

APPROCHE INTERDISCIPLINAIRE : MATHÉMATIQUE ET BIOLOGIE

Joëlle LAMON et Gwenaëlle LECLERCQ
HEFF, 23 mars 2012

PLAN DE L'EXPOSÉ

1. Comparaison des compétences transversales
2. Les classifications en biologie et en mathématique
 - a) Point de départ
 - b) Spéciation ou classement par inclusion
 - c) Cladogénèse ou séparation par tris successifs
 - d) Choix de l'arbre le plus probable et principe de parcimonie
 - e) Cas de l'intersection
 - f) Autres méthodes / Méthode du groupe externe
 - g) Conclusion : étapes d'une classification
3. Rôle des nouvelles technologies
4. Conclusion

1. Comparaison des compétences transversales

Premiers constats :

- Rédaction par des équipes sans concertation :
structure globale et niveau de précision différents ;
- Pas de souci de mettre en évidence les similitudes par des formulations identiques.

- **Rigueur et éthique scientifiques**

En sciences :

- *rapporter ce que l'on **observe** et non ce que l'on pense devoir observer ;*
- *reconnaitre les **limitations** du travail entrepris ;*
- *s'investir dans une étude sérieuse et une **analyse critique** des questions mises au débat et, le cas échéant, suspendre son jugement.*

En mathématique :

- *comprendre un message, en **analyser la structure** et repérer les idées centrales ;*
- *rechercher des **informations utiles** et exprimées sous différentes formes.*

Ajouts possibles : données explicites, attitude critique, limites.

- *Equilibre entre ouverture d'esprit et scepticisme*

En sciences :

- être ouvert aux idées nouvelles et inhabituelles, mais suspendre son jugement s'il n'existe pas de **données plausibles** ou **d'arguments logiques** à l'appui de ces idées ;
- reconnaître les explications inconsistantes, les généralisations abusives et **les failles** dans une argumentation ;
- se poser la question : « **Comment** est-on arrivé à ces conclusions ? » ;
- chercher à se documenter à diverses sources, en **confrontant** les informations recueillies.

En mathématique :

- **comprendre** un message, en analyser la **structure** et repérer les idées centrales ;
- **rechercher des informations** utiles et exprimées sous différentes formes.

Dans les compétences mathématiques, peu d'accent sur l'analyse critique du raisonnement d'autrui, pas de "recherche documentaire".

- **Curiosité**

En sciences :

- *s'étonner, se poser des questions* sur les phénomènes qui nous entourent ;
- *rechercher* des réponses.

En mathématique :

Peu d'accent sur les liens avec la vie quotidienne



- *S'approprier des concepts fondamentaux, des modèles ou des principes*

En sciences :

- *en évaluer la portée et les limites ;*
- *les utiliser pour rendre compte des faits observés ;*
- *les utiliser dans des explications argumentées ou des prévisions.*

En mathématique :

- *choisir une procédure adéquate et la mener à son terme ;*

(Socles : Evoquer et réactiver des connaissances, des démarches, des expériences en relation avec la situation ; Utiliser directement et dans un même contexte une règle apprise, une méthode, un énoncé ; Se servir dans un contexte neuf de connaissances acquises antérieurement et les adapter à des situations différentes)

- **Recherche et expérience**

En sciences :

Conduire une recherche et utiliser des modèles

- **rechercher** l'information adéquate, en estimer le crédit et, le cas échéant, consulter un spécialiste ;
- **élaborer des modèles** en faisant bon usage des boîtes noires ;
- **utiliser des modèles** en tenant compte de leur domaine de validité ;
- imaginer des **procédures expérimentales** ;
- élaborer une **synthèse critique**.

Utiliser des procédures expérimentales

- **détecter** un problème, observer un phénomène ;
- **repérer** les principaux facteurs qui peuvent influencer un phénomène, faire des prédictions ;
- **concevoir** une expérience ;
- **réaliser** une expérience ;
- **analyser** les résultats obtenus ;
- **rendre compte** de l'expérience sous la forme d'un rapport (écrit et/ou oral).

- *Recherche et expérience*

En mathématique :

- **observer** à partir des acquis antérieurs et en fonction du but à atteindre ;
- **formuler une conjecture**, dégager une méthode de travail ;
- rassembler des arguments et les organiser en une **chaîne déductive** ;
- **choisir une procédure** adéquate et la mener à son terme ;
- **utiliser certains résultats** pour traiter des questions issues d'autres branches (sciences, sciences sociales, sciences économiques) ;
- **présenter ses résultats** dans une expression claire, concise, exempte d'ambiguïté ;
- reconnaître une **propriété commune** à des situations différentes ;
- **étendre** une règle, un énoncé ou une propriété à un **domaine plus large** ;
- formuler des **généralisations** et en contrôler la **validité**.

Construction plus théorique d'un raisonnement , pas d'aspect "narration de recherche".

- **Raisonnement**

En sciences :

- *Bâtir un raisonnement logique*

En mathématique :

- *formuler une conjecture, dégager une méthode de travail ;*
- *rassembler des arguments et les organiser en une chaîne déductive ;*
- *choisir une procédure adéquate et la mener à son terme ;*
- *rédigier une explication, une démonstration ;*
- *produire un dessin, un graphique ou un tableau qui éclaire ou résume une situation.*
- *étendre une règle, un énoncé ou une propriété à un domaine plus large ;*
- *formuler des généralisations et en contrôler la validité ;*
- *organiser des acquis dans une construction théorique.*

Aspect beaucoup plus complet en mathématique, avec le danger de considérer la biologie, comme une science uniquement descriptive.

• **Communication**

En sciences :

- utiliser un **langage correct et précis** respectant les conventions, les unités et les symboles internationaux ;
- **décrire les procédures** suivies pour que d'autres puissent répéter l'expérience ou résoudre le problème ;
- **utiliser différentes formes** de présentation comme les tableaux, graphiques, schémas, diagrammes, plans, croquis...
- défendre un point de vue de manière **structurée**.

En mathématique :

- maîtriser le **vocabulaire**, les **symboles** et les **connecteurs** «si...alors », «en effet», «par ailleurs», «ainsi» ;
- **rédigier une explication, une démonstration** ;
- présenter ses résultats dans une **expression** claire, **concise, exempte d'ambiguïté** ;
- **produire un dessin, un graphique ou un tableau** qui éclaire ou résume une situation.

Compétences proches

• *Résolution d'applications concrètes*

En sciences :

- *cerner* la question et sélectionner les données utiles ;
- *concevoir une stratégie* qui permette de répondre à la question qui a été posée ;
- *vérifier* si le résultat est plausible et, le cas échéant, en estimer l'incertitude ;
- *réfléchir sur les méthodes, raisonnements et procédures utilisés.*

En mathématique :

- *comprendre* un message, en analyser la structure et repérer les idées centrales ;
- *rechercher* des informations utiles et exprimées sous différentes formes.
- *observer* à partir des acquis antérieurs et en fonction du but à atteindre ;
- *formuler* une conjecture, *dégager une méthode de travail* ;
- *rassembler* des arguments et les *organiser* en une chaîne déductive ;
- *choisir* une procédure adéquate et la *mener* à son terme ;
- *formuler* des généralisations et en *contrôler* la validité ;

Compétences proches.

- **Utilisation d'outils**

En sciences :

- Utiliser les **outils mathématiques** et informatiques adéquats

En mathématique :

Cet aspect est absent des compétences transversales, mais présent dans des compétences disciplinaires :

- pour l'étude des fonctions : le recours aux **calculatrices graphiques, aux ordinateurs** ouvre des possibilités de conjecture, d'allègement des calculs et de validation ;
- en algèbre ou on demande un bon usage des **outils de calcul électroniques** ;
- en géométrie, où l'on évoque des tracés à main levée et aux instruments, éventuellement à l'aide de **logiciels** ;
- en traitement de données, où l'on mentionne une démarche expérimentale, intuitive, utilisant largement les **moyens modernes de calcul**.

Plus de précision en mathématique ; rôle des maths pour la biologie bien mis en évidence.

- **Interdisciplinarité**

En sciences :

- établir un lien entre les pratiques expérimentales en **physique, chimie et biologie** ;
- établir un lien entre les développements des sciences et des technologies et, par exemple :
 - la pratique de **certaines activités** (les industries automobile, agroalimentaire..., le sport...),
 - l'évolution de notre **mode de vie** (mobilité, automatisation, aménagement du temps de travail...),
 - les développements de la **médecine** (espérance de vie, techniques médicales de diagnostic et de soins, mise au point de médicaments, de vaccins...),
 - leur impact sur l'**environnement**,
 - la **vision** que l'on a du monde.
- mettre en évidence le **transfert** de certains modèles, démarches, concepts ou compétences d'une discipline à une autre ;
- en faisant appel à un **exemple historique** ou actuel, situer la construction d'une théorie dans son contexte d'origine et décrire son évolution ainsi que quelques débats qui l'ont accompagnée.

- **Interdisciplinarité**

En mathématique :

- *utiliser certains résultats pour **traiter des questions issues d'autres branches** (sciences, sciences sociales, sciences économiques).*

Le lien avec les mathématiques de la vie quotidienne apparaît dans le texte accompagnant les compétences transversales :

"Avec les autres cours, la formation mathématique contribue à asseoir des compétences nécessaires au citoyen pour traiter, par exemple, les questions ordinaires de consommation, les systèmes électoraux, les sondages et enquêtes d'opinion, les jeux de hasard, la lecture de plans et de cartes, les représentations en perspective, etc..."

Le lien avec les aspects historiques apparaît aussi dans le texte accompagnant les compétences transversales :

"La formation mathématique peut contribuer à faire connaître les apports de toutes les cultures au développement des mathématiques : le triangle de Pascal d'origine chinoise, la relation de Pythagore figurant dans des textes indiens anciens, les fractions connues des Egyptiens, les frises islamiques, etc..."

En sciences, propositions plus proches des technologies et des grands problèmes de société

Conclusion

La plupart des compétences transversales sont proches, mais sont quasiment absents :

- en mathématique : aspect expérimental, analyse critique de raisonnements extérieurs, observation mathématique de la vie quotidienne
- en biologie : construction du raisonnement, recul permettant l'abstraction

2. Les classifications en biologie et en mathématique

a) Point de départ

En biologie :

- objets concrets à observer, ayant le rôle de groupe-échantillon ;
- nombre d'objets toujours en construction, et évolution quantitative au cours du temps pouvant être étudiée ;
- présence d'un aspect temporel et expérimental.

En mathématique :

- modélisation, abstraction directement à partir de la réalité ;
- nombre d'objets à étudier sans importance ;
- pas d'aspect temporel ou expérimental

Dans les deux disciplines : critères positifs permettant la mise en évidence des inclusions (exemples : définition du rectangle, du trapèze isocèle, avoir des vertèbres)

b) Spéciation ou classement par inclusion

En biologie :

- observation des objets de plus en plus fine conduisant à une sériation selon le nombre de propriétés.

Exemple : classement de métazoaires

- squelette interne / osseux / vertébrés / ailes
- squelette externe / carapace articulée / ailes

En mathématique :

- observation des objets de plus en plus fine conduisant à une sériation selon le nombre de propriétés.

Exemple : classement de polyèdres

- prismes / prismes droits / prismes réguliers
- pyramides / pyramides droites / pyramides régulières
- ni prismes ni pyramides

Notons que dans les deux disciplines, ceci permet de travailler sur les quantificateurs (tous les .. sont des ..., etc...), et sur l'implication à ne pas confondre avec sa réciproque.

SQUELETTE INTERNE

OSSEUX

VERTEBRES

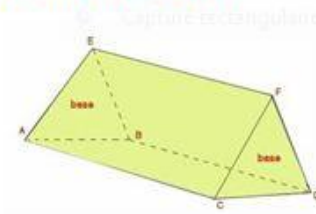
AILES



PRISMES

PRISMES DROITS

PRISMES REGULIERS



SQUELETTE EXTERNE

CARAPACE ARTICULEE

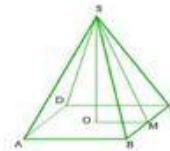
AILES



PYRAMIDES

PYRAMIDES DROITES

PYRAMIDES REGULIERES



c) **Cladogénèse ou séparation par tris successifs**

En biologie :

Construction d'un arbre en choisissant successivement les **critères les plus appropriés**.

Si on change l'ordre des critères, on peut obtenir un classement différent. Cependant, en biologie, il y a une priorité dans les critères (exemple : squelette interne ou externe), ce qui laisse moins de part à l'imagination qu'en mathématique. Une hiérarchie est impliquée par l'historique de développement des caractères.

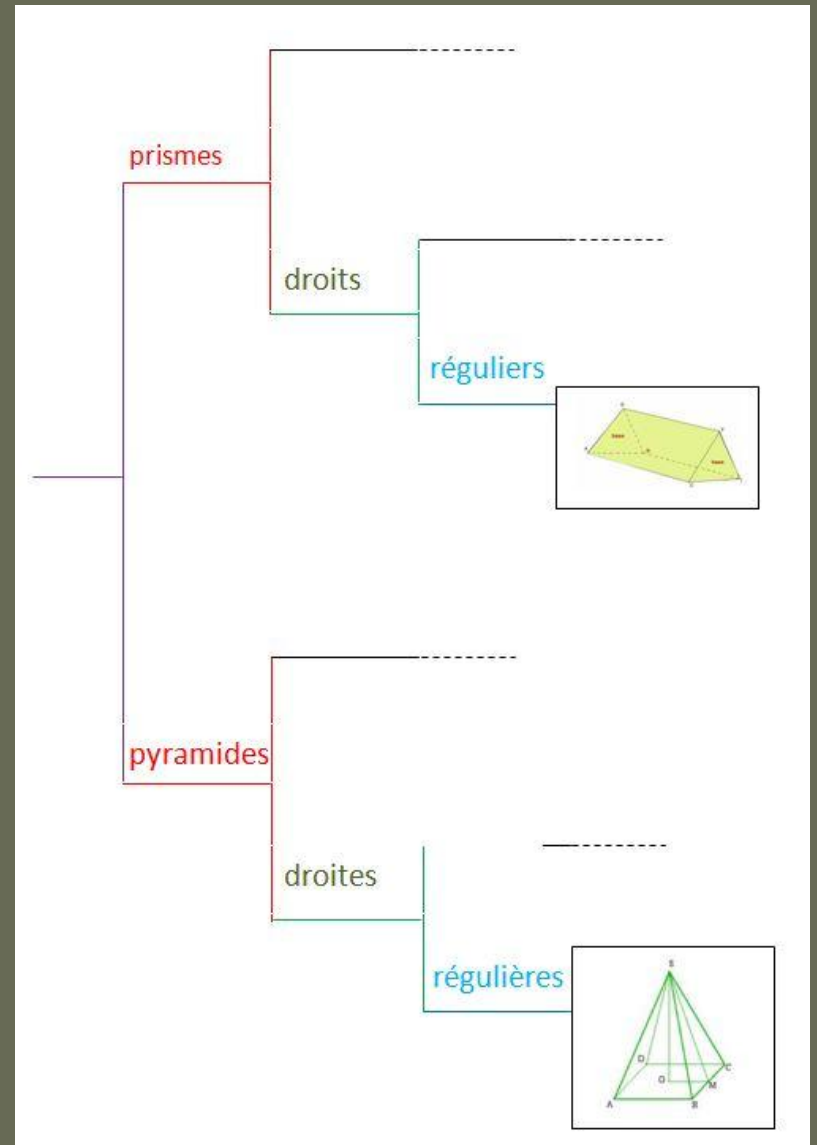
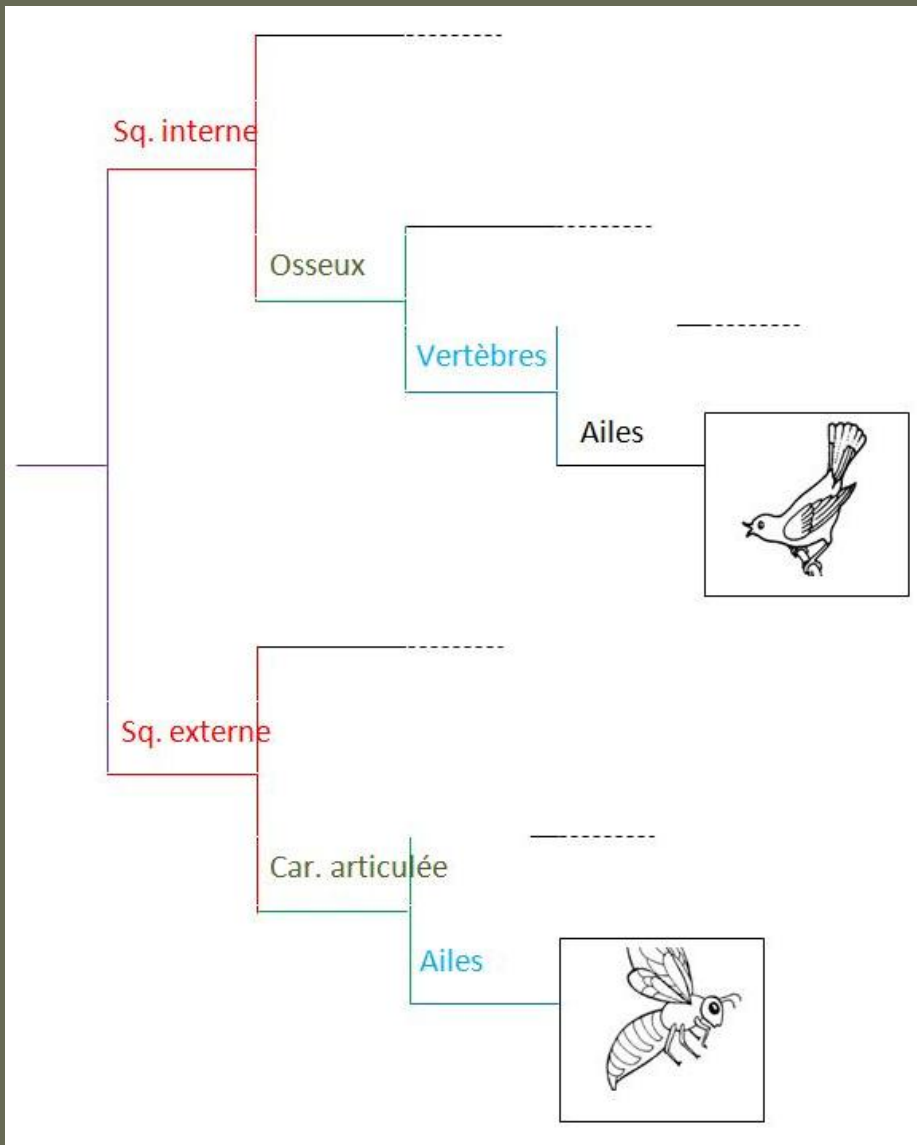
Exemple : erreur fréquente chez les élèves : grouper en fonction du critère « avoir des ailes » avant d'avoir pris en compte le critère « avoir un squelette interne »

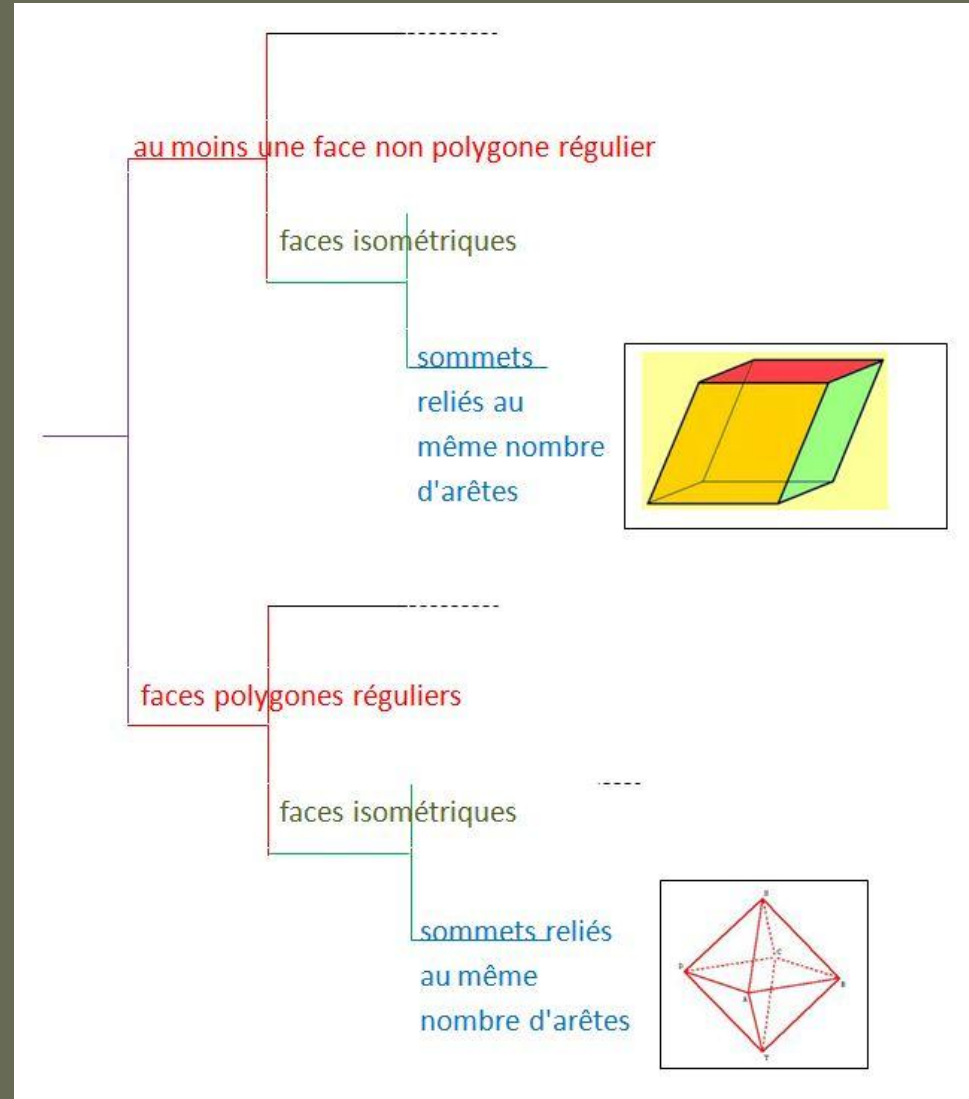
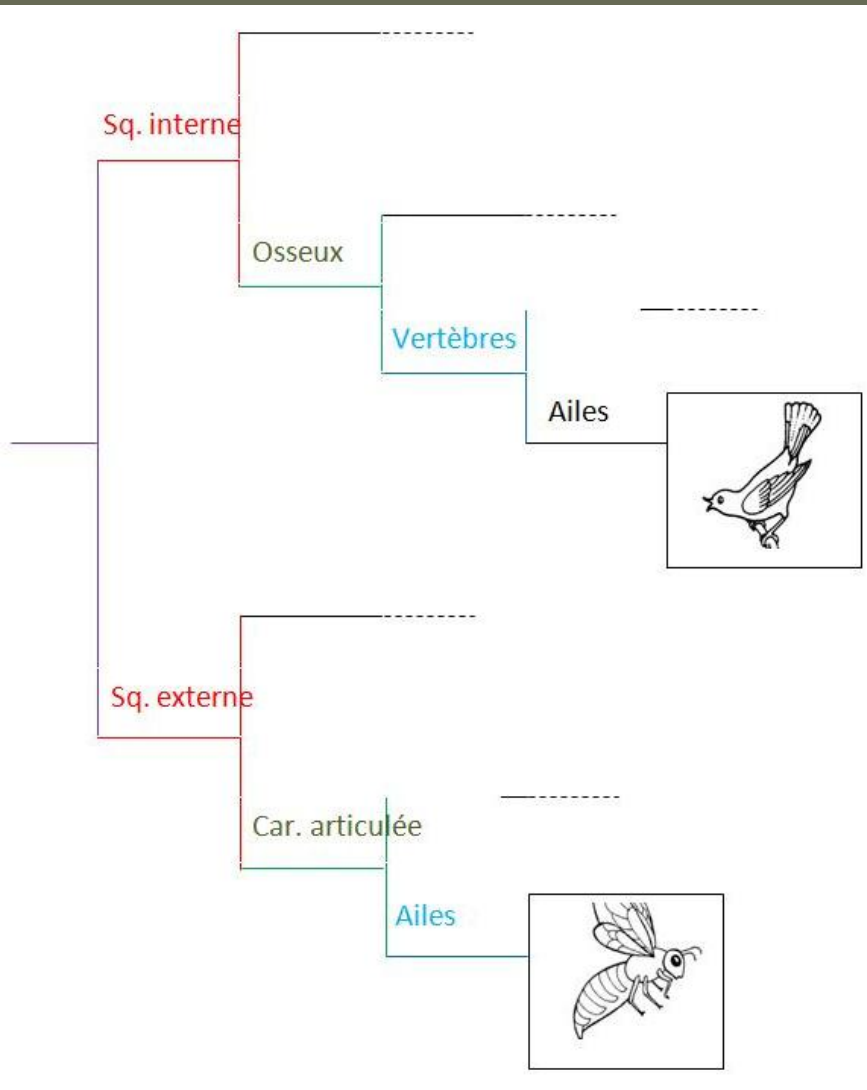
En mathématique :

Construction de nombreux **arbres**, dont l'**ordre des critères** peut parfois changer :

Exemple : classement des polyèdres faisant apparaître soit prismes et pyramides, soit les polyèdres réguliers, ou encore classement des quadrilatères selon le parallélisme des côtés puis le nombre d'angles droits ou le nombre de côtés isométriques donnant des arbres différents.

Remarque : cas limites plus spécifiques aux mathématiques





d) Choix de l'arbre et méthode de parcimonie

En biologie :

Parmi plusieurs arbres possibles, le biologiste choisit **l'arbre le plus probable**, c'est-à-dire celui qui est basé sur le plus petit nombre d'événements évolutifs.

En mathématique :

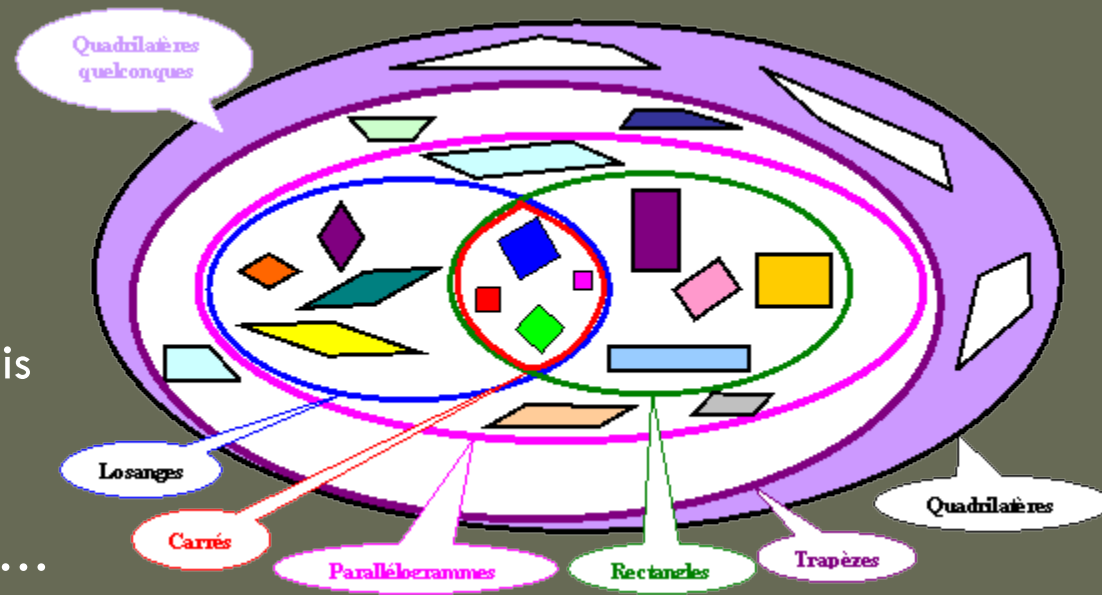
On cherche à avoir un minimum d'hypothèses. Ceci peut être illustré par le "principe de parcimonie ou rasoir d'Occam" qui préconise de choisir les explications basées sur un minimum d'hypothèses.

e) Cas de l'intersection

En mathématique :

- concept important ;
- utilité pour les raisonnements.

Exemples : un carré est à la fois un losange et un rectangle, une bijection est à la fois une injection et une surjection, ...



En biologie :

La classification se veut une image de l'évolution la plus probable

Un individu ne peut pas découler de deux chemins évolutifs différents (le plus probable sera favorisé jusqu'à apport d'informations supplémentaires).

f) Méthode du groupe externe

En biologie :

Consiste en l'introduction d'un élément proche, mais différent de ceux de l'échantillon, afin de mieux repérer les caractéristiques des objets étudiés.

Peu présentée en classe, mais utilisée pour construire les arbres au niveau scientifique.

En mathématique

Moins fréquent, à rapprocher de la notion de contre-exemple aidant à faire comprendre un concept.

g) Etapes d'une classification

En biologie / en mathématique

1. Observer
2. Décrire (propriétés)
3. Comparer (similitudes et différences)
4. Regrouper en fonction de propriétés communes (caractères partagés) et spéciation / sériation
5. Construire un arbre (dichotomique ou pas)

Une difficulté : "Tout ce qui se ressemble ne s'assemble pas forcément"

Exemples en mathématique : losange et cerf-volant, prisme à base triangulaire et pyramide, ...

Exemples en biologie : requin et dauphin, ver de terre et couleuvre

3. Rôle des nouvelles technologies

Evolution temporelle

En biologie

Microscopes optiques
Microscopes électroniques
Séquençage de l'ADN
Génie génétique
Exploration de milieux
Logiciel de cladistique
Programmation

En mathématique

Calculatrices
Tableurs
Calculatrices graphiques
Géométrie dynamique
(Cabri, GeoGebra)
Logiciels 3D
Programmation
TBI



Conséquences

En biologie

- Diminution des tâches simples qui sont automatisées ;
- Matériel observé de manière plus distante, ce qui mène à plus d'abstraction ;
- Augmentation du nombre de critères considérés.

En mathématique

- Diminution des tâches simples qui sont automatisées.
- Développement de l'expérimentation à l'aide d'outils, et donc d'une observation plus élaborée, plus proche de la démarche déjà présente en sciences.
- Augmentation des résolutions de problèmes, du raisonnement.

Rapprochement entre les deux disciplines (abstrait-concret)

4. Conclusion

- Nombreuses similitudes dans les raisonnements et la rigueur scientifique gagnant à être mises en évidence,
- Intérêt pour chaque discipline à s'enrichir des aspects mieux développés dans l'autre : recherche documentaire, narration de recherche et attitude critique face à tout raisonnement en mathématique, construction du raisonnement logique en biologie, distance par rapport au matériel observé.
- Rôle différent mais aussi important des nouvelles technologies, conduisant à une approche plus expérimentale des mathématiques, et au rapprochement avec les autres sciences, éloignant la biologie de son aspect purement descriptif.
- Approche pluridisciplinaire face au monde qui nous entoure à développer encore plus.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

