> système = modèle institutionnalisé

2<sup>e</sup> système = modèle physique (specimen du monde réel)

#### RAMEAUX ET BOURGEONS

Les bourgeons sont les boutons des arbres qui se développent et donnent les rameaux, les feuilles et les fleurs.

#### RAMEAU AVEC BOURGEONS OPPOSÉS

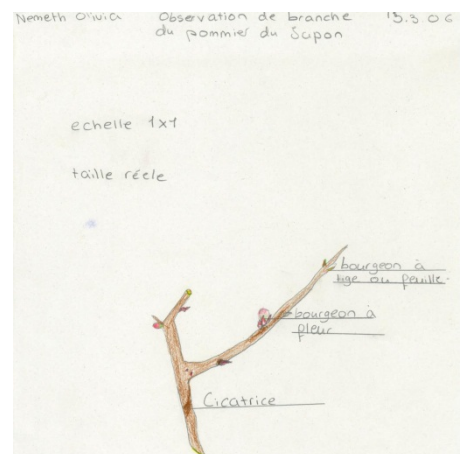


Le **bourgeon terminal**, bourgeon du bout de la branche, donne naissance aux nouveaux rameaux.

Les **bourgeons latéraux** donnent naissances aux feuilles, fleurs et rameaux selon leur type.

Les **cicatrices des écailles du bourgeon terminal** de l'année précédente sont les marques laissées par le bourgeon terminal de l'année précédente.

Le **pétiote** relie le limbe de la feuille et la tige.



#### V. Activité

Les élèves répondent oralement à la question : qu'est-ce qu'une fleur ? Travail avec le groupe classe. Chaque élève écrit une liste des caractéristiques d'un fruit.

#### Rôle de l'activité

Cette question est une rapide mise en activité et permet de faire émerger les modèles, les représentations des élèves.

#### Niveau de modélisation

Niv 1 descriptif.

1<sup>er</sup> système = représentation mentale

2<sup>e</sup> système = texte descriptif

## VI. Activité

Lecture et réalisation d'un résumé de l'article « Les plantes à fleurs » de l'AdV .  
Travail individuel.

### Rôle de l'activité

Confronter le modèle de l'élève à un modèle scientifique adapté afin de faire évoluer le modèle élève vers un modèle de consensus. Au fur et à mesure de la lecture et de la complétion du questionnaire (activité de français), l'élève confronte sa conception mentale avec le modèle institutionnalisé (livre).

### Niveau de modélisation

Niv 1 descriptif pour l'anatomie

Niv 1 explicatif pour la partie reproduction

1<sup>er</sup> système = modèle institutionnalisé

2<sup>e</sup> système = conception mentale

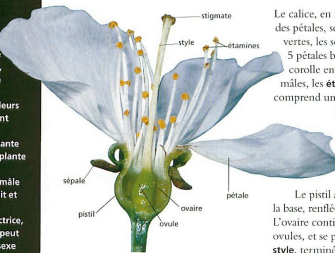


**angiosperme** : plante à fleurs.  
**cotylédon** : première feuille de l'embryon contenu dans la graine d'une plante à fleurs, et qui sert de réserve nutritive.  
**dicotylédone** : plante à fleurs dont la graine contient 2 cotylédons.  
**épiphyte** : se dit d'une plante vivant sur une autre plante sans la parasiter.  
**étamine** : organe sexuel mâle de la fleur, qui produit et contient le pollen.  
**gamète** : cellule reproductrice, mâle ou femelle, qui peut s'unir au gamète de sexe opposé pour former un nouvel être vivant.  
**monocotylédone** : plante à fleurs dont la graine contient un seul cotylédon.  
**photosynthèse** : phénomène par lequel les plantes, grâce à la chlorophylle, produisent leur nourriture en absorbant du gaz carbonique de l'air et en rejetant de l'oxygène.  
**ovaire** : organe femelle de la fleur, qui reçoit le pollen.  
**pollen** : ensemble des petits grains produits par les étamines d'une fleur et servant à sa reproduction.  
**stigmate** : partie supérieure du pistil qui reçoit le pollen.  
**style** : colonne surmontant l'ovaire et portant les stigmates à son sommet.

48

Les plantes à fleurs dominent aujourd'hui le monde végétal. De tailles et de formes très diverses, elles regroupent la majorité des arbres, les herbes, les fleurs décoratives et la quasi-totalité des plantes cultivées.

# Les plantes à fleurs



fleur de cerisier (*Prunus cerasus*) vue en coupe

Le calice, en forme de coupe, situé à la base des pétales, se compose de 5 petites feuilles vertes, les **sépales**. Celles-ci entourent 5 pétales blancs qui forment la corolle. La corolle entoure les organes reproducteurs mâles, les **étamines**. Chaque étamine comprend un filament, au sommet duquel est fixé un renflement, rempli de grains de pollen. Chaque grain de pollen comporte 2 gamètes mâles. Enfin, au centre de la fleur se trouve l'organe reproducteur femelle, le **pistil**. Le pistil a la forme d'une bouteille dont la base, renflée et creuse, est appelée « **ovaire** ». L'ovaire contient 2 gamètes femelles, ou ovules, et se prolonge par un petit tube, le **style**, terminé par un renflement, le **stigmate**. Les fleurs du blé sont très différentes : vertes et peu visibles, sans sépales ni pétales, elles n'ont que des étamines et un pistil, qui sont les 2 éléments essentiels de la fleur.

### De la fleur au fruit

La rencontre des gamètes mâles et des gamètes femelles, qui permet la reproduction des plantes, nécessite généralement le transport du pollen d'une fleur vers le pistil d'une autre. Ce phénomène, appelé « **pollinisation** », est principalement assuré par le vent et les insectes. Dans le cas du cerisier, ce sont les abeilles qui jouent ce rôle. Au printemps, quand elles butinent les fleurs, des grains de pollen tombent sur leur corps. Elles les transportent ainsi d'une fleur à l'autre. Quand un grain de pollen tombe sur le stigmate d'une fleur, il germe, produit un tube, appelé « **tube pollinique** », qui descend dans le style et arrive au contact d'un ovule. Les gamètes mâles, présents à l'extrémité du tube pollinique, fusionnent alors avec les gamètes femelles, situés dans l'ovule.

### Le rôle de la fleur

La fleur est un organe de reproduction. C'est elle qui produit les **gamètes**, c'est-à-dire les cellules reproductrices mâles et femelles. Une fleur typique, telle celle du cerisier (ci-dessus), est constituée de 4 éléments disposés en cercle : le calice, la corolle, les étamines et le pistil.

Nom: Jade Girolimond Titre de l'article: Les plantes à fleurs  
p. 48-49

Ta tâche consiste à :

#### Lors d'une première lecture

- Déterminer le ou les différents grands thèmes de l'article.
- Relever les mots scientifiques importants.
- Relever les mots incompris en séparant ceux qui te paraissent être du vocabulaire scientifique (1<sup>ère</sup> liste) de ceux qui te semblent faire partie du vocabulaire courant (2<sup>e</sup> liste).

#### Lors d'une deuxième lecture et le visionnement d'un film

- Essayer de chercher la signification des mots incompris (pour les organes précise quel est leur rôle).
- Préciser par une croix dans la colonne adéquate si :  
A: L'explication se trouvait dans le texte.  
B: Une image, un graphique proposait des informations à ce sujet.  
C: Il a fallu chercher dans un dictionnaire, un autre document ou le film a donné des explications.
- Si nécessaire, copier un dessin du livre qui pourrait être utile pour ton résumé.
- Relever les thèmes abordés par le film qui ne sont pas présents dans l'article

Thèmes: Anatomie de la fleur, de la fleur au fruit, Nourriture de la plante.

Mots scientifiques importants: calice, corolle, ovaire,

Mots incompris	Signification, synonyme, rôle	A	B	C
<u>calice</u>	<u>ensemble des sépales</u>	X		
<u>corolle</u>	<u>ensemble des pétales</u>	X		
<u>filament</u>	<u>petit fil</u>			X
<u>renflement</u>	<u>partie bombée</u>			X
<u>ovaire</u>	<u>organe reproducteur femelle</u>	X	X	X
<u>pollinisation</u>	<u>transport du pollen et fécondation</u>			X
<u>angiosperme</u>	<u>plante à fleur</u>	X		
<u>angiosperme</u>				



## IX. Activité

Réaliser une affiche du cycle du pommier du Japon. Les dessins scientifiques réalisés sont réinvestis dans l'affiche.

Travail de groupe.

### Rôle de l'activité

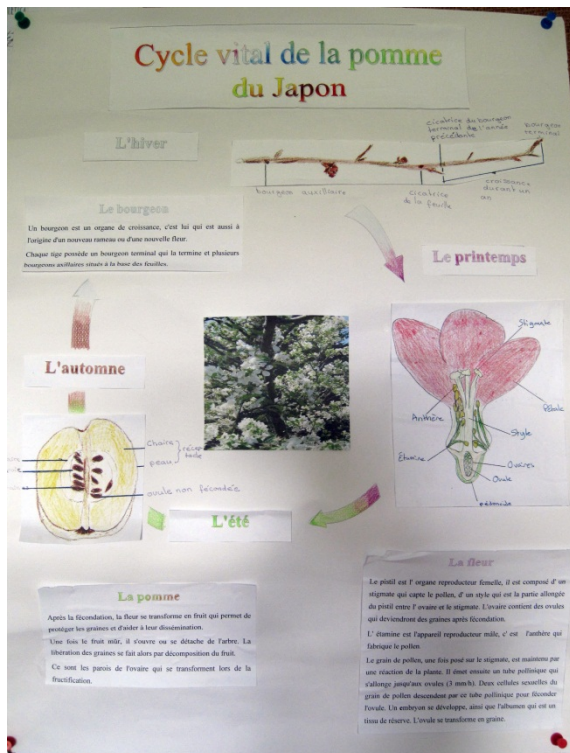
Modéliser le cycle d'une plante à fleurs en intégrant les différents éléments vus au cours de l'année.

### Niveau de modélisation

Niv 3 explicatif

1<sup>er</sup> système = les différents modèles et observations (fleur-fruit)

2<sup>e</sup> système = représentation du cycle du pommier



## Chapitre 2

### « Comment faire évoluer le modèle mental de l'élève vers un modèle que l'on veut institutionnaliser pour la classe ? »

Monica Amato Imboden & Gabriella van Tuinen-Sabbadini

La recherche que nous avons menée nous a donné l'opportunité d'approfondir différents textes portant sur les modèles et la modélisation, sur leur utilisation en sciences et, plus particulièrement, dans les cours de biologie. Nous en avons dégagé plusieurs éléments théoriques exposés ci-dessous et que nous avons essayé d'utiliser dans plusieurs séquences didactiques. Une de ces séquences vous est présentée plus loin.

#### *Introduction théorique :*

#### **Quelques définitions commentées des modèles**

André Giordan (1991) définit la modélisation comme étant une « démarche qui consiste à produire une représentation hypothétique se substituant à la réalité pour la décrire et la comprendre. » Elle procède d'un mécanisme réducteur. Pour cela, le scientifique sélectionne les éléments issus des données expérimentales, puis reproduit mentalement les relations pertinentes. Le résultat du processus est un modèle, c'est-à-dire une « élaboration transitive présentant des propriétés d'autonomie, de cohérence et de pertinence par rapport à un problème traité ». Nous retenons tout particulièrement la cohérence et la pertinence à un problème traité ; tout modèle n'a de sens que par référence à un problème. Son but est de rendre compte au mieux de la réalité et de la rendre intelligible. « Schématiquement, un modèle est toujours une réponse à une question ». Il comporte un certain nombre d'éléments et un moteur d'inférence qui lie les éléments entre eux (relations internes) et à un environnement (relations externes). Il propose un domaine de validité.

#### **Distinguer modèle et processus de modélisation**

Christian Orange (1997) affirme qu'apprendre la modélisation, c'est acquérir une compétence : la maîtrise du problème de mise en concordance faits/théorie.

Il s'agit de se donner les moyens de transformer les contenus et les activités d'enseignement et d'apprentissage pour développer une maîtrise de la modélisation comme attitude et démarche intellectuelle utilisant certains outils. Il s'agit également de prendre les représentations des élèves (modèles mentaux des élèves) comme base explicite d'un processus de modélisation et instaurer par là un débat scientifique dans la classe permettant aux élèves de donner du sens au savoir et au maître de provoquer un changement conceptuel (référence est faite aux travaux de Jean-Louis Martinand (1992) et à ceux de Samuel Johsua et Jean-Jacques Dupin (1989) ).

Il s'agit donc, pour l'enseignant, d'accompagner les élèves dans l'apprentissage du processus de modélisation afin de donner du sens au savoir et de faire évoluer les modèles mentaux des élèves:

- en élaborant des activités permettant l'émergence des modèles mentaux des élèves (en lien avec un problème donné),
- en prévoyant le recueil de ces modèles mentaux,

- en suscitant le débat et la discussion autour de différents modèles,
- en préparant des documents et des activités permettant la mise en concordance de faits, d'observations et d'éléments théoriques.

Selon Anne-Marie Drouin (1998), « la modélisation est la démarche de construction d'un modèle, ou d'appropriation d'un modèle déjà construit, (...) le modèle est un produit conceptuel jouant comme un substitut de la réalité, et la modélisation est l'ensemble des démarches visant à construire ou à s'approprier ce substitut(...), mais également (et éventuellement) à le modifier ».

### **La modélisation dans notre pratique en classe**

Dans nos écoles, suite aux tentatives que nous avons fait dans plusieurs classes du Cycle d'Orientation, nous sommes arrivées à la constatation suivante: lorsque l'on pose un problème à un élève, celui-ci va se construire un système d'explication (pour lui) ou utiliser, de manière inconsciente, un modèle préexistant efficace lui permettant d'apporter une réponse: c'est ce que nous appelons « représentation » ou modèle mental de l'élève. Dans une classe, tous les élèves n'ont pas les mêmes représentations sur un sujet donné.

Nous pouvons considérer la modélisation comme un moyen de transformer les modèles mentaux des élèves afin de les amener vers un modèle que l'on veut institutionnaliser. Les tentatives de modélisation, menées en classe, peuvent donc être considérées comme des démarches permettant l'évolution des représentations (dans la tête des élèves) vers un modèle commun à la classe.

Afin de faire réellement évoluer les représentations des élèves vers le modèle que le maître veut institutionnaliser, différentes étapes sont nécessaires, elles aboutissent à des modèles considérés comme provisoires, fruits d'une « négociation » entre le maître et l'élève, entre le maître et la classe et s'inscrivent dans un cadre acceptable à un moment donné, dans la construction d'un concept.

Des activités doivent dès lors être mises en place, afin que les représentations puissent être exprimées, confrontées, pour qu'il y ait transformation du modèle de l'élève.

Il nous semble important de différencier :

- le modèle mental qui est une représentation que l'élève a de la réalité,
- le modèle scientifique qui résulte d'un consensus entre les chercheurs.

Quand un enseignant veut faire évoluer les modèles mentaux des élèves vers un modèle institutionnalisé en classe, cela doit être entendu comme « faire tendre » vers un modèle scientifique, c'est-à-dire qui est bien en rapport avec une certaine classe de situations.

André Giordan (1991) affirme que pour interférer avec les représentations de l'apprenant, un environnement didactique performant, l'accès à une pratique de modélisation est nécessaire. « La modélisation apparaît comme l'un des moments forts pour tout enseignement scientifique ».

Giordan (1991) souligne encore que la modélisation oblige à sélectionner, hiérarchiser, expliciter à la fois les variables, les hypothèses, les raisonnements effectués. Dans la démarche expérimentale, la modélisation permet aussi de sortir d'une causalité strictement linéaire (une cause entraîne un effet). L'approche est plus complexe, par exemple dans des situations (santé, environnement) qui n'admettent pas toujours de solution ou une seule solution. Le modèle devient un canevas qui se substitue à la complexité de la nature, pour un moment, pour une certaine efficacité et dans le contexte d'un problème donné. « Tout savoir est le résultat d'une élaboration par approximations successives. Il est une réponse à un problème ; il présente donc des limites et un domaine



de validité. On peut dès lors envisager la modélisation comme un processus ».

Les recherches menées par Giordan et son équipe (1991) ont montré que « pour permettre à l'élève de modéliser, il faudrait lui fournir des ébauches de modèles, ainsi que des situations éducatives pour les rendre opératoires ».

Lors de son intervention dans notre groupe de travail (10.01.2012), Maryline Coquidé a relevé que : le modèle est un outil, pas un objet d'apprentissage en soi. Choisir la modélisation comme démarche permet d'être dans une dynamique de construction de problèmes (pas forcément de résolution) (Gaston Bachelard 1947).

Dans cette construction, les modèles mentaux des élèves vont servir d'intermédiaires, ils servent de germes de modèles.

La construction d'un modèle se fait par :

- l'élaboration d'un (de) problème (s)
- la mise à l'épreuve à travers les tâches, l'observation, les débats scientifiques, ...
- la validation empirique, l'observation, ...

Il y a l'idée d'un aller-retour entre l'observation et la modélisation (induction – déduction – induction).

Comme, en classe, il s'agit d'activités chronophages, on peut gagner du temps en confrontant, à un moment opportun, divers modèles entre eux.

André Giordan (1991) (comme d'ailleurs Muriel Ney (2006)) déplore que l'apprentissage de la démarche de modélisation soit absente des programmes scolaires et même des cursus universitaires. Quelques rares universités proposent des activités où la modélisation prend en compte les trois composantes citées plus bas.

Pour M. Ney (2006) l'enseignement de la modélisation consiste « en des cours où l'on propose aux étudiants d'utiliser, modifier ou construire des modèles. On peut distinguer trois tâches dans l'approche et la compréhension des mécanismes de modélisation : (1) utiliser un modèle ; (2) modifier un modèle ; (3) construire un modèle ».

M. Ney cite Jean-Claude Genzling et Marie-Anne Pierrard (1997) qui, dans le cadre des enseignements scientifiques du primaire et du secondaire, proposent trois approches complémentaires de la modélisation :

- Se représenter un ensemble de situations, unifier les points de vue, rapprocher des situations différentes.
- Répondre à des questions. Relier des phénomènes à des descripteurs (propriétés, grandeurs, paramètres).
- Tester la validité d'un modèle.

M. Ney (2007) précise que « ce ne sont pas les modèles qui sont par leur nature d'un type ou d'un autre, mais la fonction qu'ils prennent pour l'utilisateur en situation de résoudre un problème par la modélisation ».

### **Quelques questions et repères pouvant guider un enseignant dans sa pratique:**

Pour un enseignant qui souhaite entrer dans le processus de modélisation, les questions suivantes se posent,

#### **Concernant l'utilisation des modèles :**

- Quels sont alors les modèles que l'on peut utiliser pour illustrer un sujet de

biologie ?

- Comment simplifier un modèle pour le rendre accessible à nos élèves, sans le dénaturer ?
- Comment éviter d'imposer un modèle *a priori*, produit parfois par les scientifiques pour résoudre d'autres problèmes ?
- Quelles modifications pour les faire « coller » aux questions, aux cadres de référence, aux processus d'appropriation des apprenants ?

### **Concernant la modélisation :**

- Comment faire pour que l'élève s'approprie les instruments nécessaires à la modélisation (symbolisation, schématisation, etc.) ?
- Comment orienter la communication pour obtenir un travail effectif de modélisation ?
- Comment amener les élèves vers un modèle à institutionnaliser ?

Dans la recherche qui nous concerne, par rapport aux essais entrepris en classe, il n'est pas aisé de « catégoriser » les modèles que nous utilisons ou vers lesquels nous tendons lorsque nous faisons modéliser. Pour nous, il s'agit plutôt de réfléchir à la fonction qu'ils prennent dans le processus de résolution d'un problème.

### **Conclusion**

Il nous semble important de rappeler :

- qu'un modèle est une représentation simplifiée du réel qui permet de décrire, de comprendre et d'expliquer un problème traité,
- que la modélisation est une démarche de construction d'un modèle qui implique des choix d'éléments en lien avec le problème traité. La modélisation permet la mise en relation de ces éléments,
- que, face à un problème posé, les élèves élaborent des modèles mentaux qui leurs sont propres. Ces modèles mentaux sont divers et peuvent faire obstacle à l'apprentissage.

Avoir recours à la modélisation est un moyen d'amener les élèves vers un modèle institutionnel. Il s'agit donc, pour l'enseignant de prendre en compte les modèles mentaux des élèves et de construire une séquence d'enseignement permettant l'évolution de ces modèles mentaux vers un modèle à institutionnaliser en classe.

Pour cela, il est nécessaire que l'enseignant :

- élabore un problème sur un sujet donné,
- recueille les modèles mentaux des élèves en lien avec ce problème,
- mette ces modèles mentaux à l'épreuve, au travers de débats, d'observations, de confrontation avec des observations .....,
- conçoive des activités permettant l'élaboration et la construction de nouveaux modèles.

## **Références**

- BACHELARD Gaston (1947). La formation de l'esprit scientifique, J. Vrin Paris
- DROUIN Anne-Marie (1998). Les modèles en questions, Paris INRP, Aster numéro 7  
Modèles et modélisation
- GIORDAN André (1991). La modélisation dans l'enseignement et la vulgarisation des sciences , Impact: science et société, no 164
- NEY Muriel (2006)., Une typologie des fonctions des modèles formels : l'exemple de la biologie, Paris INRP, Aster numéro 43 Modélisation et simulation
- NEY Muriel (2007). Modélisation formelle en sciences expérimentales : Problématiques de la transmission, Mémoire Université Claude Bernard Lyon I.
- ORANGE Christian (1997). Problèmes et modélisation en biologie, Paris : Puf
- ROJAT Dominique (2002). Modélisation et simulation quelques aspects des relations entre l'idée et le réel, [Dossiers de l'ingénierie éducative n°40](#), SCEREN (CNDP)

## **Exemple de séquence didactique : Les os et le mouvement**

### **Préambule**

Cette séquence didactique a été expérimentée dans plusieurs classes de 9e Harnos en 2012, en lien avec partie MSN 35 du PER.

Dans l'analyse de cette séquence nous avons présenté, pour chaque activité :

- dans la partie supérieure, le document de l'élève
- dans la partie inférieure, l'analyse en relation avec la réflexion sur la modélisation.

En annexe : partie intégrale du document élève.

Les diverses activités faisant partie de cette séquence ont été mises en place afin de faire émerger, de recueillir et de faire évoluer les modèles mentaux des élèves **vers un modèle que l'on veut institutionnaliser pour la classe.**

Le problème posé est :

**« Qu'est-ce qui rend possible l'extension et la flexion de ton bras ? »**

### **Analyse de la séquence**

#### **Pré requis à la séquence:**

- Etude du squelette (rôle, nom des os) à travers l'analyse des pelotes de réjection de chouettes.

#### **Objectifs généraux :**

- Identifier les organes impliqués dans le mouvement du corps
- Décrire la fonction de ces organes

#### **Objectifs spécifiques :**

Voir tableau page suivante

## Objectifs spécifiques:

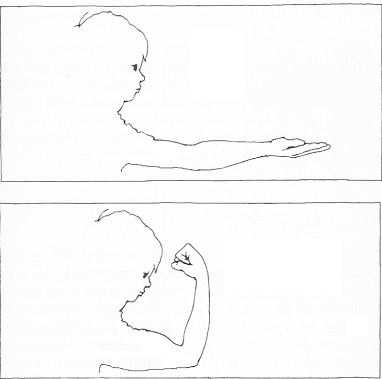
Objectifs spécifiques en termes de notions	Objectifs spécifiques liés aux démarches.	Traités prioritairement dans la partie :
Le mouvement est la conséquence de la contraction musculaire.	Observer et décrire le changement d'état des muscles fléchisseurs et extenseurs engendré par la flexion et l'extension de l'avant-bras.	I et II
Un muscle peut changer d'état. La contraction musculaire raccourcit le muscle et augmente son épaisseur.	Procéder à des mesures et les interpréter.	II
En se contractant, un muscle se raccourcit et augmente son épaisseur, en se relâchant, il s'allonge et s'affine. Les muscles antagonistes ont des actions complémentaires.	Observer et décrire le changement d'état des muscles fléchisseurs et extenseurs engendré par la flexion et l'extension de l'avant-bras.	II - III + animation ( <a href="http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0021-3">http://www.biologieenflash.net/animation.php?ref=bio-0021-3</a> )
La force exercée (par la contraction musculaire) tire sur les tendons et fait jouer une articulation, ce qui conduit à un mouvement. En se contractant (se raccourcissant), les muscles, reliés aux os par des tendons, tirent sur les os et entraînent une flexion ou une extension selon la position de leur insertion par rapport à l'articulation.	Elaborer un modèle explicatif en transposant des éléments liés aux mouvements et issus des modèles étudiés préalablement tout en développant des aptitudes à travailler en groupe, à coopérer et à résoudre un problème.	IV
Des ligaments maintiennent les os en place tout en permettant le mouvement, ils relient des os entre eux.	Observer et identifier les os, muscles, tendons et ligaments dans une patte de lapin.	III – IV

Si le temps nécessaire pour effectuer l'ensemble des activités manque, l'activité IV (Fabrication d'une maquette montrant le mouvement des différentes parties du bras) peut être remplacée par la VIb (Eléments d'évaluation).

## Analyse de la séquence « os et mouvements »

### I. « Qu'est-ce qui rend possible l'extension et la flexion de ton bras ? »

Document élève:

<p>a) Imagine ce qui se passe à l'intérieur du bras et dessine, dans les deux silhouettes ci-dessous, les parties qui sont impliquées dans le mouvement d'extension (première silhouette) et de flexion (deuxième silhouette).</p>  <p>d'après Biologie humaine, Paul Walder, éd. LEP</p>	<p>b) Décris ce qui se passe lors de la flexion et l'extension de ton bras en utilisant les termes que tu connais (os, muscles, etc.).</p> <p>Lors de la flexion :</p>    <p>Lors de l'extension :</p>	<p>c) La comparaison entre les différents dessins et les descriptions de la classe t'a permis de découvrir que :</p> <p>Ce dont nous sommes sûrs :</p>    <p>Questions en suspens :</p>
--	--	---

### Modalités de travail :

Les élèves travaillent en groupe de deux. Le travail est suivi par une discussion et une mise en commun des éléments cités par les élèves avec l'ensemble de la classe. Durant cette phase, le maître n'intervient que pour faire préciser certains modèles et susciter une discussion critique et constructive.

La rédaction de la partie « La comparaison entre les différents dessins et les descriptions de la classe t'a permis de découvrir que ... » se fait de manière collective.

### Cette partie permet :

- La confrontation entre les différents modèles mentaux des élèves. Cette confrontation va mettre en évidence d'éventuelles divergences ou ressemblances entre les modèles mentaux des élèves. Ceci devrait permettre de faire évoluer ces modèles et d'en montrer certaines limites.
- D'établir un socle de connaissances communes et de faire émerger les questions qui donnent du sens à la suite.
- D'anonymiser les modèles de groupes (germes de modèles) qui seront appelés modèle A, B, C...
- D'exprimer ses conceptions
- Construire un modèle.

## **Observations :**

Les activités qui vont suivre vont permettre aux élèves de se distancier de leurs modèles mentaux initiaux pour en inventer d'autres. Nous pensons qu'il est important d'anonymiser les productions des groupes en les appelant modèle A, B, C, ... afin que les élèves échangent des idées sur les modèles présentés sans en connaître les auteurs. Ceci devrait éviter les éventuels conflits de loyauté.

Nous avons choisi de ne dessiner que la silhouette du bras et de l'avant-bras, donc de ne pas dessiner les os ou les muscles, afin de faciliter l'émergence des modèles conçus par les élèves. Les textes et dessins permettent aux élèves de préciser, d'une manière ou d'une autre, leur modèle mental.

## II. Observation des mouvements du bras

Document élève:

Observe ce qui se passe lorsque ton/ta camarade procède à une flexion et à une extension de son bras.

- a) Pour cela, pose une main sur son bras et observe la variation de volume des muscles lors de la flexion.
- b) Fais de même pour l'extension.
- c) Décris tes observations lors de :

La flexion

L'extension

d) A l'aide du mètre ruban, mesure le tour du bras (à mi bras) de ton camarade et note cette mesure ci dessous :

lors de la flexion du bras : ..... cm  
lors de l'extension du bras : ..... cm

Quelle conclusion peux-tu en tirer ?

### Modalités de travail :

Les élèves travaillent en binôme. Ceci permet une meilleure observation des changements d'état des muscles lors de la flexion et de l'extension. De plus, cela facilite la prise de mesures.

### Cette partie permet :

Une confrontation entre les modèles A, B, C .... (issus de l'activité I) et de tester la validité de ces modèles. Cette confrontation devrait susciter des discussions qui permettront de faire évoluer les différents modèles initiaux.


### Observations :

L'objectif est de mettre en évidence, par l'observation et les mesures, le changement d'état du muscle fléchisseur et extenseur.



### III. Comment se réalise le mouvement de la patte du lapin

Document élève:

<b>Comment se réalise le mouvement de la patte du lapin ?</b> a. Dissection de la patte du lapin (voir partie intégrale du document élève, en annexe).	b. Donne ta définition des éléments énumérés dans le tableau ci-dessous, d'après ce que tu as vu lors de la dissection.	
	<b>Nom :</b>	<b>Définition</b>
	Muscle extenseur	
	Muscle fléchisseur	
	Tendon	
	Ligament	
Articulation		

#### Modalités de travail :

La dissection peut être faite en démonstration ou par groupes de 3-4 élèves, selon les moyens à disposition.

#### Cette partie permet:

Une confrontation des modèles A, B, C, ... au réel (la patte de lapin) et de les modifier (valider/invalider).

#### Observations :

Cette dissection permet d'observer des éléments qui n'ont pas encore été mentionnés ou vus par les élèves comme: les ligaments, les tendons, les articulations, le muscle extenseur et le muscle fléchisseur.

Implicitement, nous avons fait le choix d'utiliser la patte antérieure du lapin comme prototype du bras humain. Les différentes parties qui permettent le mouvement (muscles, tendons, etc.) sont plus facilement identifiables et visibles que sur l'aile du poulet.

Nous attirons l'attention sur le fait que, pour un membre antérieur, le muscle le plus développé chez l'humain est le muscle fléchisseur, tandis que chez le lapin, il s'agit du muscle extenseur.

## **IV. Fabrication d'une maquette du mouvement des différentes parties du bras**

Document élève:

---

### **Fabrication d'une maquette montrant le mouvement des différentes parties du bras.**

Avec le matériel mis à ta disposition (carton, attaches parisiennes, scotch, ficelle, ...) et sur la base des activités faites auparavant, construis les parties impliquées dans le mouvement du bras.

Tu couperas dans le carton les parties qui vont représenter les os.

Les ficelles vont représenter les muscles avec leurs tendons.

Les attaches parisiennes permettront d'articuler les os entre eux.

Attention: dans ton modèle il sera important de comprendre comment se fait le mouvement (par exemple en tirant sur la ficelle il doit y avoir mouvement du bras).

---

### **Modalités de travail :**

Dans un premier temps, les élèves font un croquis individuel de la maquette à réaliser.

Dans un second temps, des groupes sont créés. Au sein de chaque groupe, les projets individuels sont discutés, critiqués. Chaque groupe a pour tâche de créer un projet unique qui sera ensuite réalisé lors de la construction de la maquette.

### **Cette partie permet :**

- De dégager les points forts mais également les limites de chaque modèle conçu individuellement.
- De susciter la confrontation des différents modèles au travers de la discussion entre pairs.
- D'amener les élèves vers un modèle institutionnalisé en classe.
- De construire un modèle en trois dimensions.

### **Observations :**

Le maître doit prendre en charge le fait de mettre en exergue les limites des modèles proposés. Il n'y a pas un modèle parfait, mais on cherche le modèle qui répond mieux au problème posé.

Si plusieurs classes font ce même travail en parallèle, il serait intéressant de proposer aux élèves d'une classe un modèle conçu par une autre classe.

L'objectif de cette modélisation est de trouver le lieu d'attache des tendons permettant le mouvement d'extension et de flexion.

## V. Mise en évidence des éléments agissant sur le mouvement du bras

Document élève :

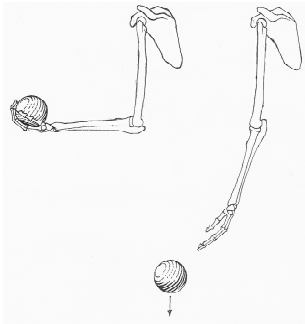
---

### Mise en évidence des éléments agissant sur le mouvement du bras

Voici, ci-dessous, un schéma illustrant le mouvement du bras et de l'avant-bras chez l'homme. La balle est lourde, lors de la flexion, l'effort est donc considérable. A la fin de l'extension la balle tombe.

**Seuls les os ont été dessinés.**

**a.** En te basant sur tout ce que tu as appris dans les cours précédents, complète le schéma en plaçant les muscles et les tendons concernés par le mouvement, au bon endroit.



**b.** Décris ce qui se passe lors de la flexion et lors de l'extension.

Lors de la flexion :

Lors de l'extension :

d'après Biologie humaine (Livre du maître), Paul Walder, éd. LEP

---

### Modalités de travail :

Travail individuel.

### Cette partie permet :

- D'évaluer si le processus de modélisation a abouti à un modèle institutionnalisé dans la classe.
- D'utiliser des modèles dans un contexte.

### Observations :

Les diverses activités réalisées au préalable ont permis la confrontation entre différents modèles et entre ces modèles et la réalité :

- émergence et recueil des modèles mentaux des élèves,
- discussions en classe entière portant sur les points forts et les limites de différents modèles,
- confrontation en groupe de différents modèles élaborés individuellement,
- confrontation au réel au moyen de la dissection.

Les allers-retours entre le réel et les modèles des élèves, c'est-à-dire les négociations qui ont eu lieu tout au long de ces activités, devraient avoir permis aux modèles mentaux des élèves d'évoluer, de se modifier pour prendre la forme d'un modèle plus performant qui tend vers le modèle que le maître veut institutionnaliser en classe.

Ce cheminement place le savoir dans un contexte proche du réel ce qui, selon nous, donne du sens aux notions abordées en classe.

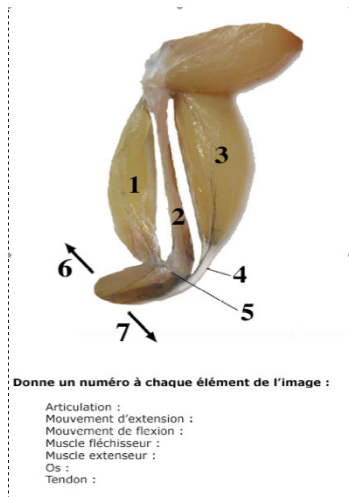
## VI. Éléments d'évaluation

### Document élève

---

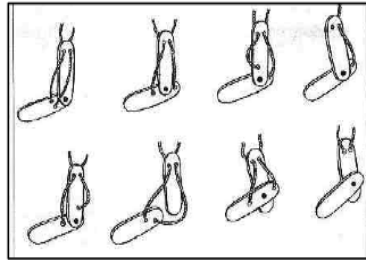
#### Éléments d'évaluation

a. Dissection de la patte de grenouille.



<http://eds24.free.fr>

b. Parmi ces maquettes de bras, choisis-en une qui peut **fonctionner**. et justifie ton choix.



<http://www.ac-grenoble.fr/ecole/peyrins/Locomotion/R-Locomotion.htm>

---

Il s'agit d'exemples de questions qui permettent d'identifier les limites du modèle.

Comme indiqué précédemment, les maquettes de la partie VI.b peuvent remplacer l'activité IV, si le temps à disposition n'est pas suffisant pour faire toute la séquence.

## Chapitre 3

### Peut-on accéder à la réalité sans modèle ? Quels liens entre la réalité, le modèle et la connaissance ?

Florence Coulin Talabot & Laurent Zahnd

#### **Introduction :**

En science, nous essayons de décrire ce que nous voyons et de comprendre les phénomènes qui nous entourent. Plus nous décrivons et plus des détails complexes apparaissent. Plus nous essayons de comprendre et plus nous nous rendons compte de notre ignorance. Cette dualité entre réalité et connaissance est complexe. Cette situation est d'autant plus complexe pour les enseignants lorsqu'il faut transmettre des connaissances à un public pour leur faire comprendre la réalité. Comment établir un lien entre la réalité, insaisissable, et la connaissance, toujours plus complexe ? Pour faire le lien entre la réalité et la connaissance, les scientifiques sélectionnent un certain nombre d'éléments observables et construisent différents modèles pour rendre cette réalité plus compréhensible et trouver des explications aux questionnements. Ces modèles jouent donc le rôle d'une sorte de représentant de « la réalité ».

L'utilisation du modèle en biologie est inévitable puis qu'il permet justement de faire le lien entre la réalité et la connaissance. André Giordan (1991) nous fait cependant remarquer que "Les modèles conventionnels de la cellule, de l'atome, de la molécule, de l'ADN, pour ne prendre que quelques-uns parmi les plus célèbres, ne sont pas la réalité, comme le croit le grand public, et même certains enseignants scientifiques ; ce sont des outils élaborés à des fins de description et de compréhension".

Dans le cadre de la recherche scientifique, on peut facilement se rendre compte, à travers les livres et la documentation, que les modèles sont des outils élaborés par des scientifiques pour expliquer le monde. Mais l'erreur serait de penser que ces modèles sont la « réalité ». C'est en fait la phase d'élaboration qui permet de comprendre le statut explicatif ou descriptif du modèle. Cette construction nous permet effectivement de prendre conscience que le modèle n'est pas la « réalité » puisqu'il a été fabriqué de toute pièce. Il nous permet simplement de mieux comprendre ou de mieux expliquer cette « réalité ». C'est cette modélisation qui nous pousse à approfondir nos connaissances afin de réaliser le meilleur modèle possible. La modélisation elle-même est un outil de construction du savoir et permet de mettre d'accord un groupe de personnes par un consensus scientifique.

Par exemple, imaginons des élèves qui regardent au microscope des cellules d'oignons. S'ils n'ont pas de modèle, de représentation cellulaire, et qu'on leur demande de dessiner ce qu'ils voient, la plupart du temps, ils dessinent des bulles d'air ou des formes, mais pas des cellules. Dès le moment où ils savent que les cellules ont telle ou telle forme et qu'elles ont un noyau, une membrane etc., ils vont pouvoir rechercher dans la préparation ce qui va correspondre au modèle théorique qu'ils connaissent.

En biologie et plus globalement en sciences, nous nous efforçons de comprendre le monde qui nous entoure : la « réalité ». Celle-ci nous échappe mystérieusement car elle n'est accessible que par les mesures ou les sens. Suffit-il donc de proposer, montrer et expliquer un modèle pour comprendre le monde qui nous entoure ? Et peut-on accéder à la « réalité » sans modèle ? Le modèle sert-il uniquement à apporter une connaissance théorique ? Ou alors sert-il à apporter des réponses à un questionnement et à prédire des phénomènes ?

Pour ces questions en classe, nous sommes partis d'une séquence de deux périodes de 45 minutes, élaborée par un enseignant et testée avec des élèves du cycle d'orientation (école secondaire), 9ème année Harmos, regroupement 1.

L'intention dans cette séquence est de montrer que l'utilisation d'un support physique proche du « réel » (le squelette est fait de vrais os humains) permet à l'élève de construire une modélisation qui l'aidera dans la compréhension d'une « réalité ».

### **Peut-on accéder à la réalité sans modèle ?**

Objectif global : comprendre que la charpente aide à la posture chez l'homme.

Sous-objectifs:

- 1) visualiser un élément interne du corps
- 2) observer pour modéliser
- 3) comparer le dessin d'observation à un schéma

### **Structure de la séquence :**

#### **La question de départ est : « Comment l'homme tient-il debout ? »**

Cette question touche le monde réel de l'élève. Les élèves peuvent facilement observer que les êtres humains tiennent debout. C'est un phénomène observable. Mais on ne peut pas répondre à cette question sans observer la structure d'un homme. Le fait d'isoler un squelette de son corps, c'est déjà une façon de proposer un modèle de la réalité évidemment plus complexe qu'un simple squelette. Mais la question ici est précise et l'observation du squelette permet en partie d'y répondre. L'élève est face à un problème et un modèle lui permettra d'y répondre.

#### **Élaboration d'hypothèses**

Les élèves de cette classe donnent leurs hypothèses. L'idée du squelette ne vient pas immédiatement. Certains élèves pensent plutôt que l'homme tient debout grâce à la force des muscles, ce qui n'est pas faux mais pas suffisant. Après discussion entre les élèves et l'enseignant, ils conviennent qu'on peut rester debout, sans trop d'effort musculaire. D'autres élèves pensent à notre système d'équilibre grâce à l'oreille interne. Le sens de l'équilibre évite de tomber mais il ne suffit pas pour tenir debout. L'enseignant propose, sous la forme d'un indice, de comparer l'homme avec une limace. Cette indication leur a apparemment suffi pour penser au squelette. La question du serpent n'est pas venue mais on pourrait l'exploiter dans le sens de la locomotion, et comparer la vitesse de déplacement d'une limace et d'un serpent, mais ce n'est pas la question pour l'instant. Par ailleurs, on pourrait se dire que l'homme est une des seules espèces qui tient véritablement debout, on pourrait travailler sur cette question de façon plus globale en parlant du système de locomotion et modifier la question en « comment les animaux font-ils pour tenir sur leurs pattes ? ». Le choix dépend de l'objectif fixé.

#### **Présentation d'un modèle physique**

Le modèle utilisé ici est le squelette humain. L'avantage de cet exemple est que les élèves ont la possibilité de voir le squelette et de pouvoir sentir quelques-uns de leurs propres os. C'est un modèle physique isolé de son milieu d'origine. Ce modèle est composé de vrais os humains (selon les établissements en plastique). Il est réel mais il reste un modèle puisqu'il a été sorti du corps et reconstitué. Cependant, on doit pouvoir imaginer qu'une des fonctions du squelette est de maintenir un être humain debout avec

un minimum d'effort. L'élève peut sentir son vrai squelette sur lui-même mais il ne peut pas le voir. Il peut le sentir en touchant les articulations, la clavicule, le crâne, etc. Le fait de présenter le squelette lui permet de confronter une partie du monde réel avec son modèle qu'il va devoir construire et modifier. Cela permet par ailleurs de mettre une image sur cet objet, de comprendre sa fonction et sa composition.

### **Modélisation par un dessin d'observation**

L'activité de modélisation consiste à dessiner le squelette humain. Le terme modélisation est ici utilisé dans son sens le plus général soit : faire évoluer le modèle qui est dans la tête de l'élève (et trop complexe pour l'exprimer par un dessin simple) vers un modèle de consensus reconnu par le monde scientifique et représentatif d'une majorité. L'élève utilise donc ce modèle de squelette humain pour affiner ou modifier sa propre conception. Dans ce cadre-là c'est une modélisation.

L'élève doit réaliser donc un dessin de squelette humain selon sa propre observation. A ce stade, il n'a pas encore reçu de schéma de squelette. Il le construit lui-même. Le dessin n'a pas besoin d'être précis étant donné la complexité de l'exercice et les résultats varient beaucoup d'un élève à l'autre. Le but ici n'est pas d'obtenir un résultat parfait mais plutôt de permettre à l'élève d'élaborer un modèle de son observation, d'en discuter et de le faire évoluer.

### **Comparaison avec un autre modèle**

Un schéma du squelette est ensuite transmis aux élèves. Il s'agit ici de donner la représentation du squelette sous une autre forme : une image. C'est une autre façon de représenter le squelette humain. Déjà ici, l'élève a la possibilité de voir que le schéma donné est simplement une représentation du squelette observé. A ce stade, l'élève s'est confronté à un squelette réel, il a effectué une première étape de modélisation qu'il peut faire évoluer grâce à un schéma type de squelette humain. La modélisation lui permet également de mieux faire le lien et la transition entre une réalité et un modèle issu d'un consensus scientifique.

### **Recherche dans un livre de référence**

Pour trouver la légende des os, l'élève utilise un livre qui se trouve dans la classe et qui contient un autre dessin de squelette humain avec une légende. Il doit donc utiliser un modèle différent, vu de profil. L'élève décode un document présenté par le livre et il est capable d'utiliser le modèle proposé par le livre pour transposer les mots. Il a par ailleurs la possibilité de voir que le squelette peut être présenté de différentes manières. C'est une forme d'institutionnalisation.

### **Légènder un schéma**

L'élève transpose les mots de légende sur le schéma. La transposition aurait pu être plus poussée sur leur propre dessin, mais le dessin chez certains élèves aurait rendu cette tâche irréalisable. Cette activité de modélisation permet de produire un certain savoir chez les élèves. Ils peuvent ainsi faire le lien entre les différentes parties et les noms des os donnés.

#### ***Analyse de la séquence.***

Par rapport au questionnement "comment l'homme tient-il debout", l'élève a vu la solidité du squelette, sa structure, et son rôle. Et il est évident que l'élément squelette est encore incomplet pour répondre à cette question et qu'il faudrait ajouter d'autres éléments : muscles, tendons, oreille interne etc. Et là on se rend compte que la réalité est complexe et qu'un modèle permet de répondre à une partie d'un questionnement.

Dans le point 1 de la séquence, le modèle répond-il à la question de départ ? Tout d'abord, nous pouvons remarquer un certain nombre d'éléments :

Le modèle du squelette permet de bien comprendre la notion de charpente mais ne permet pas de répondre de façon complète à la question de départ.

La question implique d'étudier à la fois l'ossature mais aussi les muscles et tendons. Pour répondre à cette question, l'enseignant choisit de s'en tenir au squelette dans l'idée de prolonger cette séquence en comparant l'ossature de plusieurs animaux et leur locomotion spécifique.

Cependant, l'enseignant au moment de choisir son modèle et son utilité dans sa séquence a lui-même dans sa tête un modèle concret (ex ici le squelette, lié aux muscles et tendons permet de faire tenir l'humain debout). L'élève n'a pas forcément de modèle, ou pas celui-ci (exemple ici : l'enseignant a eu ici comme intention de faire modéliser le squelette humain en le faisant dessiner pour que l'élève ait une représentation claire du squelette. Il a aussi le modèle dans sa tête que le squelette répond à des fonctions motrices spécifiques dans la locomotion, ce que l'élève, lui, peut-être ignore. Si l'élève n'a pas ce modèle, il lui sera sans doute difficile de faire le lien. Donc la question est comment l'aider à prendre conscience de ses représentations ? Il est donc vital que l'enseignant prenne conscience de ses propres modèles et de ses intentions avant de formuler un objectif et une question de départ.

Au point 4 de la séquence, le dessin d'observation est une façon de permettre à l'élève de représenter son propre modèle schématique du squelette humain. C'est une modélisation qui sert à la description.

S'il n'y a pas de conscience qu'on utilise un modèle ou si on n'a pas conscience que le modèle doit répondre à une question bien précise, on passe à côté des questions fondamentales de la modélisation. La modélisation possède des règles, transmet des concepts et elle est utilisée dans une séquence pour amener les élèves au but à atteindre, c'est dire répondre à une question précise.

La construction d'un modèle, ou modéliser, est la démarche qui lui permet d'être actif dans sa propre compréhension du monde. Cette démarche peut certainement l'aider à développer sa curiosité et son sens de la recherche.

Revenons à la séquence proprement dite.

Ici le modèle du squelette humain sert à ce que l'élève se rende compte de sa structure et son rôle, de faire ensuite des liens avec les autres squelettes animaux, puis de pouvoir transposer l'assemblage des os dans des fonctions de locomotions et d'être à même de comparer celles-ci. L'enseignant a dans sa tête un modèle qui lie fonction et squelette et c'est dans ce sens qu'il veut emmener les élèves pour ensuite comparer les squelettes de deux animaux : le léopard et le guépard.

La question est-elle alors adéquate ici ? Dans l'idée où le modèle de l'enseignant est explicite et compris comme regroupant plusieurs sous-entendus, oui puisque son intention est au final de déboucher sur la visualisation de la charpente humaine.

Sinon elle pourrait en effet être formulée différemment. On peut se poser la question : « que veut-il vraiment démontrer avec son squelette humain ». Si c'est le fait de poser une image du squelette qui est proche du réel des élèves, peut-être alors pourrait on la poser autrement :

- Comment est constitué et à quoi sert un squelette ?
- Une maison comporte une charpente pour soutenir un toit, et chez nous comment ça marche ?



- Un humain marche debout, pourquoi pas une vache ? (dans l'idée des différences de squelette sur la locomotion).
- ...

## **Conclusion**

En biologie, de nombreux modèles sont souvent utilisés de manière implicite. L'enseignant utilise ces modèles pour expliquer et faire comprendre aux élèves les êtres vivants. Cependant, le modèle ne suffit pas pour expliquer la complexité car il est lui-même par définition réducteur. Dans le modèle, ce qui est véritablement intéressant, pour le scientifique, l'enseignant ou les élèves, c'est sa phase de construction. Le modèle est construit au départ dans un but bien précis, répondre à une question posée, et non pour se substituer à la réalité. Dès lors, il est important de procéder avec les élèves à la construction de certains modèles à partir d'une question ou d'une situation donnée.

Le modèle est un outil intermédiaire entre réalité et connaissance. Celui-ci va nous aider à faire le lien entre ces deux mondes. Il simplifie les phénomènes observés et rend la nature plus compréhensible. Il ne représente donc pas la réalité. Il ne permet pas non plus de synthétiser toute la connaissance. C'est un outil fabriqué par une certaine connaissance du monde « réel ». Il permet essentiellement de répondre à une question précise. Par ailleurs, le modèle fabriqué devrait idéalement être transférable à une autre question du même type.

Pour comprendre le rôle du modèle, il est important de le construire pour éviter de confondre modèle et « réalité ». C'est la construction du modèle qui permet de faire la distinction entre les deux mondes. Faire modéliser, c'est à dire faire construire le modèle par l'élève, lui permet certainement de mieux comprendre le statut du modèle et peut-être aussi de lui faciliter l'accès à une connaissance complexe.

Au final, pour comprendre l'impact du modèle et son rôle, il est important que l'enseignant mentionne aux élèves, et soit clair avec lui-même dans son intention d'utilisation du modèle, que le modèle n'est pas la réalité mais seulement une représentation simplifiée. La biologie est une science très complexe d'interactions multiples entre différents éléments. Il est essentiel donc qu'il se pose la question avant de préparer sa séquence, de savoir quel modèle il veut utiliser, quelle est son intention dans son utilisation et ce qu'il attend que les élèves découvrent, apprennent, comprennent, pratiquent avec ce modèle et si celui-ci est adéquat pour représenter au mieux la réalité. Il est donc responsable du choix du modèle et de se poser la pertinence de celui-ci pour construire sa séquence. C'est sûr qu'on a tendance à utiliser les modèles qu'on connaît, ceux qu'on a à disposition dans son établissement comme des squelettes humains ou d'animaux et donc qu'il sera important d'en tenir compte dans le choix des modèles en adaptant la question ou le modèle pour atteindre l'objectif visé. Si le modèle est bien choisi et que l'élève a pu construire et comprendre son utilité, il sera alors capable de transposer ses connaissances à d'autres organismes et d'autres fonctions. Le but est alors atteint.

Il est important à nos yeux que l'enseignant se rende compte que l'activité de modélisation est une façon d'accéder à la compréhension de la « réalité ». En fait dès qu'une personne commence à décrire la réalité qu'elle voit, connaît, elle utilise un modèle.

Comment faire prendre conscience à l'élève de la complexité de la « réalité » ? Tout ce qu'on peut faire c'est la découper en petit morceau avec des angles de vues très différents selon notre angle d'observation, comme les multiples facettes d'un cristal. C'est la question de départ et les modèles physique/ressources à disposition qui définissent l'angle d'observation. Peut-être qu'il est judicieux de présenter différents angles de vue sur une même problématique ? Il est vrai qu'un modèle permet de décrire une partie de la

« réalité » mais attention de ne pas les confondre, l'un étant au service de l'autre.

### **Références**

BACHELARD, G. (1947). La formation de l'esprit scientifique: Vrin Paris;.

COQUIDE, M., Le Maréchal J.-F., 2006, Modélisation et simulation dans l'enseignement scientifique : usages et impacts, Aster, n°43

COQUIDE, M., 25 mai 2011, Investigations et modélisations du vivant, Université de Genève

GIORDAN A., 1991 La modélisation dans l'enseignement et la vulgarisation des sciences. Impact: sciences et société, n°164, p.338

MARTINAND, J. L. (1996). Introduction à la modélisation. Paper presented at the Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques. Cachan Paris

RUMELHARD, G. (1995). De la biologie contemporaine à son enseignement. In Develay.M. (Ed.), Savoir scolaire et didactique des disciplines (pp. 317). Paris: ESF

## **Exemple de séquence didactique : Le squelette humain – programme 9<sup>ème</sup>**

### **Contexte :**

anatomie du squelette humain  
2 heures de cours  
Le lundi 9 janvier 2012  
Classe 912 regroupement 1

### **Séquence :**

Question de départ + hypothèses  
Modèle du squelette humain  
Modélisation du squelette par les élèves : dessins  
Schéma du squelette, à légender  
Mettre la légende à l'aide d'un document  
Correction sur rétro-projecteur

### **I. Comment l'homme tient-il debout ?**

Hypothèses:

Qerim : je pense que nous tenons debout grâce à un champ magnétique.

Carlos : je pense que c'est grâce aux muscles.

Joao : je pense que c'est grâce au bassin.

Glenn : J'imagine que c'est par la force des pieds.

Sandra : je pense que c'est le cerveau qui dirige tout.

Thaynara : j'imagine que c'est grâce au bassin.

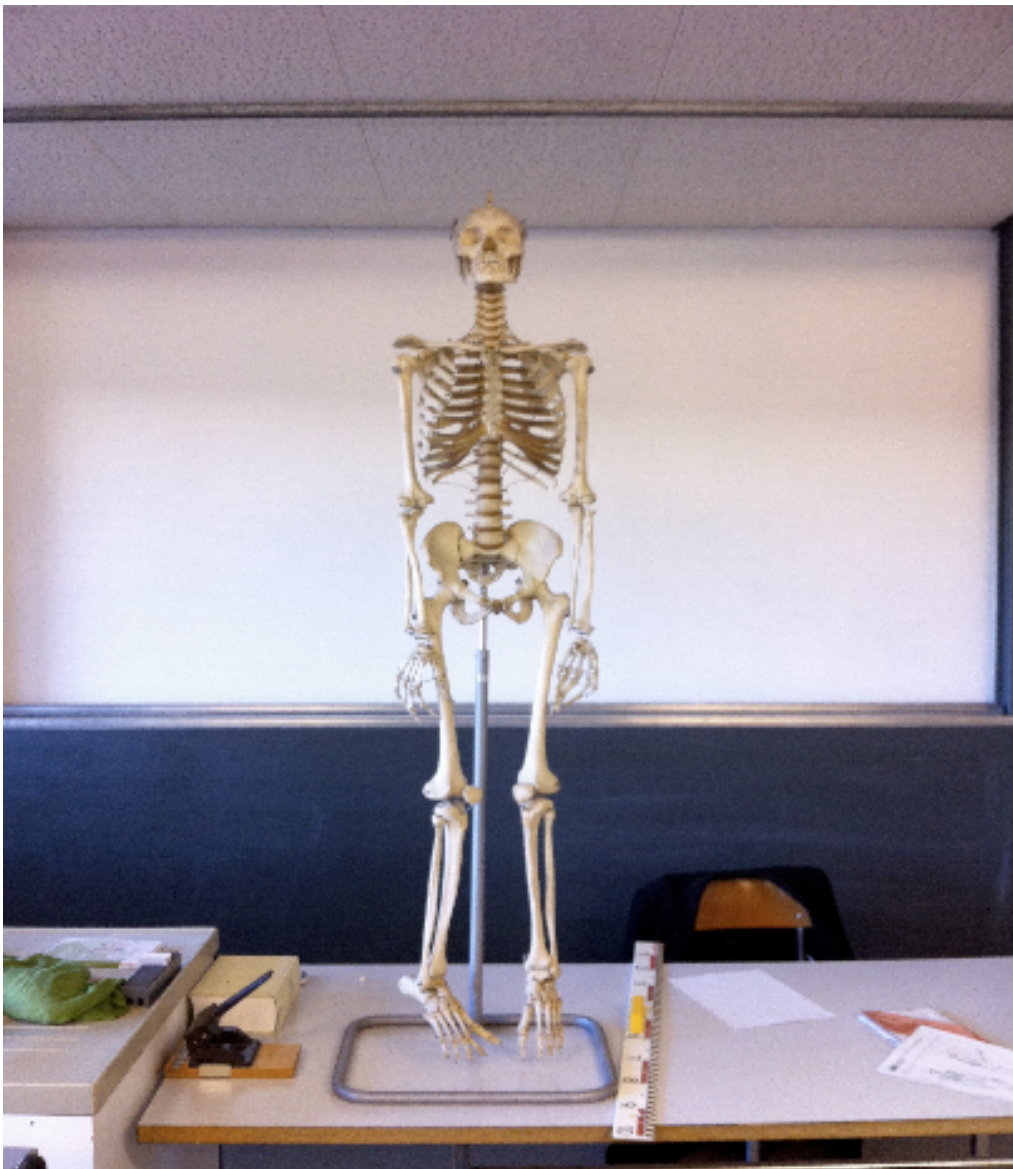
Ismaïl : je pense que c'est l'oreille interne qui donne l'équilibre.

Michaël : je n'ai pas d'idée.

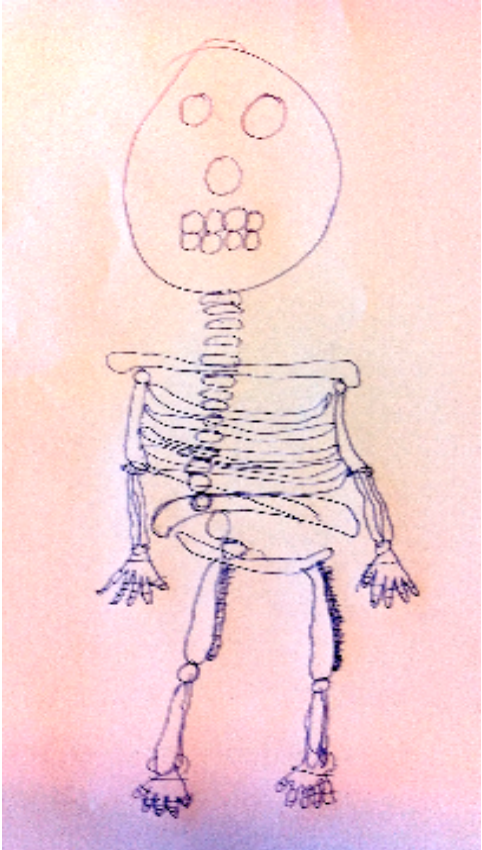
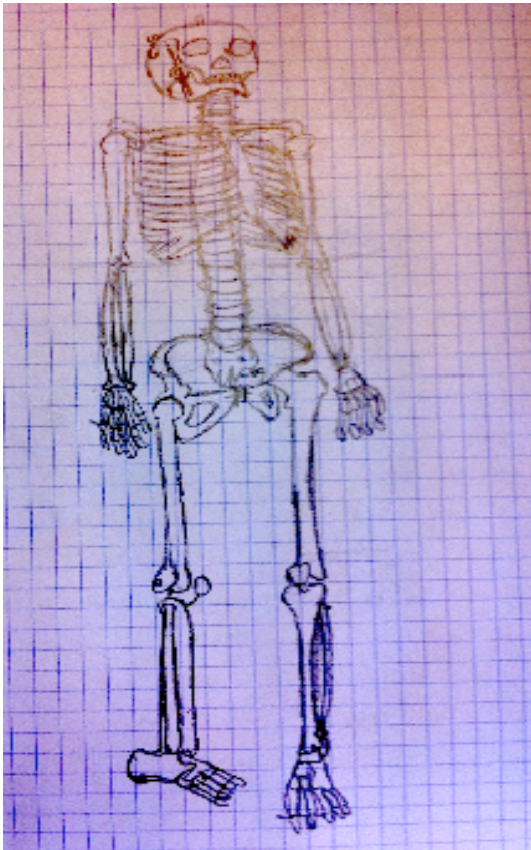
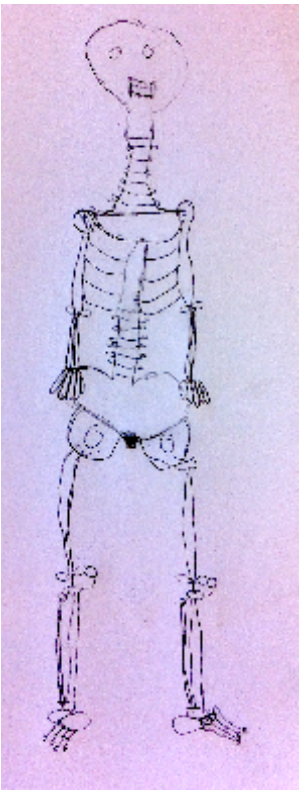
Jasmina : je crois que c'est grâce à la gravité.

Yverline : je pense que c'est grâce à la gravité aussi.

## II. Modèle physique du squelette humain



III. Exemples de dessins d'élèves 912R1

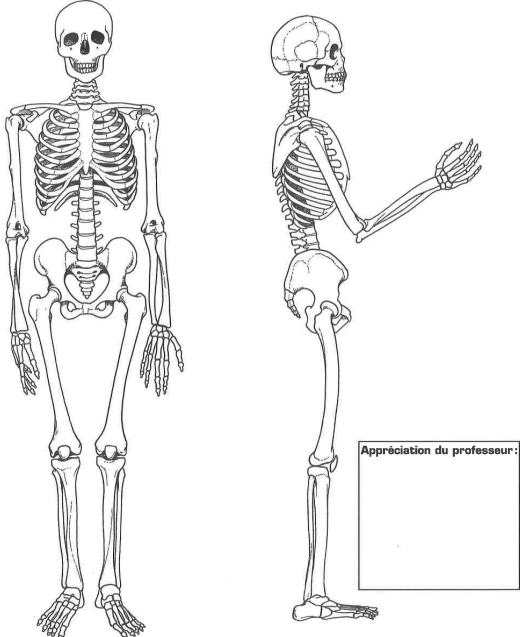


#### IV. Schéma d'un squelette humain distribué aux élèves.

Réaliser une légende à partir du document suivant.

**Fiche 6** Tu légendes un schéma à partir d'un texte descriptif.

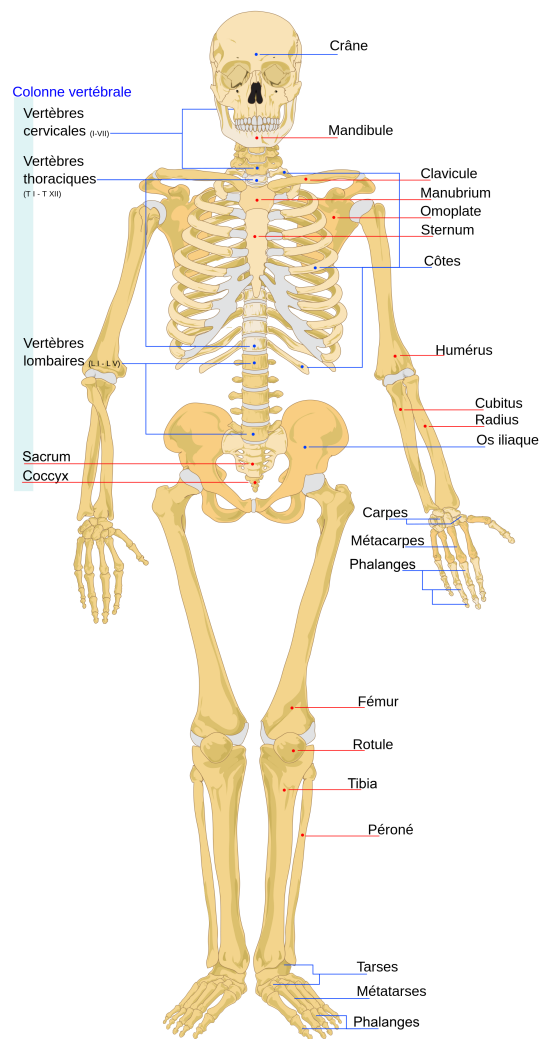
À l'aide du texte et du tableau des pages 90 et 91 de ton manuel, légende les deux dessins ci-dessous.



Appréciation du professeur:

Source : Bertrand-Renaud, S. et Mols J. 2001, Je construis mes apprentissages en sciences au première degré, Fiches-outils, De Boeck et Larcier

## V. Document correctif projeté au rétroprojecteur



Source de l'illustration : [http://fr.wikipedia.org/wiki/Squelette\\_humain](http://fr.wikipedia.org/wiki/Squelette_humain), consulté le 30.7.2012