

**ÉVALUATION EXTERNE EN 1^{re} ANNÉE A DE
L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE**

Pistes didactiques

FORMATION SCIENTIFIQUE

Mars 2004

Ministère de la Communauté française
Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique
Service général du Pilotage du système éducatif

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	3
Quelques constats issus de l'épreuve externe	3
Propositions didactiques.....	4
1. <i>Réalisation d'un classement.....</i>	4
2. <i>Conception d'un dispositif expérimental.....</i>	4
REALISATION D'UN CLASSEMENT.....	5
Partie I – Une réflexion sur les classements.....	6
1. <i>Analyse des différents classements proposés dans l'épreuve.....</i>	9
2. <i>Est-il possible de réaliser d'autres classements corrects au départ des six photos qui accompagnaient la question de l'épreuve ?</i>	12
3. <i>Conditions à respecter pour réaliser un classement correct.....</i>	13
4. <i>Dans quels buts réalise-t-on des classements ?.....</i>	15
Partie II – Des activités à réaliser en classe avec les élèves.....	16
1. <i>Classements de Vertébrés et d'Invertébrés.....</i>	16
2. <i>Classements parmi les Plantes.....</i>	30
ELABORATION D'UN DISPOSITIF EXPERIMENTAL.....	37
Partie I – Que nous apprend l'épreuve externe sur les compétences des élèves ? ..	38
Partie II – Quelques réflexions sur les démarches expérimentales	42
1. <i>Existe-t-il une ou plusieurs démarches expérimentales</i>	42
2. <i>Quelles facettes des démarches expérimentales développer avec les élèves ?</i>	43
Partie III – Propositions didactiques	45
1. <i>Un exemple d'expérience-action.....</i>	46
2. <i>Un exemple d'expérience-objet.....</i>	48
3. <i>Un exemple d'expérience-outil.....</i>	54
QUELQUES REFERENCES.....	59

Le document de Pistes didactiques a été élaboré par le comité d'accompagnement de l'évaluation externe en formation scientifique composé de :

Isabelle DEMONTY et Annick FAGNANT, chercheuses au Service de Pédagogie Expérimentale de l'Ulg ,

Dominique OBLINGER (Enseignement de la Communauté française), Béatrice CHAIDRON (FELSI), Claude BRANCART (C.P.E.O.N.S.), Philippe CAPELLE (FESEC),

Philippe DELFOSSE, inspecteur de sciences, géographie et sciences sociales pour le 1er degré de l'enseignement secondaire de la Communauté française,

André CHARLIER, inspecteur de l'enseignement primaire organisé par la Communauté française, Michel DERACHE, inspecteur cantonal,

Alessandro MARTEGANI, professeur honoraire de la Faculté des sciences de l'UCL,

Fanny CONSTANT, attachée au Service général du Pilotage du système éducatif.

INTRODUCTION

Quelques constats issus de l'épreuve externe

L'épreuve externe en formation scientifique, organisée dans les classes de 1^{ère} A en octobre 2003, était centrée sur l'évaluation de quelques compétences en sciences.

Les questions portaient sur 7 savoir-faire et envisageaient 4 domaines de savoir à certifier en fin d'enseignement primaire ou au terme du premier degré de l'enseignement secondaire. L'analyse des réponses d'un échantillon d'élèves de 1^{ère} A a permis de dégager quelques tendances en regard des compétences évaluées.

Rappelons-les brièvement :

1. en ce qui concerne l'identification d'une donnée dans un document à caractère scientifique (tableau, graphique, document écrit), la majorité des élèves maîtrisent les attentes fixées. En revanche, l'interprétation de données et leur mise en relation pose problème pour un nombre important d'entre eux ;
2. les questions nécessitant la mobilisation d'un savoir sont moyennement réussies par les élèves, attestant d'une maîtrise partielle dans les différents domaines envisagés dans l'épreuve ;
3. enfin, deux savoir-faire semblent entièrement à construire : la conception d'un dispositif expérimental et la réalisation d'un classement dichotomique à deux niveaux emboîtés.

Les tendances qui se dégagent amènent à proposer des pistes didactiques centrées en priorité sur les deux savoir-faire qui ont posé le plus de difficultés aux élèves : l'élaboration d'un dispositif expérimental et la réalisation d'un classement.

Propositions didactiques

1. Réalisation d'un classement

Une question de l'épreuve demandait aux élèves d'identifier un classement scientifiquement correct parmi différentes propositions. Il s'agissait d'un classement dichotomique à deux niveaux emboîtés. Au départ d'une analyse approfondie des classements proposés, la première partie de la séquence tente de faire le point sur les conditions à respecter pour réaliser un classement correct (dichotomique ou non).

Deux séries d'activités, envisagées dans le domaine de « la classification du vivant », sont alors proposées : elles visent à faire construire aux élèves différents types de classements (dichotomiques ou non, en arbre ou par ensembles emboîtés,...), ainsi qu'à utiliser des documents scientifiques tels que des classifications simplifiées et des clés de détermination.

2. Elaboration d'un dispositif expérimental

Deux questions de l'épreuve envisageaient la conception d'un dispositif expérimental. Une analyse approfondie des démarches des élèves recueillies à travers ces deux questions permettra de relever quelques caractéristiques de leurs acquis dans le domaine.

Ensuite, une mise au point vise à préciser quelques caractéristiques fondamentales de cette compétence, et les aspects qu'il serait intéressant d'exploiter avec les élèves du premier degré de l'enseignement secondaire.

Enfin, trois séries de pistes didactiques sont proposées dans le domaine de la physique. Elles abordent trois facettes distinctes de la conception d'un dispositif expérimental et visent à pousser les élèves à raisonner au départ de leurs manipulations, à anticiper les effets de ce qu'ils font, et finalement à apprendre qu'une expérience scientifique peut poursuivre des objectifs très divers, allant de l'exploration libre d'un phénomène vers la validation d'hypothèses, en passant par l'illustration d'un phénomène scientifique.

REALISATION D'UN CLASSEMENT

Ce chapitre porte sur le thème « **la classification du vivant** ». Il est composé de deux parties :

- une réflexion sur les classements (à destination des enseignants) ;
- des activités à réaliser en classe avec les élèves.

La **première partie** présente une analyse approfondie des classements proposés dans l'épreuve et, partant, vise à faire le point sur les éléments à prendre en compte pour réaliser un classement correct (dichotomique ou non). Quelques précisions quant aux finalités des différents types de classements sont également apportées.

La **deuxième partie** propose deux séries d'activités :

- la première série porte sur le classement de Vertébrés et d'Invertébrés. Elle vise à faire construire aux élèves différents types de classements (dichotomiques ou non, en arbre ou par ensembles emboîtés) et à leur faire utiliser des classifications existantes en vue de retrouver la *classe* ou *l'embranchement* des différents animaux classés ;
- la deuxième série porte sur le classement de feuilles d'arbres (classement parmi les Plantes). Elle conduit les élèves à effectuer des tris, à réaliser différents types de classements et à utiliser des clés de détermination pour retrouver le nom des arbres auxquels appartiennent différentes feuilles.

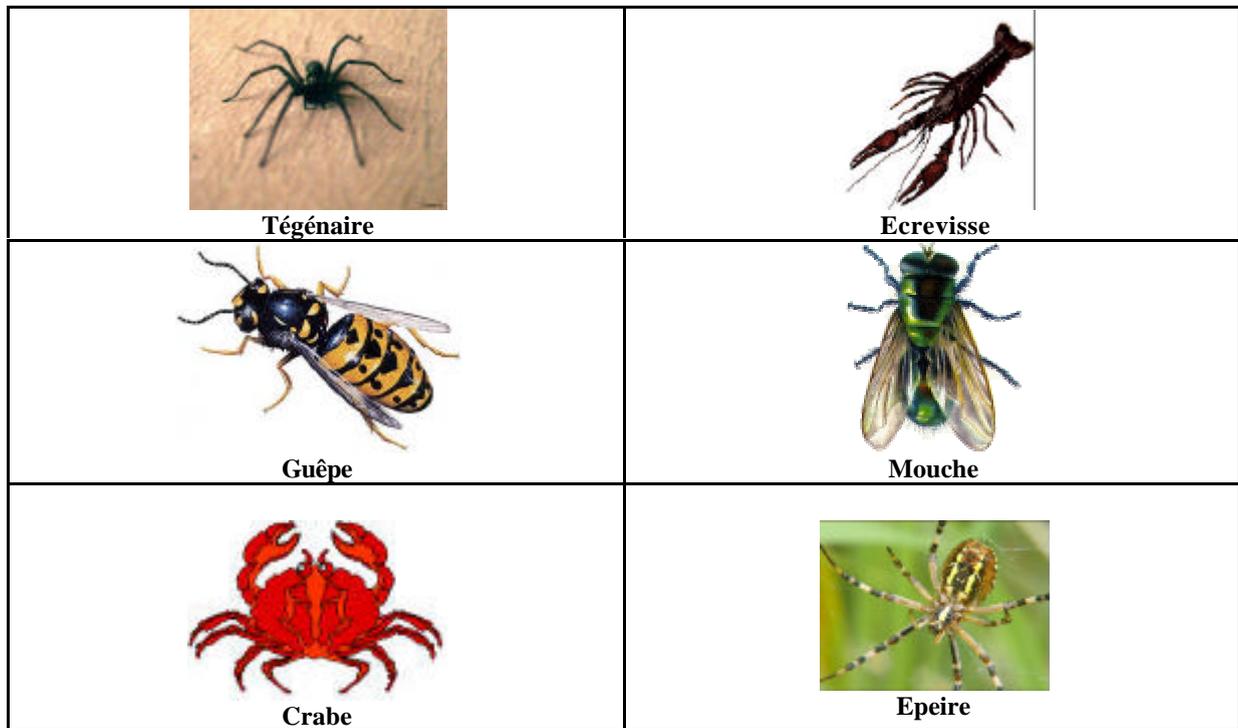
Les activités proposées ici permettent ainsi de développer les savoir-faire « trier, classer » et « lecture de documents scientifiques ».

PARTIE 1 - UNE REFLEXION SUR LES CLASSEMENTS

Une question de l'épreuve demandait aux élèves d'identifier un classement scientifiquement correct parmi différentes propositions.

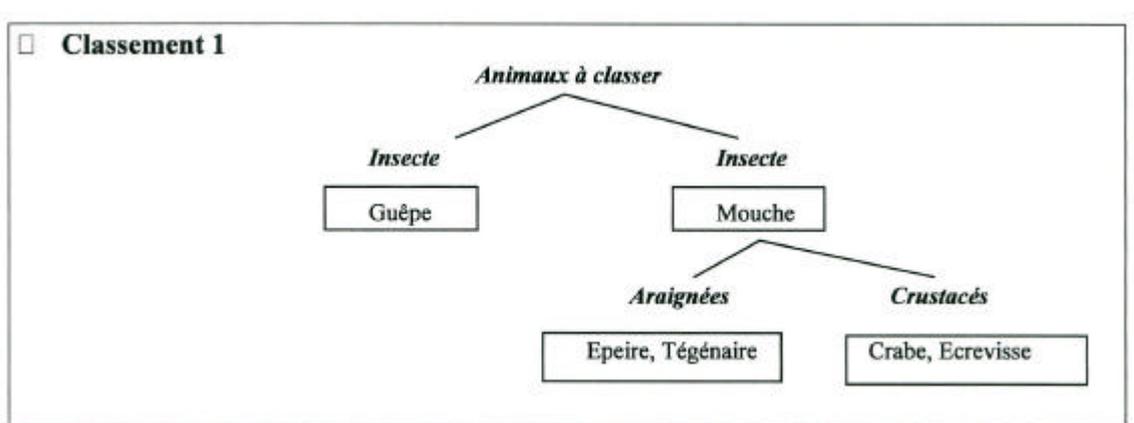
Question 10 – La réalisation d'un classement

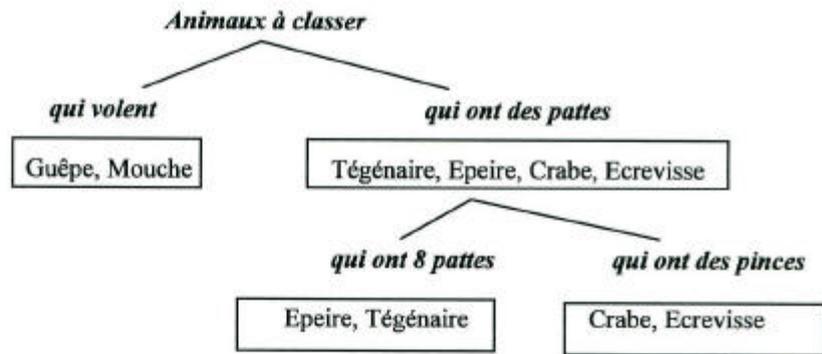
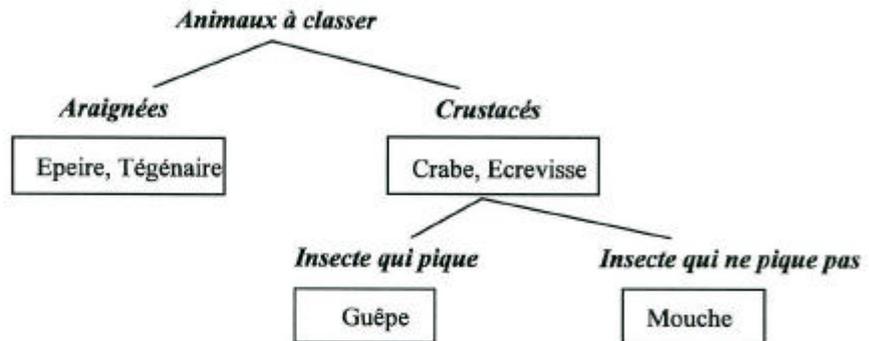
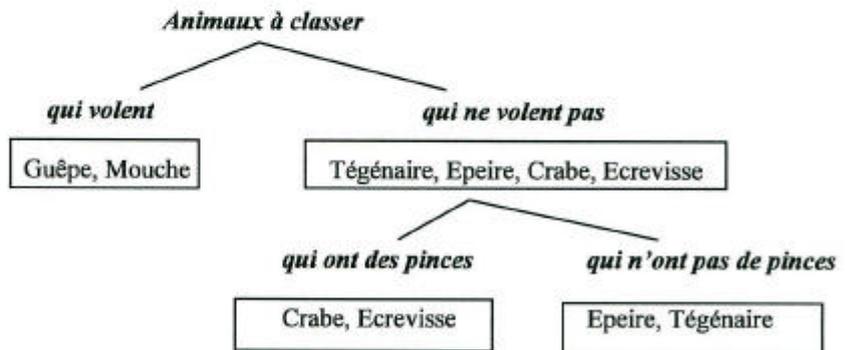
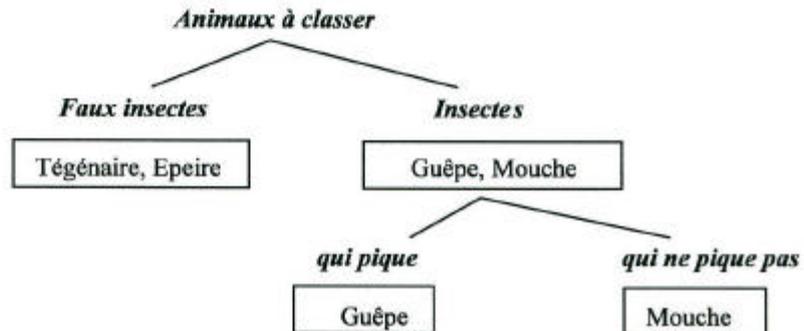
Voici une série d'animaux. Observe bien les illustrations.



Voici 5 classements de ces animaux. Un seul est scientifiquement correct. Lequel ?

58 Fais une croix à côté du seul classement qui est scientifiquement correct.



Classement 2

 Classement 3

 Classement 4

 Classement 5


Rappelons les résultats obtenus par les élèves de l'échantillon :

	Moyenne de l'échantillon
Item 58	
Réponse correcte : le quatrième classement	29%
Le 1 ^{er} classement	15%
Le 2 ^e classement	21%
Le 3 ^e classement	17%
Le 5 ^e classement	10%
Plusieurs choix	3%
Omission	5%

Seul le quatrième classement est scientifiquement correct :

- tous les éléments sont classés ;
- pour chaque niveau, les caractéristiques définies sont exclusives ;
- le deuxième niveau est issu de la décomposition d'une branche du premier niveau.

Rappelons que les cinq classements proposés dans cette question avaient été inspirés des réponses fournies par les élèves lors du prétesting de l'épreuve. On leur avait alors demandé de réaliser eux-mêmes un classement des six animaux en remplissant un arbre dichotomique à deux niveaux emboîtés (c'est-à-dire un arbre du même type que ceux présentés dans la question de l'épreuve).

Les classements proposés dans l'épreuve ne mettaient pas clairement en évidence les **critères** de classement ; seules les **caractéristiques** étaient explicitement indiquées. Ce choix avait été fait de manière à s'approcher des productions spontanées des élèves qui, pour la plupart, n'étaient justement pas construites à l'aide de critères précis.

Etant donné que les cinq classements reflètent les productions spontanées des élèves (par exemple, les classements incorrects reflètent les erreurs les plus fréquemment commises par les élèves), il paraît intéressant de les analyser en détail.

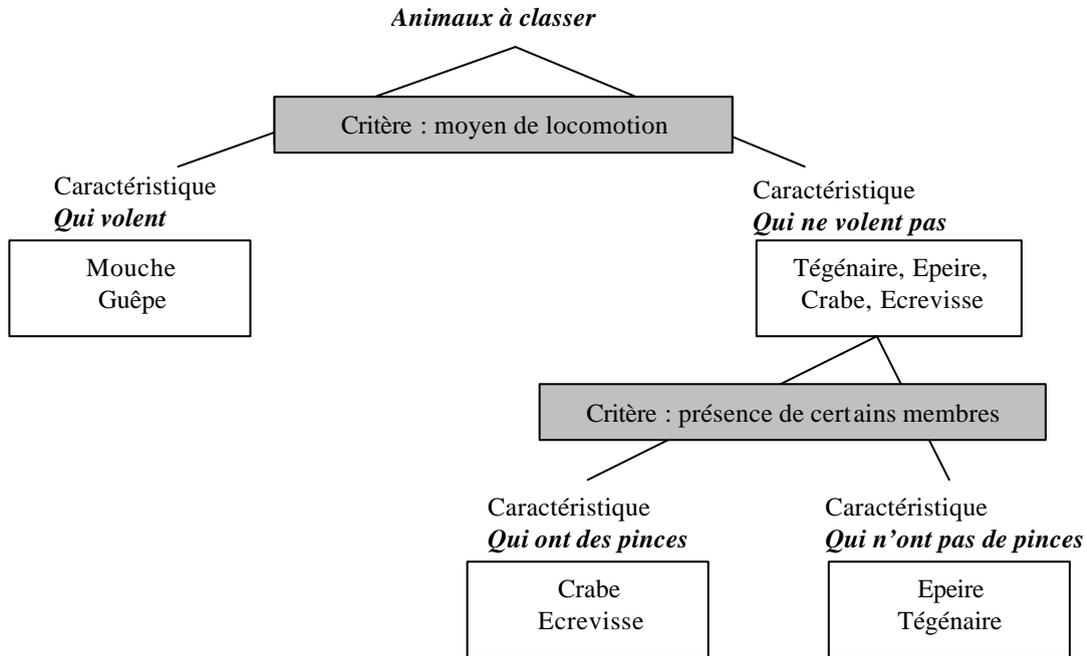
L'analyse est scindée en trois parties :

- le classement correct (classement 4) ;
- les classements présentant des erreurs « flagrantes » (classements 1, 3 et 5) ;
- le classement présentant une erreur plus « insidieuse » (classement 2).

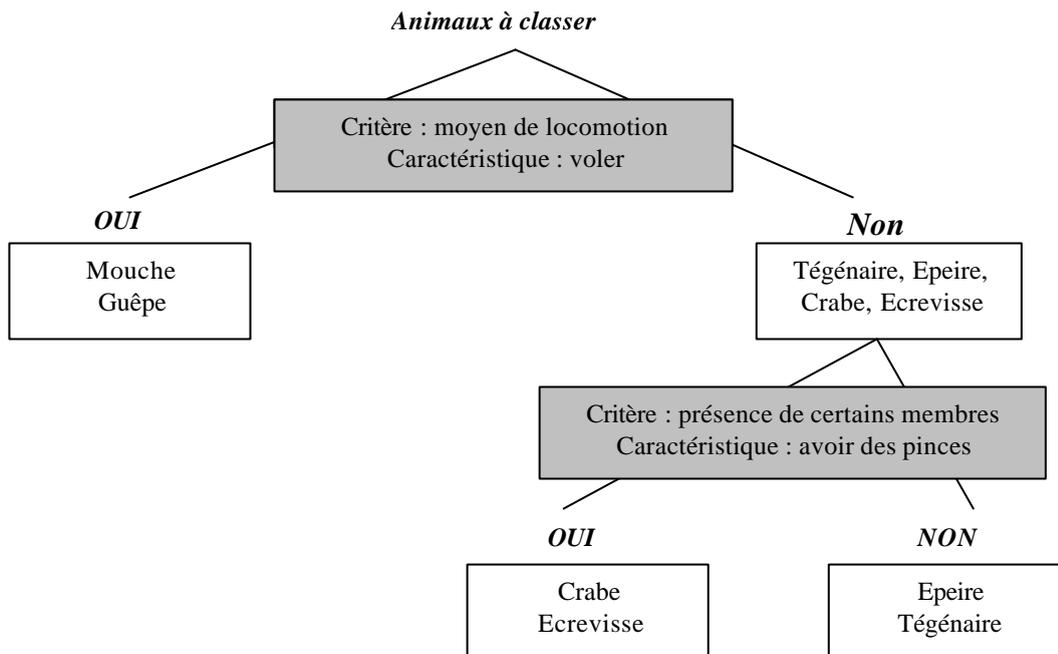
1. Analyse des différents classements proposés dans l'épreuve

1.1. Le classement correct

Classement 4 (choisi par 29% des élèves)



Ce classement pourrait être présenté différemment, de façon à faire ressortir plus explicitement son caractère dichotomique.



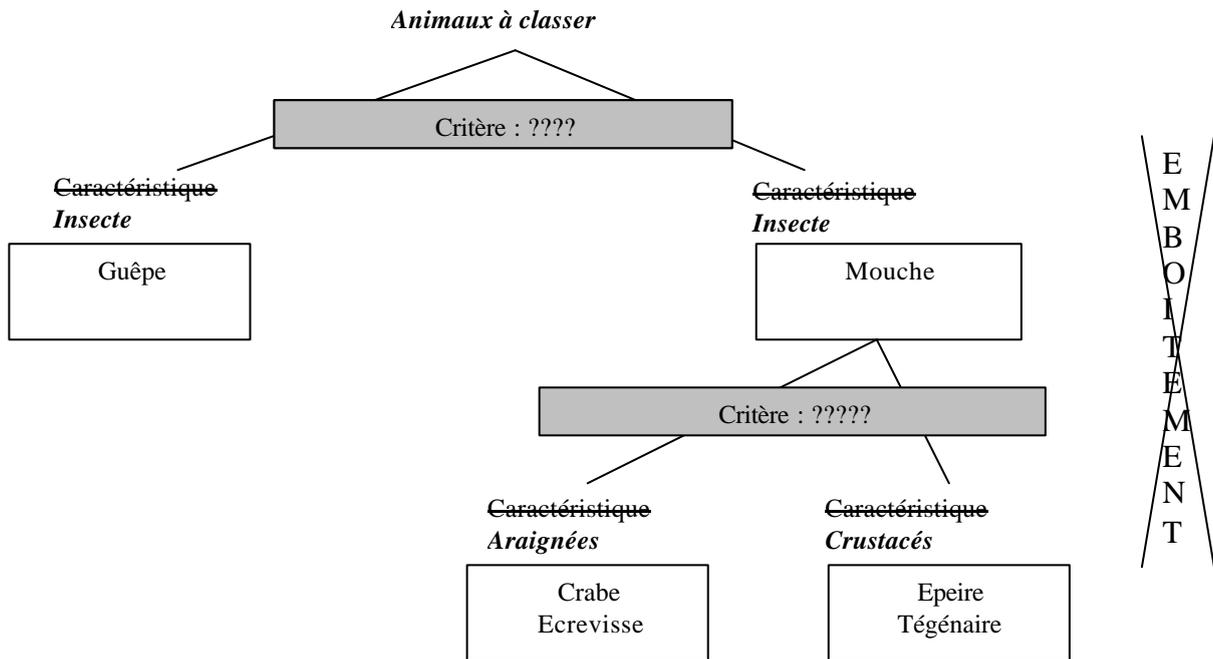
1.2. Les classements présentant des erreurs « flagrantes »

Classement 1 (choisi par 15% des élèves)

Pour ce classement, l'erreur la plus flagrante est de **ne pas avoir effectué de tri** au premier niveau (« insecte / insecte »). De plus, les « titres » indiqués au-dessus des cases n'indiquent pas réellement des caractéristiques ; il s'agit plutôt d'une **détermination a priori** d'un groupement possible par « classes » d'Invertébrés (ici : insectes, araignées et crustacés).

Une autre erreur importante est que **le deuxième niveau du classement n'est pas issu d'une décomposition d'une branche du premier niveau**.

Le seul aspect intéressant de ce classement est d'avoir placé tous les animaux à classer dans l'une ou l'autre case de l'arbre.



Classement 3 (choisi par 17% des élèves)

Dans ce classement, on trouve le même type d'erreur que pour le classement précédent : **le deuxième niveau du classement n'est pas issu d'une décomposition d'une branche du premier niveau**. On retrouve également des **déterminations a priori** pour les groupements par « classes » d'Invertébrés : les araignées, les crustacés et les insectes.

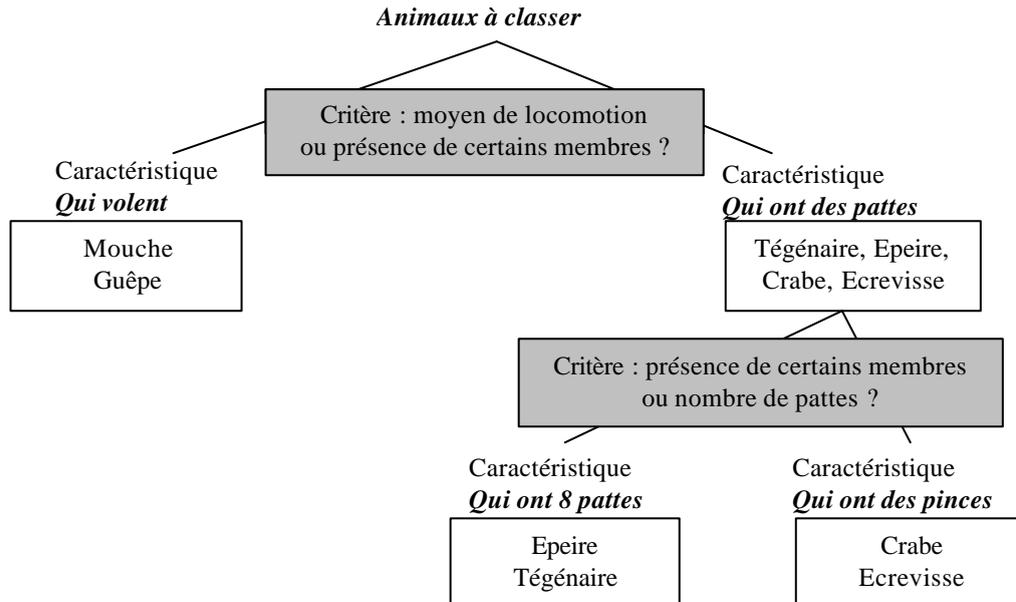
Classement 5 (choisi par 10% des élèves)

Ce classement ne respecte même pas une contrainte minimale selon laquelle **tous les éléments doivent être classés** (le crabe et l'écrevisse sont absents du classement).

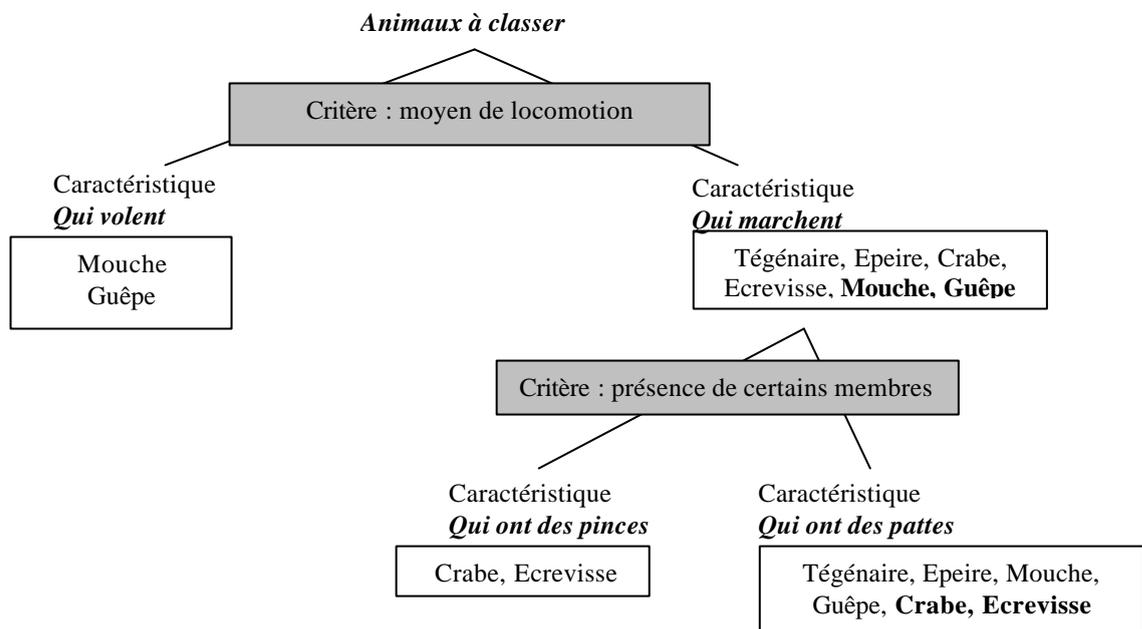
1.3. Le classement présentant une erreur « plus insidieuse »

Classement 2 (choisi par 21% des élèves)

Il est important d'analyser attentivement le deuxième classement car il témoigne d'un type d'erreur que les élèves font fréquemment et qui est sans doute un peu plus complexe à percevoir. Tout d'abord, la recherche d'un critère montre que **les caractéristiques ne sont pas adéquates car elles ne reposent pas sur un critère commun** (ex. s'agit-il d'un moyen de locomotion ou de la présence de certains membres ?). Ensuite, on peut percevoir un autre type d'erreur au premier niveau du classement : la mouche et la guêpe ont aussi des pattes et devraient donc **se retrouver dans les deux catégories créées**.

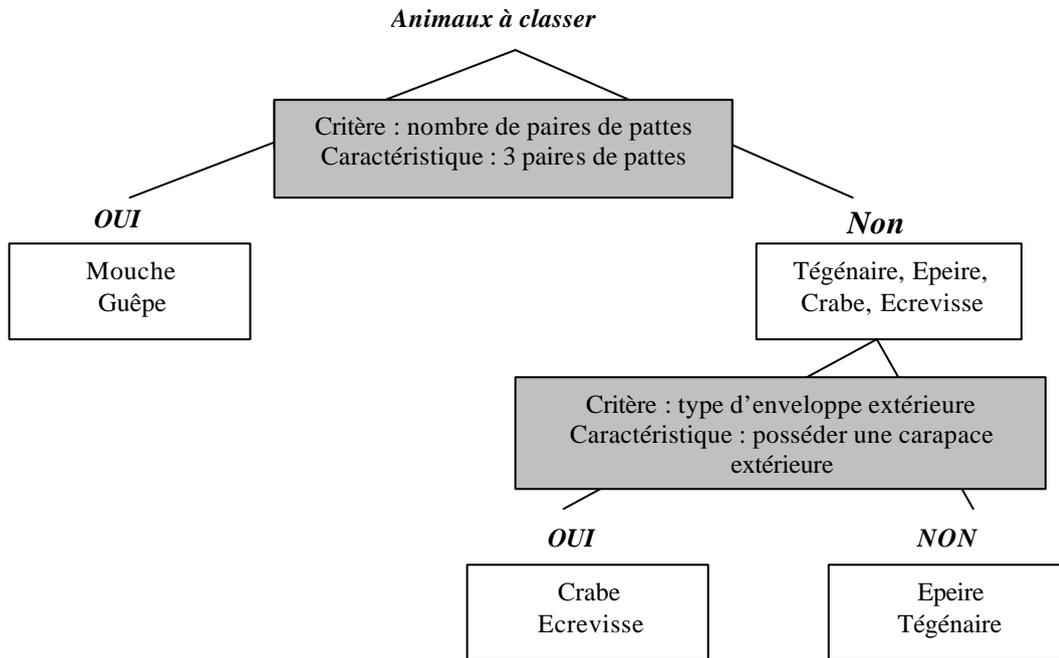


Poussons le raisonnement un peu plus loin : la **détermination du critère et le choix des caractéristiques sont importants pour éviter les recouvrements entre catégories**. Si les caractéristiques ne sont pas exclusives (ici dichotomiques), certains éléments peuvent se retrouver des deux côtés (et ceci, même si les caractéristiques choisies reposent sur un critère commun). Autrement dit, tous les critères et toutes les caractéristiques ne sont pas bonnes à prendre ! Illustrons ceci au départ d'un exemple :

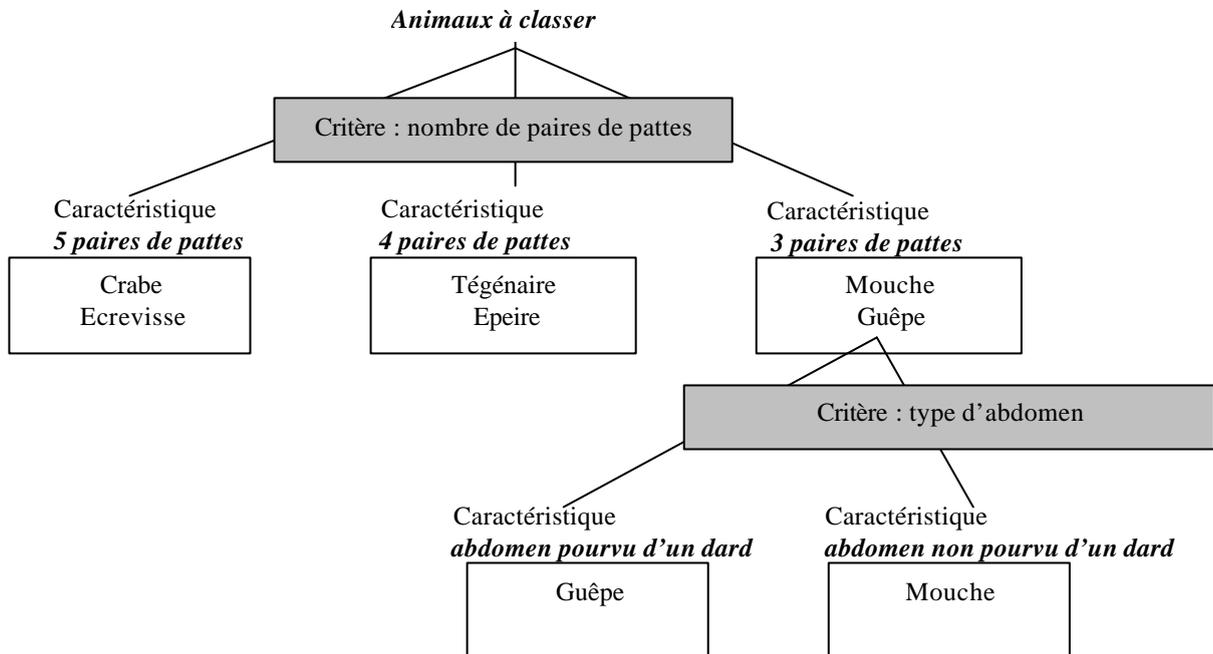


2. Est-il possible de réaliser d'autres classements corrects au départ des six photos qui accompagnaient la question de l'épreuve ?

Oui, on peut réaliser **d'autres classements dichotomiques...**



On pourrait aussi imaginer des classements non dichotomiques :



En procédant de la sorte, le premier niveau de classement permet de repérer les différentes « classes » d'arthropodes : les insectes (3 paires de pattes), les arachnides (4 paires de pattes) et les crustacés (5 paires de pattes). Le deuxième niveau de classement proposé ici permet de distinguer des « espèces » particulières chez les insectes (ici, ceux qui sont ou non pourvus d'un dard).

3. Conditions à respecter pour réaliser un classement correct

Les classements proposés dans l'épreuve étaient présentés sous la forme d'arbres de décomposition¹. Le tableau ci-dessous présente une synthèse des conditions à respecter pour réaliser correctement ce type de classement, qu'il soit réalisé ou non sous une forme dichotomique.

Dichotomique	Non dichotomique
<p>Pour réaliser un classement dichotomique...</p> <p>* Il faut déterminer un critère et préciser une caractéristique qui permettra de classer tous les éléments de manière dichotomique selon la présence ou l'absence de cette caractéristique.</p>	<p>Pour réaliser un classement non dichotomique...</p> <p>* Il faut déterminer un critère et préciser différentes caractéristiques exclusives qui permettront de classer tous les éléments dans les différentes catégories ainsi créées.</p>
<p style="text-align: center;">Le critère est un élément universel, c'est-à-dire un élément qui doit être présent chez tous les éléments à classer.</p> <p style="text-align: center;">Exemples</p> <p style="text-align: center;">Critère : nombre de pattes (pour autant que tous les éléments à classer possèdent des pattes) Critère : mode de déplacement (pour autant que tous les éléments à classer puissent se déplacer par eux-mêmes)</p>	
<p>La caractéristique permet de préciser un élément particulier qui va permettre de réaliser le classement en fonction de sa présence ou de son absence.</p> <p>Exemple</p> <ul style="list-style-type: none"> - Critère : nombre de pattes Caractéristique : 3 paires de pattes (oui/non) 	<p>Les caractéristiques permettent de préciser les différentes alternatives possibles, en lien avec le critère défini.</p> <p>Exemple</p> <ul style="list-style-type: none"> - Critère : nombre de pattes Caractéristiques : <ul style="list-style-type: none"> - 3 paires de pattes - 4 paires de pattes - 5 paires de pattes (Pour autant que tous les éléments à classer puissent entrer dans les catégories ainsi définies).

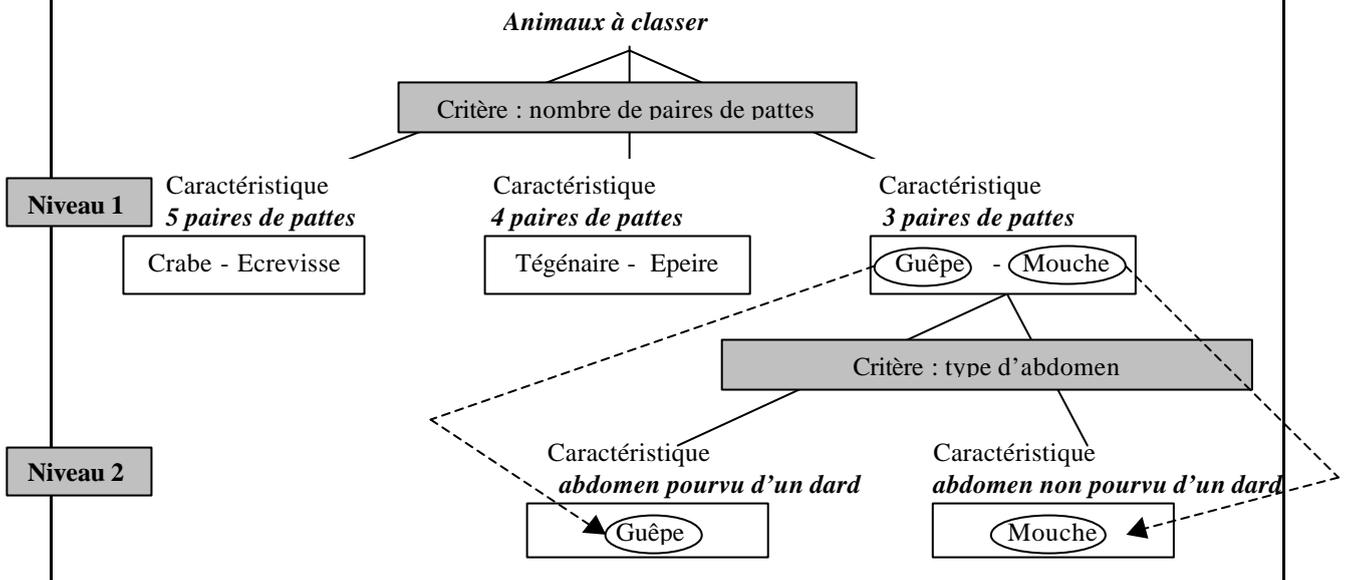
¹ Il existe d'autres types de classements qui n'entrent pas directement dans les deux catégories reprises ici. C'est notamment le cas des classements par ensembles emboîtés (qui sont proposés plus loin dans le document). On ne parlera pas ici d'autres types de classement bien connus, à savoir, le classement d'individus et non pas d'ensembles (ex. le tableau périodique de Mendeleïev qui est réalisé selon l'ordre croissant des poids atomiques, le classement d'un groupe d'enfants par ordre de taille, de poids, etc)

<p>Tous les éléments doivent être classés de façon dichotomique : soit ils possèdent la caractéristique, soit ils ne la possèdent pas.</p> <p>Exemple</p> <ul style="list-style-type: none"> - Critère : nombre de pattes Caractéristique : 3 paires de pattes OUI : la guêpe et la mouche NON : la tégénaire, l'épeire, le crabe et l'écrevisse <p>Autre exemple</p> <ul style="list-style-type: none"> - Critère : mode de déplacement Caractéristique : qui volent OUI : la guêpe et la mouche NON : la tégénaire, l'épeire, le crabe et l'écrevisse 	<p>Tous les éléments doivent être classés une et une seule fois dans les différentes catégories ainsi créées.</p> <p>Exemple</p> <ul style="list-style-type: none"> - Critère : nombre de pattes Caractéristiques : <ul style="list-style-type: none"> - 3 paires de pattes : guêpe et mouche - 4 paires de pattes : tégénaire et épeire - 5 paires de pattes : crabe et écrevisse <p>Mauvais exemple</p> <ul style="list-style-type: none"> - Critère : mode de déplacement Caractéristiques : <ul style="list-style-type: none"> - qui volent : la mouche et la guêpe - qui marchent : l'épeire et la tégénaire - qui nagent : le crabe et l'écrevisse <p><i>Ceci est incorrect (la mouche, la guêpe, le crabe et l'écrevisse marchent aussi) et révèle une des difficultés liées à la réalisation d'un classement non dichotomique.</i></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Si on veut réaliser un classement à plusieurs niveaux (qu'il soit dichotomique ou non).

* Il faut **déterminer un nouveau critère** (ou de nouveaux critères) **et une nouvelle caractéristique** (ou de nouvelles caractéristiques) en vue de **classer tous les éléments** appartenant à une catégorie (ou à plusieurs catégories) du niveau précédent.

- Toutes les conditions d'un classement correct doivent à nouveau être respectées.
- Tous les éléments d'une catégorie (et uniquement ceux-là) doivent se retrouver dans les sous-catégories du nouveau niveau créé.
- Le nouveau niveau de classement doit être issu d'une des branches (ou de plusieurs) du niveau précédant.



4. Dans quels buts réalise-t-on des classements ?

On peut globalement déterminer deux grandes **finalités** aux activités de classement :

- trouver le **groupe d'appartenance d'un spécimen** (en utilisant une **classification existante** pour retrouver, par exemple, qu'une coccinelle appartient à la classe des insectes et à l'embranchement des arthropodes, pour découvrir que l'anguille est un poisson, que la salamandre est un amphibien, ...) ;
- trouver le **nom d'un spécimen** (en utilisant une **clé de détermination** pour découvrir, par exemple, le nom d'un oiseau, d'un insecte, d'un champignon, d'une fleur, d'un arbre,...).

Le terme **classification** est employé pour évoquer les classements réalisés par les scientifiques. La classification est le classement qui est reconnu comme le plus pertinent par un groupe d'experts à l'heure actuelle ; ceci est perpétuellement sujet à controverses.

Selon Stengers et Bensaude-Vincent (2003)², la classification joue un rôle crucial dans les sciences d'observation ; elle n'a pas une fonction explicative au sens strict mais elle est indispensable à la gestion des connaissances : elle récapitule et remet en ordre le savoir d'une époque, elle est aussi un outil de mémorisation pour les étudiants et les enseignants, elle est enfin un outil pour le traitement de l'information scientifique.

Dans le vaste ensemble d'êtres vivants qui peuplent la terre, la classification introduit un certain ordre en réunissant, dans des groupes de plus en plus restreints, ceux qui présentent des caractères communs. *L'embranchement* des Vertébrés est ainsi composé de cinq *classes* (les mammifères, les oiseaux, les amphibiens, les reptiles et les poissons). La classe des mammifères, par exemple, est composée de plusieurs *ordres* (les insectivores, les carnivores, les rongeurs, les cétacés et les primates). Chaque ordre correspond à plusieurs *familles*, chaque famille à plusieurs *genres*, et enfin, chaque genre contient plusieurs *espèces*. Tous ces mots ont un sens précis. Par exemple, si l'on dit d'un animal que c'est un Vertébré, un mammifère et un carnivore, cela nous apprend beaucoup d'informations sur lui : il a une colonne vertébrale, la femelle allaite ses petits, sa dentition présente certaines particularités,... La classification est donc très utile pour découvrir certaines caractéristiques d'un animal que l'on a pu classer dans tel ou tel groupe.

Les **clés de détermination** permettent de retrouver le nom d'un animal, d'une plante, d'un champignon,... Selon la précision des clés utilisées, l'identificateur pourra aller jusqu'au nom de l'espèce ou se contenter de déterminer l'appartenance à un groupe.

Une clé de détermination permet de trouver, par exemple, le nom d'un arbre ou d'un arbuste en analysant les feuilles, le nom d'un groupe d'amphibiens en analysant les pattes et la queue (ou leur absence respective), le nom des champignons en observant les caractéristiques de leurs pieds et de leurs chapeaux, les espèces d'oiseaux en observant leurs caractéristiques anatomiques,...

² Stengers, I. & Bensaude-Vincent, B. (2003). *100 mots pour commencer à penser les sciences*. Paris : Seuil (Collection – Les empêcheurs de tourner en rond).

PARTIE II - DES ACTIVITES A REALISER EN CLASSE AVEC LES ELEVES

Deux séries d'activités sont proposées : la première porte sur le classement de Vertébrés et d'Invertébrés, la seconde envisage un classement parmi les Plantes. Dans les deux cas, les élèves sont amenés à réaliser différents types de classements et à en percevoir les finalités.

En lien avec les difficultés rencontrées par les élèves (et mises en évidence au travers de l'épreuve), la première activité sur les animaux (portant sur les Vertébrés) part des productions spontanées des élèves (où le caractère exclusif des caractéristiques n'est pas souvent respecté) pour leur faire prendre conscience de l'importance de la définition des critères et du choix des caractéristiques en vue de réaliser un classement en arbre (dichotomique ou non). La deuxième activité (portant sur les Invertébrés) vise alors à leur faire construire un autre type de classement (par ensembles emboîtés).

Pour le classement parmi les Plantes (portant sur les feuilles d'arbre), l'activité débute par un tri (ce qui peut être considéré comme un autre point d'entrée au classement). Elle amène alors les élèves à réinvestir les deux types de classements rencontrés au travers des activités portant sur les animaux (classements en arbre et par ensembles emboîtés).

Après la découverte des différents types de classements, les deux séries d'activités proposent de confronter les élèves aux finalités des classements : utiliser des classifications existantes pour retrouver le groupe d'appartenance d'un spécimen pour la série d'activités sur les Vertébrés et les Invertébrés ; utiliser des clés de détermination pour retrouver le nom d'un spécimen pour la série d'activités portant sur le classement parmi les Plantes.

Précisons d'emblée que les thèmes proposés (Vertébrés, Invertébrés, Plantes) reflètent simplement les choix réalisés pour illustrer les activités : les Invertébrés pourraient être classés en réalisant des arbres de décomposition et les Vertébrés par ensembles emboîtés, des clés de détermination peuvent être utilisées pour retrouver le nom d'un animal, il existe des classifications du monde des Plantes, etc.

1. Classements de Vertébrés et d'Invertébrés

Les activités proposées ont pour objectif de permettre aux élèves de réaliser différents types de classements : classement en arbre (dichotomique ou non) pour la première activité portant sur les Vertébrés et classement par ensembles emboîtés pour la deuxième activité portant sur les Invertébrés. Ils sont ensuite amenés à utiliser des classifications existantes (une classification simplifiée du monde animal et une classification simplifiée des Vertébrés) pour retrouver la classe et l'embranchement auxquels appartiennent les différents animaux qu'ils ont classés. Ceci peut alors leur permettre de découvrir certaines caractéristiques des animaux classés dans tel ou tel groupe.

1.1. La réalisation de classements en arbre (dichotomique ou non)³

*Cette activité demande aux élèves de réaliser un classement de Vertébrés. Elle met l'accent sur l'importance du choix du **critère** et des **caractéristiques** en faisant prendre conscience aux élèves des recouvrements entre catégories engendrés par des choix incorrects. Ils sont ainsi amenés à construire progressivement un arbre (dichotomique ou non) à deux ou plusieurs niveaux emboîtés.*

Proposer aux élèves une série de photos ou de dessins représentant des Vertébrés et leur demander de les classer. Il est important de s'assurer que les photos permettent bien de percevoir ce qui recouvre la peau des animaux.

Par exemple :

un chat, un sanglier, un lapin, un lion, un boa, un python, un lézard, une carpe, un brochet, un thon, une grenouille, un triton, une mouette, un canard, une pie.

Sur la base des résultats de l'épreuve, on peut faire l'hypothèse que de nombreux élèves vont proposer des classements basés sur des caractéristiques non exclusives. Par exemple, certains vont sans doute proposer de classer les animaux suivant leurs modes de déplacement (marcher – voler – nager – ramper).

En procédant de la sorte, les élèves vont remarquer que **ces classements ne sont pas satisfaisants puisque des animaux peuvent se retrouver dans plusieurs catégories créées**. Par exemple, le canard pose problème puisqu'il peut marcher, voler et nager.

En constatant ces recouvrements, les élèves prendront conscience de l'importance de bien choisir les **critères** de classement ; c'est-à-dire **ce sur quoi va porter notre attention**. Les « modes de déplacement » ne sont **pas de bons critères dans la mesure où ils ne permettent pas de déterminer des caractéristiques exclusives**.

Il est dès lors intéressant d'amener les élèves à se baser plutôt sur des **critères anatomiques** (par exemple, ce qui recouvre le corps) et à définir ensuite des **caractéristiques précises** (ex. corps recouvert de plumes).

Deux voies sont alors offertes :

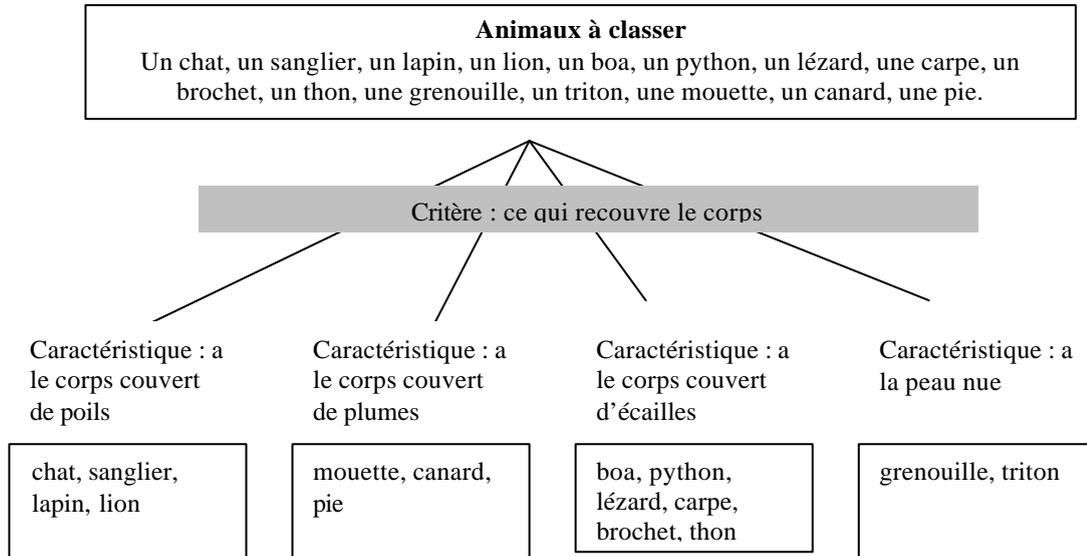
- définir toutes les caractéristiques qui existent parmi les éléments à classer (c'est-à-dire toutes les alternatives possibles, en lien avec le critère défini) ;
- ou
- se focaliser sur une seule caractéristique et observer sa présence ou son absence.

Dans le premier cas, on construira un classement **non dichotomique** (ex. critère : « ce qui recouvre le corps », caractéristiques : « le corps est recouvert de plumes », « le corps est recouvert de poils », « le corps est recouvert d'écailles », « la peau est nue ») ; dans le second cas, on s'orientera vers un classement **dichotomique** (ex. critère : « ce qui recouvre le corps », caractéristique : « le corps est recouvert de plumes », oui ou non).

³ L'activité proposée ici est inspirée de l'activité « Tri d'animaux » proposée sur le site de « la main à la pâte » <http://www.inrp.fr/lamap/accueil.html>

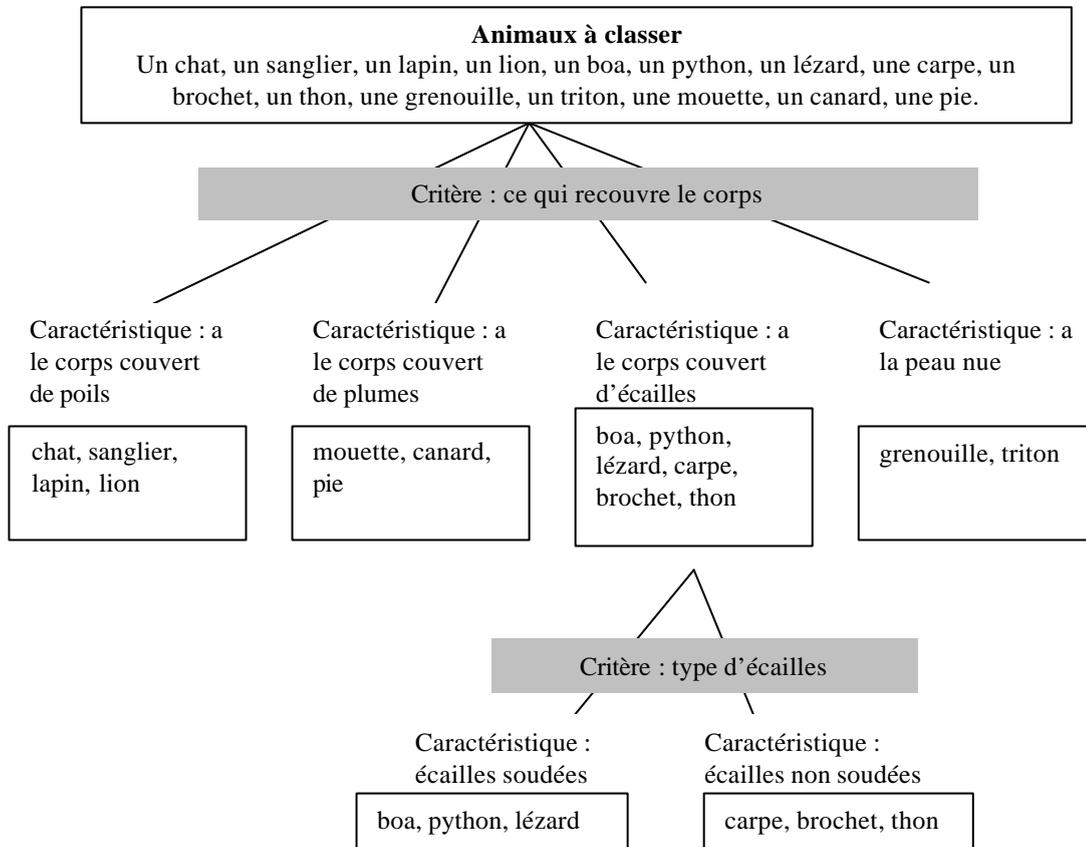
Le schéma suivant illustre le premier niveau de classement auquel conduit le **classement non dichotomique** :

Premier niveau du classement non dichotomique



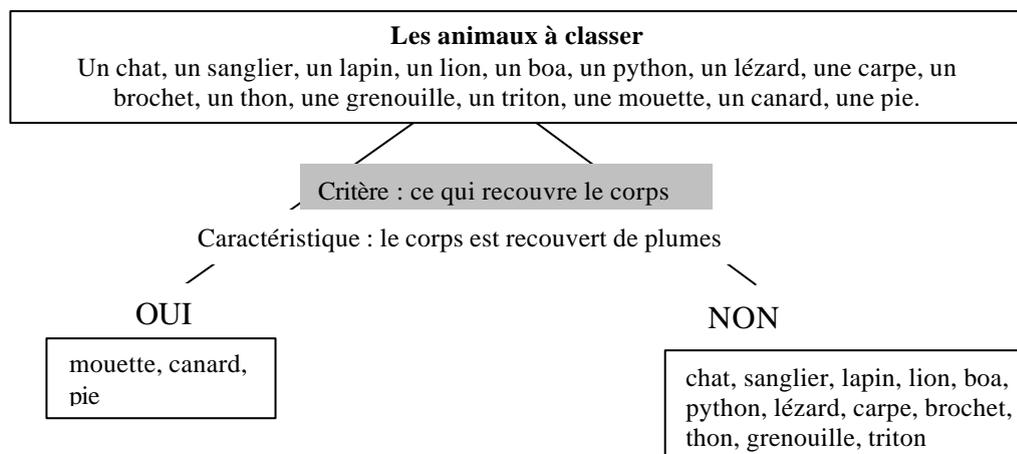
On peut noter que la caractéristique «a le corps couvert d'écailles» engendre le regroupement d'animaux assez différents les uns des autres. On peut alors continuer le classement et construire un deuxième niveau emboîté :

Classement non dichotomique complet



Pour le **classement dichotomique**, le premier niveau de classement conduit au schéma suivant :

Premier niveau du classement dichotomique

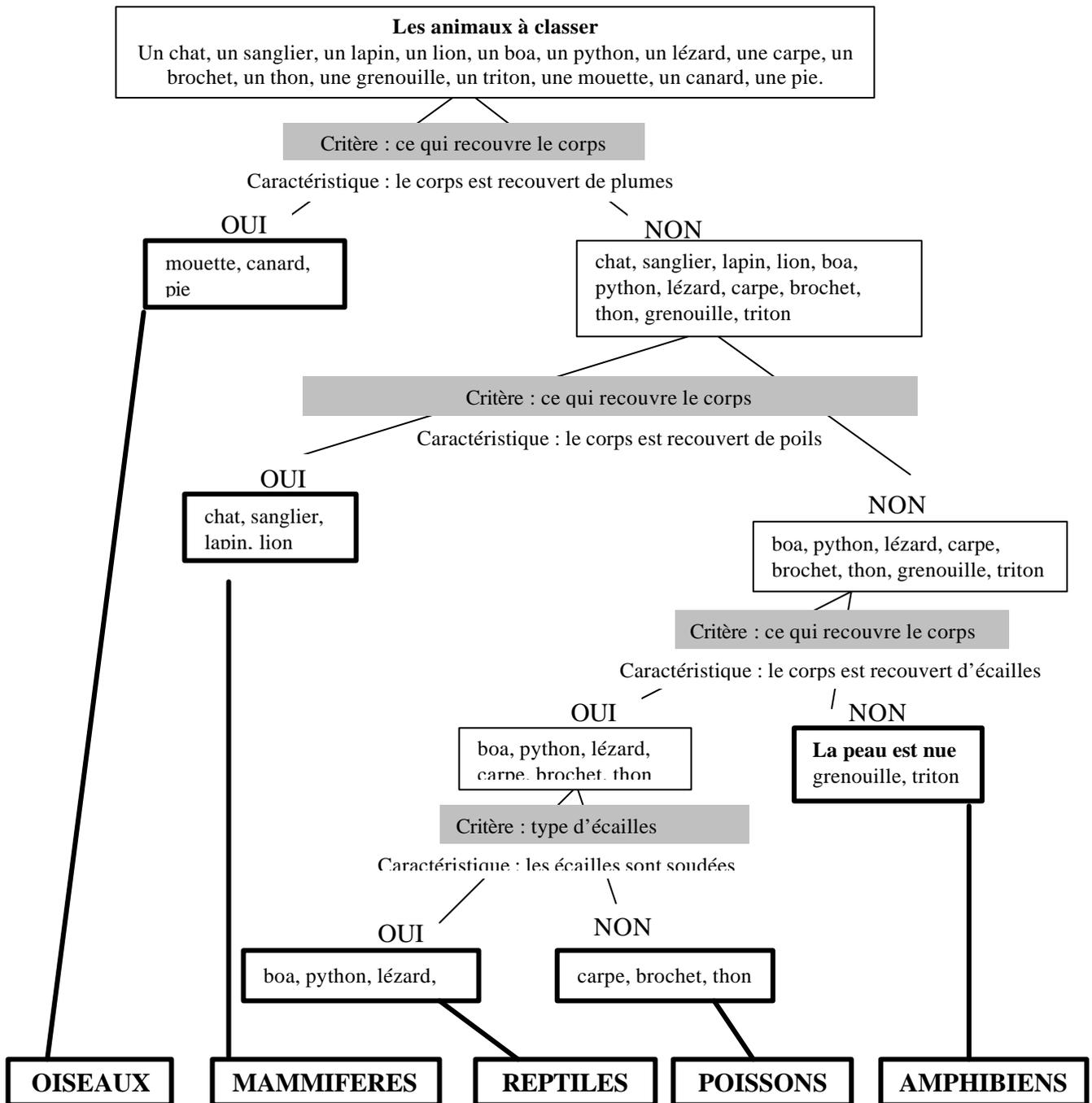


On peut noter que la catégorie déterminée par le «NON» est composée d'une variété d'animaux. Parmi ceux-ci, certains ont «le corps recouvert de poils». La précision de cette nouvelle caractéristique permet de continuer le tri et de construire **un classement à deux niveaux emboîtés**.

En procédant ainsi pas à pas, on peut arriver à retrouver les différentes **classes** de Vertébrés. On réalise alors un **classement à plusieurs niveaux emboîtés**.

Un exemple d'un tel classement est proposé à titre illustratif à la page suivante. En effet, notons qu'il dépasse largement les Socles de compétences qui précisent comme ci-après ce qui est à maîtriser en fin du premier degré du secondaire : « *Classer sur deux niveaux, par exemple six à huit éléments, selon deux ou trois critères scientifiques et leurs caractéristiques* ».

Classement dichotomique complet



Le **classement non dichotomique** paraît à première vue plus simple puisqu'il ne requiert que deux niveaux emboîtés pour aboutir aux cinq classes de Vertébrés. Précisons néanmoins que ce type de classement n'est pas toujours aisé à réaliser parce qu'il requiert de définir a priori toutes les caractéristiques possibles (c'est-à-dire toutes les alternatives sous lesquelles le critère peut être « traduit »), tout en veillant à ce qu'elles soient exclusives les unes des autres. A l'inverse, le **classement dichotomique** va permettre de procéder pas à pas, en fixant l'attention sur une seule caractéristique à chaque étape du classement. Il peut donc présenter l'avantage d'aider à structurer et à organiser la démarche.

1.2. La réalisation de classements par ensembles emboîtés⁴

*Cette activité demande aux élèves de réaliser un classement d’Invertébrés. Elle les amène à réaliser un classement en partant d’une description des caractéristiques des éléments à classer ; ils doivent alors réaliser **des regroupements sur base des caractéristiques communes**. Ils vont ainsi être amenés à réaliser un **classement par ensembles emboîtés**.*

*Comme pour les classements réalisés dans la première activité, il est préférable de s’attacher aux **caractéristiques anatomiques** afin d’éviter les recouvrements entre catégories (cf. l’exemple du canard qui marche, nage et vole). Cette fois, on va se centrer exclusivement sur **ce que les animaux ont en commun** et non sur ce qu’ils n’ont pas (ex. « ils ont 4 paires de pattes », « ils ont un corps mou et une coquille »,... et non « ils n’ont pas 4 paires de pattes », « ils n’ont pas de coquille »,...).*

Proposer aux élèves une série de photos ou de dessins représentant des Invertébrés. Il est important de s’assurer que les photos permettent bien de percevoir les caractéristiques anatomiques des animaux, telles que le nombre de paires de pattes, notamment.

Par exemple :

une coccinelle, une guêpe, une mouche, une épeire, une tégénaire, un crabe, une écrevisse, un cloporte, un mille-pattes, une moule, une palourde, un escargot, un ver de terre, un oursin et une étoile de mer.

Demander aux élèves de **décrire** les animaux (les différentes photos ou dessins peuvent être répartis dans la classe). Mettre en commun les différentes descriptions et les compléter si nécessaire (corps dur, corps mou, nombre de paires de pattes, ...).

Proposer alors aux élèves de **regrouper les animaux sur base des caractéristiques qu’ils présentent en commun**. On pourra par exemple regrouper la coccinelle, la guêpe et la mouche parce qu’elles ont toutes trois paires de pattes.

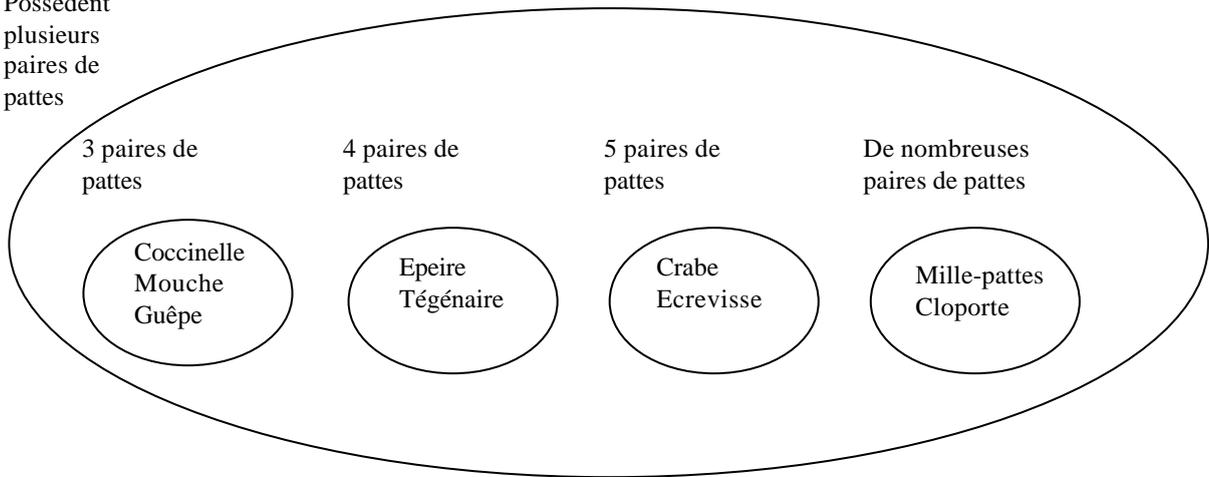
Une fois ces premiers regroupements réalisés, demander aux élèves de **faire des regroupements plus généraux (c’est-à-dire de réaliser des ensembles emboîtés)**. On pourra par exemple regrouper tous les animaux qui ont plusieurs paires de pattes.

Cette activité devrait conduire à réaliser un classement du type de celui proposé à la page suivante. Il conviendra ensuite de placer des étiquettes sur les catégories ainsi créées, c’est-à-dire de retrouver le nom des **classes** et des **embranchements** que les regroupements ont permis de repérer. Pour ce faire, les élèves sont invités à **utiliser un document scientifique proposant une classification du monde animal (voir activité suivante)**.

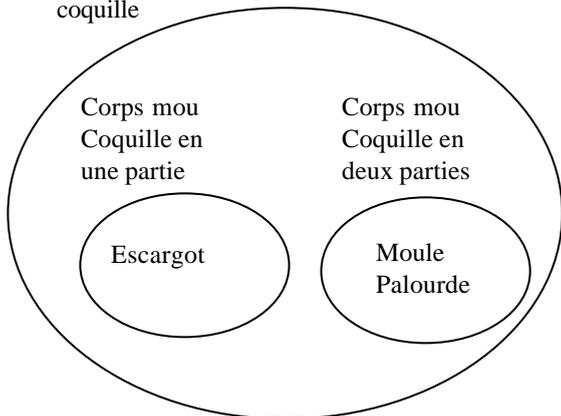
⁴ L’activité proposée ici est inspirée de l’activité « La classification des êtres vivants » proposée sur le site de « la main à la pâte » <http://www.inrp.fr/lamap/accueil.html>

Exemple de classement par ensembles emboîtés réalisé au départ des 15 Invertébrés proposés

Possèdent
plusieurs
paires de
pattes



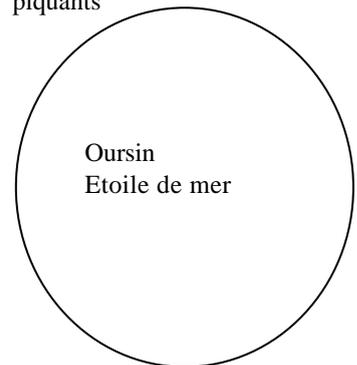
Corps mou,
recouvert d'une
coquille



Corps mou,
nu et
segmenté



Corps
rugueux et
avec
piquants



1.3. L'utilisation de classifications existantes

*L'objectif est d'amener les élèves à **utiliser des classifications** du vivant. Ils pourront ainsi percevoir l'intérêt des classements qu'ils ont été amenés à réaliser au cours des activités précédentes.*

a) Une classification simplifiée du monde animal

Un exemple de classification simplifiée du monde animal est présenté à la page suivante. Cette classification est proposée en vue d'être **utilisée** par les élèves (**et non construite**). On vise ici la mise en œuvre du savoir-faire « **lire un document scientifique** » (**et non la construction d'un classement**).

Précisons encore qu'il s'agit d'une activité visant à faire découvrir aux élèves l'utilité des classements (ici, retrouver le « groupe d'appartenance des animaux »). Il est bien évident que c'est le **développement du savoir-faire** (ici, dans le contexte thématique de la classification du vivant) qui est au cœur de l'activité. En effet, il ne paraît **pas opportun** de viser ici une **étude des termes impliqués** : quel serait l'intérêt, à ce moment du parcours scolaire, de faire mémoriser aux élèves les différents embranchements et classes d'Invertébrés ?

Suite aux précisions importantes mentionnées ci-dessus, il se peut que, pour certains élèves, la classification proposée paraisse encore trop complexe pour être utilisée de manière fructueuse. La classification peut alors être simplifiée : il est possible, par exemple, de ne proposer aux élèves que la partie portant sur les Invertébrés. Cette partie du classement est suffisante pour réaliser la première tâche qui est liée au classement d'Invertébrés construit lors de l'activité précédente. La deuxième tâche pourrait alors être simplifiée de façon à ne porter, elle aussi, que sur les Invertébrés.

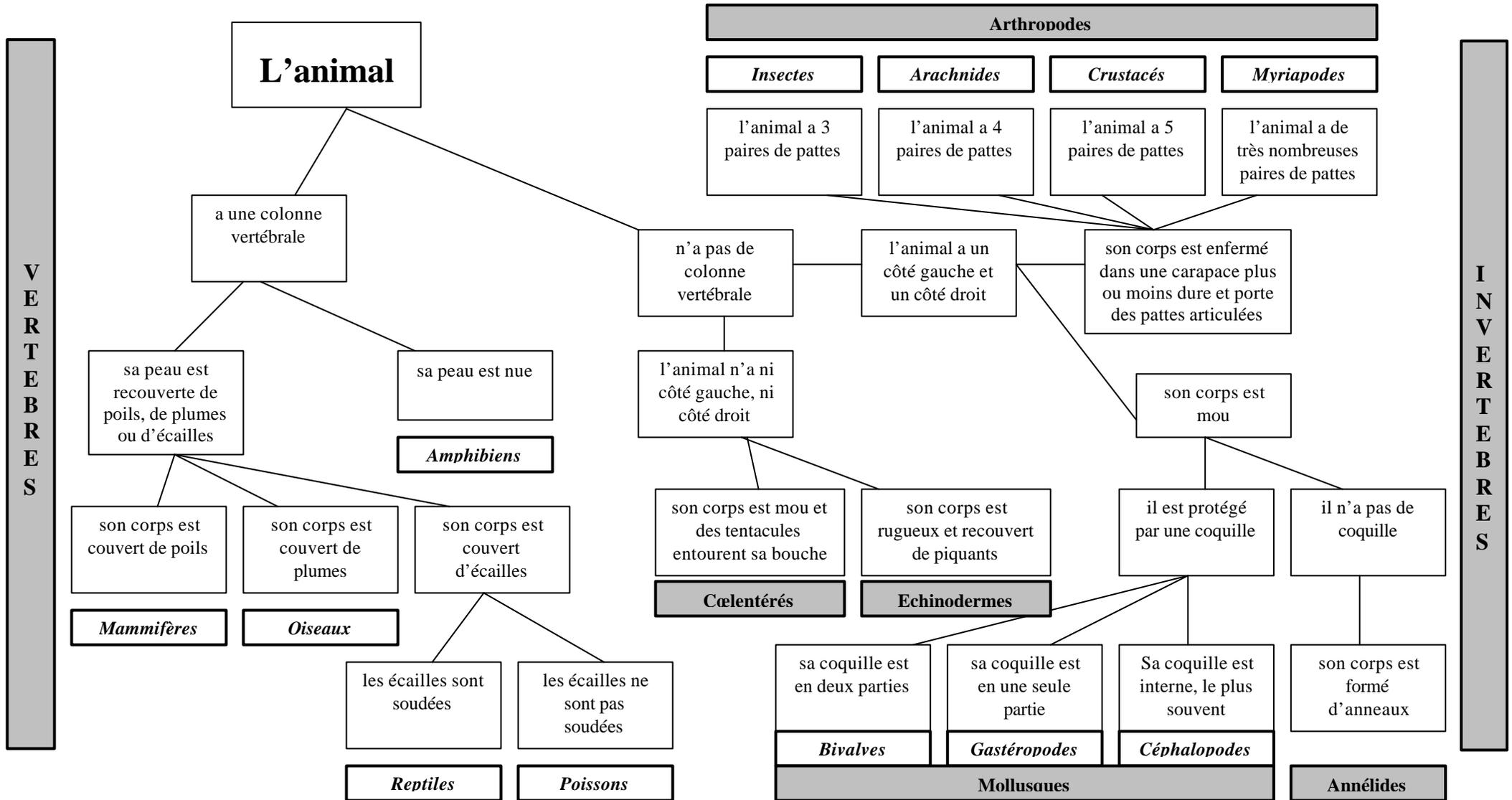
Note concernant la classification simplifiée du monde animal proposée à la page suivante

Les classes et les embranchements sont mis en évidence par des caractères typographiques spécifiques :

- **Classes**

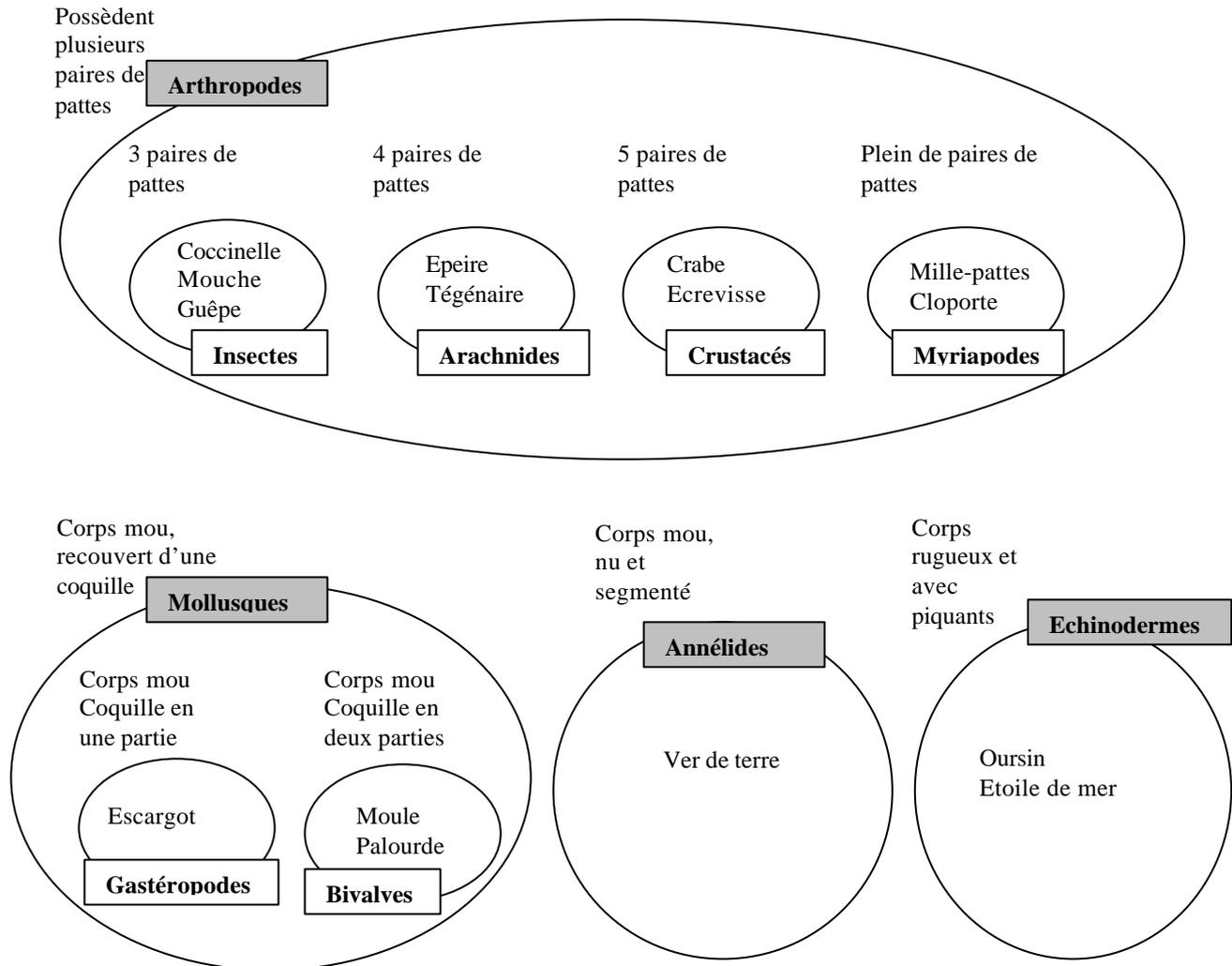
- **Embranchements**

Une classification simplifiée du monde animal



Tâche 1

En utilisant la classification simplifiée du monde animal, demander aux élèves de trouver le nom des différentes catégories qui ont été créées en réalisant le classement par ensembles emboîtés (cf. activité précédente).



b) Une classification simplifiée des classes de Vertébrés

Le tableau suivant⁵ présente une description succincte des différentes classes de Vertébrés en mettant l'accent sur les caractéristiques propres à chaque classe.

L'objectif est d'amener les élèves à **utiliser** une telle classification (et non à la construire). Tout comme pour l'activité précédente, on vise la mise en œuvre du savoir-faire « **lire un document scientifique** ». Par ailleurs, et contrairement à l'activité précédente qui faisait intervenir les embranchements et les classes d'Invertébrés, les classes de Vertébrés font partie des **domaines de savoir à maîtriser** en fin du premier degré de l'enseignement secondaire.

	Naissance et développement	Ce qui recouvre leur corps	Autres caractères : milieu de vie, respiration, membres,...	Caractéristique de la température du corps
Poissons	Les œufs sont pondus dans l'eau.	Ils ont des écailles non soudées.	Ils respirent par des branchies. Leurs membres sont des nageoires.	Animaux à température variable.
Amphibiens	Les œufs sont pondus dans l'eau. Pour devenir adultes, les jeunes subissent des métamorphoses.	Ils ont une peau nue et humide.	Les jeunes respirent par des branchies. Les adultes respirent par des poumons.	Animaux à température variable.
Reptiles	Les œufs sont pondus à terre et ne sont pas couvés.	Ils ont des écailles soudées.	Ils respirent par des poumons. Certains n'ont pas de membres.	Animaux à température variable.
Oiseaux	Les œufs sont pondus à terre et sont couvés.	Ils ont des plumes.	Ils ont toujours 2 pattes, 2 ailes et 1 bec. Ils respirent par des poumons.	Animaux à température constante.
Mammifères	Ils sont tous vivipares (les petits se développent dans l'utérus maternel). Les femelles allaitent leurs petits.	Ils ont des poils.	Tous respirent par des poumons. (y compris ceux qui vivent dans l'eau)	Animaux à température constante.

Les deux activités proposées à la page suivante sont liées et doivent donc être réalisées successivement.

⁵ Le tableau est inspiré de R. Tavernier (2001). *Enseigner la biologie et la géologie à l'école élémentaire*. Guide des professeurs des écoles, I.U.F.M., Bordas. Pour chaque classe, toutes les caractéristiques proposées constituent des généralités ; il existe par ailleurs de nombreuses exceptions.

Tâche 1

Sur la base des indices donnés par les animaux et du tableau présentant la classification, il est possible de retrouver la classe de Vertébrés à laquelle chaque animal appartient.

Animal	Indices donnés sur les caractéristiques des animaux	Classe de Vertébrés
Le manchot	<i>Il pond des œufs à terre et il les couve. Ses plumes sont imperméables.</i>
L'anguille	<i>Ses écailles sont si petites qu'on pourrait croire sa peau nue. Elle pond ses œufs dans l'eau.</i>
La salamandre	<i>Elle était très différente quand elle était toute petite. On dirait qu'elle a des écailles mais ce n'est pas vrai.</i>

Tâche 2

En connaissant la classe d'appartenance des animaux (découverte au terme de la tâche 1), il est possible de déduire certaines caractéristiques qui les concernent. Autrement dit, en se basant sur le tableau présentant la classification, la connaissance de la classe de Vertébrés doit permettre de répondre aux questions suivantes :

- **Les manchots** ont-ils un bec ?.....
Comment peut-on caractériser la température de leur corps ?.....
- **Les anguilles** ont-elles des écailles soudées ?.....
Comment respirent-elles ?.....
- **Les salamandres pondent-elles des œufs ?**.....
Comment respirent-elles ?.....

Le tableau de classification présenté à la page précédente est synthétique et assez limitatif. Il est possible de faire appel à d'autres types de documents pour connaître plus d'informations sur un animal appartenant à une classe donnée.

En guise d'exemple, on peut **en savoir plus** sur la salamandre en découvrant le petit texte présenté à la page suivante.

Les amphibiens⁶

Les **amphibiens** sont **des Vertébrés** ; la charpente de leur corps est un squelette osseux et articulé.

- La **température** de leur corps **varie** en fonction de celle du milieu dans lequel ils se trouvent.
- Ils sont **hétérotrophes**, c'est-à-dire qu'ils se nourrissent au dépend des autres êtres vivants.
- Leur **respiration** est de type pulmonaire et cutané : les échanges gazeux entre le sang et l'air se font au niveau des poumons et au travers de la peau nue et humide.
- Leur **circulation** sanguine est double : un circuit capture l'oxygène au niveau des poumons et de la peau et un circuit le distribue à tous les organes. Leur circulation sanguine est incomplète : le sang oxygéné se mélange avec le sang chargé en gaz carbonique. Le sang circule dans un circuit extrêmement ramifié mais sans fuite (circuit fermé).
- Leur **système nerveux** est dorsal, composé de centres nerveux rudimentaires situés dans la boîte crânienne, de la moelle épinière logée dans le canal vertébral et de nerfs qui se ramifient dans tout le corps.
- Leur **mode de reproduction** est sexué. La **fécondation** est généralement externe : la rencontre des spermatozoïdes mâles et des ovules femelles se réalise généralement dans l'eau. Le mode de reproduction est de type ovipare avec métamorphose : chaque embryon se développe dans un œuf puis devient un têtard vivant exclusivement dans l'eau et respirant au moyen de branchies. Par la suite, le corps se métamorphose pour devenir semblable à celui des géniteurs.

⁶ Ce texte est inspiré du manuel suivant : Bertrand-Renaud, S. & Mols, J. (2001). *Je construis mes apprentissages en sciences au premier degré*. Manuel pour les 1^e et 2^e. Bruxelles, De Boeck.

2. Classements parmi les Plantes

La première activité demande tout d’abord aux élèves de réaliser un tri des éléments proposés. Ils sont ainsi amenés à créer d’emblée les différentes catégories. Ce n’est que dans un deuxième temps qu’on leur propose de réaliser différents classements en construisant des arbres de décomposition.

La deuxième activité conduit les élèves à utiliser des clés de détermination. Elle vise ainsi à leur faire prendre conscience d’une finalité possible des classements : retrouver le nom d’un spécimen.

2.1. Le classement de feuilles

Rassembler une série de feuilles d’arbres (ou de dessins représentant ces feuilles) et demander aux élèves de les observer afin de les **trier**.

Pour sélectionner les feuilles à utiliser pour l’activité, il est important de veiller à ce que l’on perçoive bien l’accroche sur le rameau, ainsi que le bourgeon. Sans cela, on ne sait pas s’il s’agit d’une feuille entière ou d’une foliole (c’est-à-dire d’une partie d’une feuille composée).

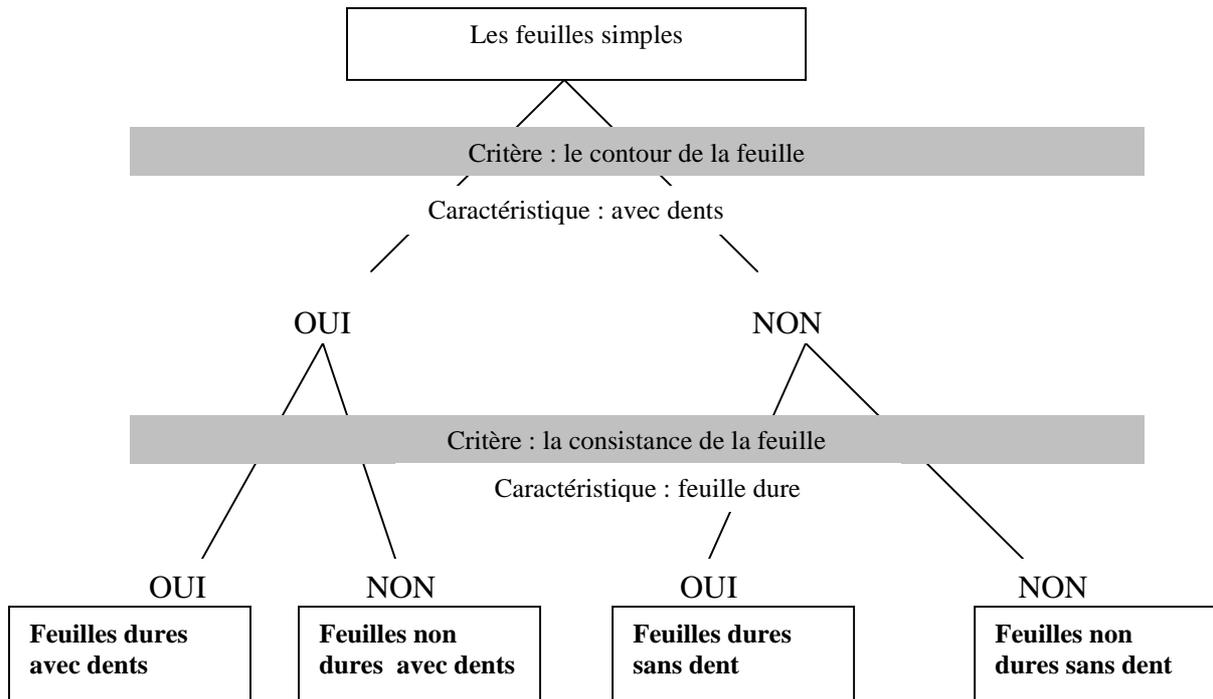
Pour **trier** les feuilles, il convient de regrouper toutes celles qui se ressemblent. Autrement dit, une **catégorie** comprendra **toutes les feuilles qui possèdent certaines caractéristiques en commun**. Toutes les feuilles à trier doivent entrer dans **une et une seule** des catégories créées.

Exemple de tri réalisé sur des feuilles simples :

Feuilles simples, dures et sans dent
Feuilles simples, dures et avec dents
Feuilles simples, molles et sans dent
Feuilles simples, molles et avec dents

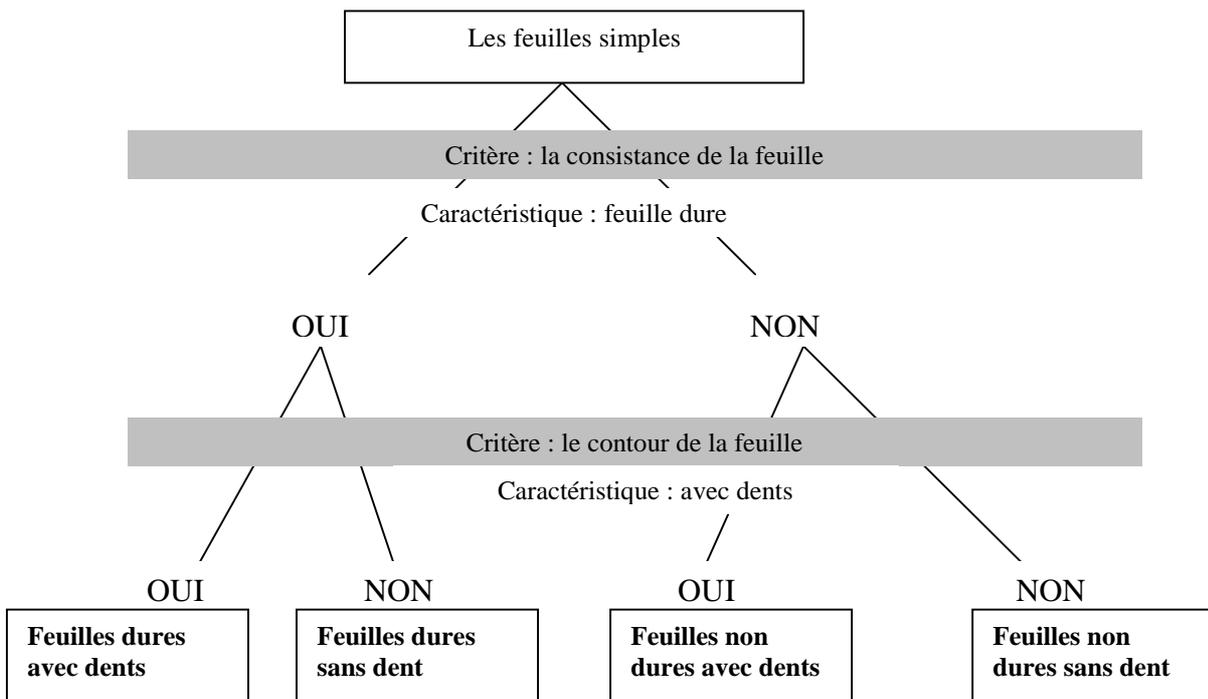
Une fois le tri réalisé, les élèves sont invités à réaliser différents **classements** en précisant clairement les **critères** et les **caractéristiques** utilisés.

Exemple de classement en arbre dichotomique (critères : contour, puis consistance de la feuille).



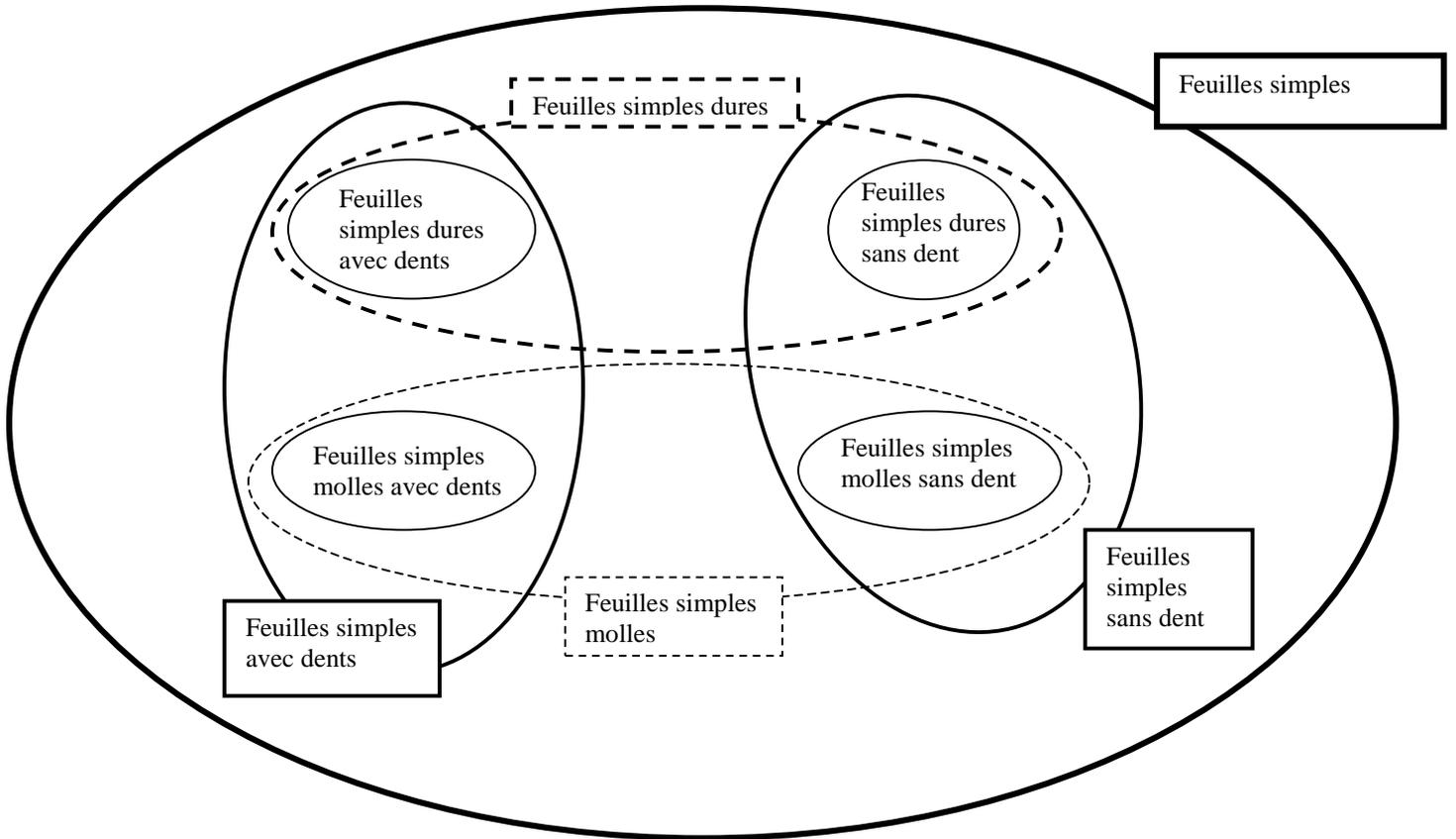
Il est intéressant de faire remarquer aux élèves que **l'ordre dans lequel les différents critères sont utilisés ne modifie pas le classement final** : on retrouve, à terme, les mêmes catégories. L'arbre de décomposition proposé ci-dessous illustre cette **inversion des critères**.

Exemple de classement en arbre dichotomique (critères : consistance, puis contour de la feuille)



Il est également possible de réaliser **un classement par ensembles emboîtés**. Celui-ci est toutefois difficile à interpréter dans la mesure où il engendre des recouvrements.

Exemple de classement par ensembles emboîtés



2.2. L'utilisation de clés de détermination

Proposer aux élèves une série de photos (ou de dessins) de feuilles d'arbres (ou récolter différentes feuilles d'arbres).

Tout comme pour l'activité précédente, il est important que l'on perçoive l'accroche sur le rameau, ainsi que le bourgeon. Sans cela, on ne sait pas s'il s'agit d'une feuille entière ou d'une foliole (c'est-à-dire d'une partie d'une feuille composée).

Proposer aux élèves d'utiliser des clés de détermination pour retrouver à quel arbre chaque feuille appartient¹.

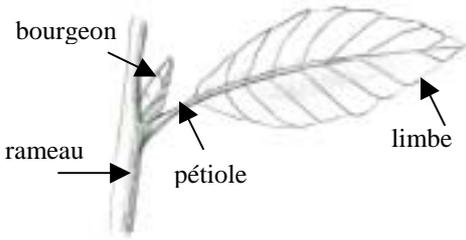
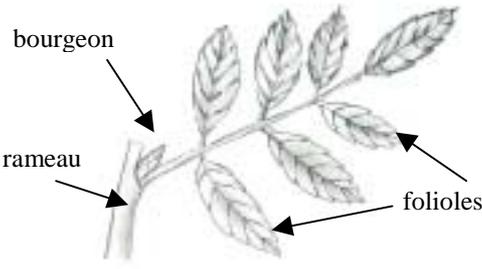
En guise d'exemple : les arbres de nos régions à feuilles composées²

Pour utiliser les clés de détermination, il convient de se familiariser avec un certain nombre de termes. Nous nous intéressons ici aux **arbres à feuilles composées** ; il convient dès lors de bien identifier ce matériau (arbre, arbuste ou arbrisseau ; feuilles simples ou composées), ainsi que le vocabulaire s'y rattachant (feuilles palmées ou pennées, dentées ou entières, alternes ou opposées).

Précisons encore que d'autres clés de détermination existent pour les arbres à feuilles simples et qu'elles impliquent alors d'autres termes spécifiques (ex. feuilles crénelées, feuilles lobées, bas du limbe asymétrique, haut du limbe échancré,...).

Familiarisation avec le vocabulaire de base relatif aux arbres à feuilles composées

Arbres, arbustes ou arbrisseaux ?		
Un arbre adulte mesure plus de 7 mètres de haut et a un seul tronc.	Un arbuste adulte mesure moins de 7 mètres de haut et a un seul tronc ou une seule tige.	Un arbrisseau a une tige divisée tout près du sol et est de petite taille.

Feuilles simples ou composées ?	
 <p>Une feuille simple : un bourgeon et une limbe en une seule partie.</p>	 <p>Une feuille composée : un bourgeon et une limbe composée de plusieurs folioles.</p>

¹ Il existe de nombreux ouvrages proposant des clés de détermination portant sur différents thèmes.

² La clé de détermination proposée ici est inspirée de l'ouvrage suivant : Guillaume, C. (2002). *Reconnaître... Guide de terrain à compléter et à colorier. Les arbres*. Bruxelles, De Boeck et Belin.

Feuilles composées palmées ou pennées



Feuille palmée



Feuille pennée

**Feuilles composées et pennées
à folioles dentées ou entières**



Foliole dentée



Foliole entière

**Feuilles composées et pennées
alternes ou opposées**



Feuilles alternes

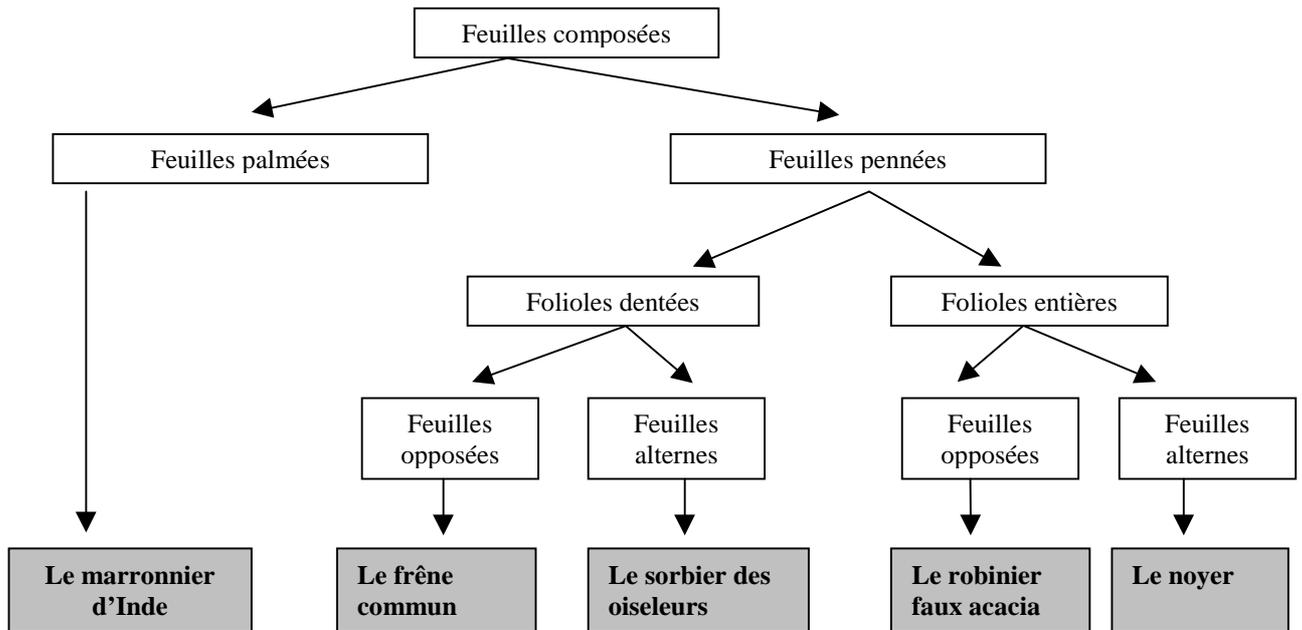


Feuilles opposées

Clés de détermination pour les arbres de nos régions à feuilles composées

Les trois clés de détermination proposées ci-dessous constituent des exemples permettant de constater que ces outils peuvent être présentés sous des formes très différentes (arbre de décomposition, tableau présentant les caractéristiques de manière emboîtée ou renvoyant de ligne en ligne); il ne faut pas chercher à y voir une quelconque progression.

Première clé de détermination



Deuxième clé de détermination

1	Les feuilles sont palmées			Le marronnier d'Inde	
Les feuilles sont pennées	2	Les folioles sont dentées		Les feuilles sont opposées Le frêne commun	
				Les feuilles sont alternes Le sorbier des oiseleurs	
	Les folioles sont entières	3	les feuilles sont opposées		Le robinier faux acacia
			Les feuilles sont alternes		Le noyer

Troisième clé de détermination

0	Les feuilles sont palmées..... Les feuilles sont pennées.....	Le marronnier d'Inde aller en 1
1	Les folioles sont dentées..... Les folioles sont entières.....	aller en 2 aller en 3
2	Les feuilles sont opposées..... Les feuilles sont alternes.....	Le frêne commun Le sorbier des oiseleurs
3	Les feuilles sont opposées..... Les feuilles sont alternes.....	Le robinier faux acacia Le noyer

ELABORATION D'UN DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Ce chapitre porte sur différents domaines de savoir : les propriétés de la matière, la mise en évidence des effets perceptibles des forces et la pression. Il s'organise en trois parties :

- une analyse des réponses fournies par les élèves aux questions de l'épreuve qui envisageaient cette compétence ;
- une réflexion sur quelques facettes essentielles des démarches expérimentales à l'usage des enseignants;
- trois pistes didactiques proposant des activités variées mettant en œuvre cette compétence.

Une analyse des réponses fournies par les élèves aux questions de l'épreuve qui envisageaient cette compétence

Deux questions de l'épreuve étaient centrées sur la conception d'un dispositif expérimental. Une analyse approfondie des productions des élèves à ces deux questions met en évidence quelques caractéristiques de leur acquis dans le domaine, au début de l'enseignement secondaire.

Une réflexion à l'usage des enseignants sur quelques aspects essentiels des démarches expérimentales

Une mise au point sur quelques éléments essentiels des dispositifs expérimentaux permet de comprendre plus en profondeur les différentes facettes qu'ils peuvent recouvrir et vise également à faire le point sur les apprentissages qu'il serait intéressant de développer auprès des élèves du premier degré de l'enseignement secondaire.

Trois pistes didactiques proposant des activités variées mettant en œuvre la compétence

Les propositions didactiques envisagent chacune une facette de la conception d'un dispositif expérimental :

- par le biais de la résolution d'un petit défi, la première activité vise à explorer un phénomène centré sur des applications de la masse volumique de certains liquides ;
- la deuxième est centrée sur la mise en évidence d'hypothèses à éprouver par le biais d'un dispositif expérimental permettant de distinguer l'eau pure de l'eau salée ;
- la troisième envisage l'illustration de deux modèles théoriques, l'un centré sur les effets perceptibles des forces et l'autre, sur la pression.

PARTIE I - QUE NOUS APPREND L'ÉPREUVE EXTERNE SUR LES COMPÉTENCES DES ÉLÈVES ?

Mettre au point un dispositif expérimental est un savoir-faire essentiel de la démarche scientifique. Une première analyse des questions de l'épreuve a mis en évidence la complexité de la tâche pour des élèves de début de première année secondaire :

- 15% de réussite pour le dispositif expérimental visant à mettre en évidence un effet des forces (le changement de vitesse en grandeur) ;
- 21% de réussite pour celui visant à distinguer un corps pur d'un mélange homogène (eau pure ou eau salée).

Que se cache-t-il derrière les productions du nombre important d'élèves qui n'ont pas fourni une des réponses correctes attendues ? Une analyse plus approfondie des productions jugées erronées à ces deux questions de l'épreuve (question 4 et question 11) permet de dégager des informations intéressantes sur les démarches spontanées des élèves, tant au niveau de ce savoir-faire que des savoirs mobilisés.

Question 4 : Les effets des forces

<p>b) Décris une expérience permettant de mettre en évidence un seul effet des forces. Tu dois <u>changer la vitesse en grandeur</u> (plus vite ou moins vite), mais pas en direction.</p>

Pour réaliser l'expérience, tu peux utiliser ce que tu veux parmi le matériel suivant :

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| ➤ un cube en bois | ➤ une gouttière |
| ➤ une balle de tennis | ➤ une planche |
| ➤ un œuf en bois | ➤ un tuyau d'arrosage |

Pour être considéré comme correct, le dispositif expérimental devait :

- envisager une expérience centrée sur un changement de vitesse en grandeur ;
- neutraliser les autres variables du système étudié, et en particulier la variable « changement de vitesse en direction ».

Une analyse plus approfondie des réponses erronées fait apparaître des **difficultés** tant **dans la mise en évidence de la variable à étudier**, que **dans le contrôle nécessaire des autres variables** du système. Enfin, un nombre important d'élèves ne répond pas à la question ou **manque de précision dans la réponse apportée** (simple liste du matériel à utiliser, expérience extrêmement complexe à mettre en œuvre en raison du choix inadapté du matériel, ...).

Quelques illustrations de ces difficultés

- Certains dispositifs envisagent un autre effet des forces ; il s'agit souvent d'une déformation temporaire.
 - « *J'appuie sur la balle de tennis pendant 5 secondes, elle s'aplatit puis reprend sa position* ».
 - « *Je mets mon pied sur le tuyau d'arrosage, puis je le retire : le tuyau reprend sa forme* ».
- D'autres ne parviennent pas à neutraliser la variable « changement de vitesse en direction » et proposent des expériences combinant ainsi deux effets.
 - « *On prend le tuyau d'arrosage. On allume le robinet puis on augmente le débit : le tuyau d'arrosage va dans tous les sens* ».
 - « *Je lance la balle de tennis : elle retombe sur le sol : sa vitesse a diminué* ».
 - « *J'appuie la planche contre un mur et je dépose la balle de tennis dessus : elle va de plus en plus vite.* »
- Beaucoup d'élèves enfin ne répondent pas à la question ou dressent la liste du matériel dont ils auront besoin pour réaliser l'expérience, sans aucune description du dispositif à mettre en œuvre.

Question 11 : Identifier une substance

Un récipient contient de l'eau. Tu ne peux pas la goûter.

Imagine une expérience qui te permet de savoir s'il s'agit d'eau pure ou d'eau salée.

Pour la réaliser, tu peux utiliser ce que tu veux parmi le matériel suivant :

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| ➤ une source de chaleur | ➤ une balance |
| ➤ une source de refroidissement | ➤ un chronomètre ou une montre |
| ➤ une latte graduée | ➤ un thermomètre |

Outre des difficultés comparables à celles relevées dans l'expérience portant sur les effets des forces (simple liste du matériel, nombre important d'omissions), une analyse plus approfondie des réponses des élèves fait apparaître ici des **éléments intéressants au niveau des savoirs mobilisés**. En effet, les expériences proposées mettent souvent en évidence les **conceptions (correctes ou non) relatives à différents domaines de savoir** : la masse volumique, les états de la matière, les mélanges homogènes et hétérogènes et enfin, l'évolution de la température pendant un changement d'état.

Quelques illustrations de ces conceptions (correctes ou non)

La masse volumique

- A volume identique, l'eau pure est moins lourde que l'eau salée.
« Je mets une même quantité d'eau pure dans un récipient identique et je le pèse. Si le premier récipient est plus lourd que le deuxième, c'est de l'eau salée, sinon, c'est de l'eau pure ».

Caractéristiques des états de la matière

- L'eau salée ne gèle pas et elle ne bout pas.
« Je mets le récipient dans la source de refroidissement (le congélateur). Si l'eau ne gèle pas, c'est qu'elle est salée ».
« Je mets le récipient dehors quand il gèle. Si l'eau ne gèle pas, c'est de l'eau salée ».
« Je fais chauffer le mélange. S'il y a des bulles, c'est de l'eau pure, sinon, c'est de l'eau salée ».
- L'eau salée bout moins vite que l'eau pure. Elle gèle moins vite également.
« Je prends une même quantité d'eau et je fais chauffer les deux récipients. S'ils bouillent en même temps, c'est de l'eau pure, sinon, c'est de l'eau salée ».
« Je mets dans la source de refroidissement deux pots identiques, celui qui est donné et un où il y a de l'eau. Si l'eau pure gèle en premier, c'est de l'eau salée ».
« Je mets dans la source de refroidissement l'eau. Si elle se glace tout de suite, c'est de l'eau pure ; si c'est plus difficile, c'est de l'eau salée ».

Mélanges homogènes et hétérogènes

- L'eau salée est un mélange homogène, une solution. Par distillation (plus spécifiquement ici, par évaporation), on pourra isoler le sel.
« En mettant l'eau sur la source de réchauffement, elle va s'évaporer et il ne restera que le sel parce que l'eau aura disparu dans l'air ».
« Je mets l'eau dans une source de chaleur. Si c'est de l'eau pure, il ne restera plus rien. Si c'est de l'eau salée, il restera du sel ».
- L'eau salée est un mélange hétérogène, donc, à l'œil nu, on pourra identifier les matières constitutives (eau et sel).
« Je regarde bien attentivement et si c'est de l'eau salée, on doit voir du sel ».
« Je fais bouillir l'eau et s'il y a du blanc, c'est de l'eau salée ».

Evolution de la température pendant un changement d'état

- L'eau pure est un corps pur, donc la température ne varie pas pendant l'ébullition.
« Il faut regarder la température de l'eau (avec un thermomètre) et le temps (avec un chronomètre). Ensuite, on fait le graphique. S'il descend tout le temps, c'est de l'eau salée. Sinon, c'est de l'eau pure. »

Les tendances qui se dégagent de l'analyse de ces deux questions montrent la nécessité de développer plus en profondeur le savoir-faire lié à **l'élaboration d'un dispositif expérimental**.

- Le nombre important d'**omissions** soulève des interrogations : les élèves ont-ils été désarçonnés par la question posée ? N'ont-ils aucune idée de ce qu'est une description d'une expérience ? Ont-ils peur de ne pas donner une réponse jugée suffisamment correcte ou de s'exprimer par écrit ? Dans le cadre d'une épreuve de cette envergure, il est difficile d'interpréter ces omissions. En classe, une analyse plus approfondie de ces omissions permettrait de mettre davantage en évidence les conceptions spontanées des élèves dans le domaine.
- Une autre caractéristique qui se dégage de l'analyse des deux questions est **l'imprécision du dispositif proposé**. Certains élèves se limitent même à une **liste du matériel** qu'ils utiliseraient.
- Dans le cas de l'expérience sur l'eau salée, beaucoup d'élèves proposent des expériences **sans préciser l'hypothèse envisagée dans le dispositif proposé**. Ces productions rendent difficile l'interprétation qui pourra être faite du résultat, et donnent au dispositif l'allure d'une « recette de cuisine », qui ne permet pas de cerner la logique sous-jacente à l'élaboration du dispositif proposé.
- Dans le cas de l'expérience sur les effets des forces, **bon nombre d'élèves ne parviennent pas à isoler la variable** que l'on souhaite étudier plus en profondeur, et ainsi à neutraliser les autres variables qui pourraient intervenir dans le système proposé.

Par ailleurs, diverses conceptions d'élèves relatives à la matière - **propriétés et changements, corps purs et mélanges** - ont pu être dégagées. Si certaines d'entre elles sont correctes, d'autres doivent être remises en question. Quelques pistes pour retravailler ces conceptions par l'intermédiaire de la mise en œuvre de dispositifs expérimentaux sont proposées dans la partie III de ce chapitre.

PARTIE II - QUELQUES REFLEXIONS SUR LES DEMARCHES EXPERIMENTALES

Beaucoup de scientifiques s'accordent aujourd'hui pour déplorer que notre enseignement des sciences est trop peu expérimental : il ne réussit pas à favoriser le développement de compétences proprement expérimentales. Développer davantage la compétence de conception d'un dispositif expérimental pourra amener à aborder cet aspect essentiel de la démarche scientifique que l'on souhaite apprendre aux élèves.

Avant de s'interroger sur des méthodologies susceptibles d'amener les élèves à entrer dans une véritable démarche expérimentale, il serait intéressant de préciser quelques caractéristiques fondamentales de cette compétence. C'est l'objet de cette partie qui abordera deux questions :

1. existe-t-il une ou plusieurs démarches expérimentales ?
2. Quelles facettes des démarches expérimentales pourrait-on développer avec les élèves, au début de l'enseignement secondaire ?

1. Existe-t-il une ou plusieurs démarches expérimentales ?

Selon les problématiques qu'ils abordent, **les scientifiques adoptent des démarches bien différentes** : l'expérimentation directe n'est de loin pas la seule démarche possible. Par exemple, en astronomie, certains objets, comme les étoiles, sont trop éloignés et donc inaccessibles. Dans d'autres cas, les objets peuvent être dangereux à manipuler, il faut alors envisager des modèles ou des simulations. Parfois, l'expérimentation irait à l'encontre de problèmes éthiques, comme en expérimentation humaine, par exemple. De même certaines expérimentations perturbent grandement le phénomène étudié. Observer, prendre des mesures, enregistrer des données, réaliser des simulations, des enquêtes à plus ou moins grande échelle font partie des démarches expérimentales fréquemment utilisées par les scientifiques, **en fonction des buts qu'ils poursuivent et des problématiques qu'ils envisagent.**

Dans l'enseignement, **la démarche expérimentale est classiquement associée au schéma OHERIC** (Observation, Hypothèses, Expérimentation, Résultats, Interprétation, Conclusion). Dans ce schéma, l'observation et la validation d'hypothèses constituent les étapes clés du processus.

Pourtant, plusieurs auteurs ont émis des **critiques face à ce modèle.**

Fourez et Englebert (1999)¹ envisagent trois limites au schéma OHERIC.

- D'après ce schéma, l'observation constitue l'élément premier de la démarche. Or de nombreuses études ont montré que **l'observation n'est jamais neutre ou totalement objective**. On observe une situation avec des conceptions, des présupposés ; on ne perçoit jamais un phénomène en lui-même mais toujours au travers de la grille de lecture que constituent nos sens et nos structures mentales.
- Le schéma se propose de valider ou d'invalider une hypothèse définie comme telle. Cette démarche occulte le fait **qu'une hypothèse s'insère souvent dans un cadre plus large, correspondant plutôt à un scénario**. Dans ce contexte, l'expérimentation

¹ FOUREZ, G. & ENGLEBERT, V. (1999). *Enseigner les démarches scientifique*, Probio-Revue, pp. 3-15.

visera à analyser jusqu'à quel point le scénario est fiable ou adéquat, plutôt qu'à infirmer ou confirmer une hypothèse isolée.

- Enfin, ce schéma est souvent associé à l'idée de validation d'une hypothèse. Or d'un point de vue logique, seules des expérimentations dont les résultats ne correspondent pas à ceux escomptés permettent de réfuter une hypothèse. Dans le cas contraire, quelles que soient les expériences qui confortent le modèle étudié, on ne pourra jamais en conclure que celui-ci est vrai. On pourra simplement affirmer qu'il est fiable parce qu'il a été éprouvé un grand nombre de fois avec succès. Il serait dès lors plus judicieux de parler de **tests de fiabilité d'un modèle plutôt que de vérification d'une hypothèse**.

D'après Giordan (1998)², la démarche OHERIC ne rend pas compte du processus de recherche effectivement mis en œuvre par les chercheurs : **cette méthode constitue plutôt une reconstruction de la pensée a posteriori dans le but de communiquer et de convaincre du bien fondé scientifique de la problématique envisagée**. Cette démarche est utilisée pour présenter clairement le raisonnement, une fois que le chercheur a trouvé une réponse à ses questionnements. Dans ce compte-rendu, il occulte complètement la phase plus obscure, plus tâtonnante de sa recherche.

Ainsi, en pratique, voici comment la recherche peut être menée :

- une première étape permet de définir un objectif ;
- vient ensuite une phase d'observation qualitative (quand c'est possible), suivie d'expérimentations, de mesures, d'enregistrements et d'analyse des résultats ;
- c'est alors au moment de l'interprétation que le chercheur cherche à analyser si les résultats recueillis sont cohérents avec le cadre théorique de référence. Si ce n'est pas le cas, il pourra alors définir des hypothèses qu'il testera de façon plus approfondie.

2. Quelles facettes des démarches expérimentales développer avec les élèves ?

Enseigner d'emblée une démarche de type OHERIC aux élèves présente l'inconvénient majeur d'entretenir une vision très réductrice de la démarche scientifique. Ainsi, le surinvestissement de la logique et de la rigueur, présent dans le schéma OHERIC, empêche les élèves de découvrir l'autre aspect fondamental de la démarche scientifique, qui relève davantage de la recherche et de la découverte.

Pour Giordan (1998), avant d'apprendre une méthode, l'enseignement devrait commencer par **développer chez les élèves différentes attitudes telles que des réflexions critiques sur ses observations, un doute sur ce qu'il croit maîtriser, des stratégies de communication**. Ces apprentissages pourraient être réalisés au départ de recherches personnelles sur des problèmes concrets posés lors d'expériences.

Dans le même ordre d'idées, bon nombre d'auteurs s'accordent à penser qu'il faut **varier les types de démarches expérimentales avec les élèves**, afin notamment qu'ils en aient une vision plus correcte. Ainsi, les amener à faire un essai pour mieux comprendre un phénomène, c'est aussi une expérience scientifique. Dans certaines situations, une formalisation et une organisation précises d'une expérience sont nécessaires, dans d'autres, une démarche moins rigoureuse, basée sur une stratégie de l'essai et de l'erreur, peut s'avérer tout aussi pertinente.

² GIORDAN, A. (1998). Apprendre ! Paris : Belin (collection Débats).

Elaborer des modèles et réaliser des tests expérimentaux en lien avec les modèles élaborés sont également des compétences qu'il est intéressant de développer avec les élèves.

Coquidé (2001)³ présente trois types de démarches scientifiques qui pourraient être exploitées avec les élèves, en vue de leur donner une vision plus élargie des démarches scientifiques.

- Un premier type de démarche, appelé *expérience-action*, consiste à amener les élèves à **explorer et agir à travers des situations variées et diversifiées en vue de se familiariser avec des objets, des phénomènes et des instruments scientifiques**. Dans ce type de situation, le rôle de l'enseignant est de penser les aménagements, les situations et le matériel, mais aussi de favoriser les confrontations de démarches, de relancer le débat et d'introduire le doute.
- Un deuxième type de démarche, appelé *expérience-objet*, confronte les élèves à une **problématique peu définie**, les amène à **préciser celle-ci, à définir des hypothèses et à mettre en œuvre des dispositifs expérimentaux en vue d'éprouver un certain nombre d'hypothèses**. Il s'agira alors de réfléchir sur les démarches mises en œuvre et les raisonnements élaborés.
- Un troisième type de démarche, appelé *expérience-outil*, vise à **mettre à l'épreuve des modèles théoriques**. Les expériences sont alors réalisées dans le cadre d'un apprentissage conceptuel systématique, et permettent d'illustrer ou de préciser le domaine de validation du phénomène théorique étudié.

Des exemples de ces trois types de démarches sont développés plus concrètement dans les propositions didactiques. Pour le troisième type de démarche, c'est l'illustration d'un phénomène étudié qui est envisagée ici.

³ COQUIDE, M. (2001). *Les démarches en sciences expérimentales*. Intervention à l'Université de Rouen.

PARTIE III - PROPOSITIONS DIDACTIQUES

L'importance de l'expérimentation dans les cours de sciences n'est plus à démontrer. Toutefois, expérimenter n'est pas tout ! Encore faut-il que les élèves apprennent ainsi à développer de réelles compétences scientifiques, et notamment à construire par eux-mêmes de véritables dispositifs expérimentaux.

Les pistes didactiques proposées ici ne se limitent pas à proposer des expériences à réaliser en classe avec les élèves. Elles visent à développer chez eux une réelle réflexion autour des expérimentations et, partant, à les rendre plus compétents dans la construction de dispositifs expérimentaux.

Trois axes de propositions didactiques sont envisagés ici. Ils visent à développer, avec les élèves, trois facettes des dispositifs expérimentaux.

- Le premier axe propose deux activités d'*expérience-action* qui partent d'un défi : il s'agit de fabriquer une colonne colorée au départ de cinq liquides de masses volumiques différentes.
- Le deuxième axe envisage l'*expérience-objet* au départ d'une situation problématique visant à reconnaître le contenu de deux récipients identiques, l'un contenant de l'eau pure et l'autre, de l'eau salée. Deux activités plus structurées amènent également les élèves à travailler plus en profondeur deux aspects des dispositifs expérimentaux.
- Le troisième axe propose deux activités qui abordent l'aspect « *expérience-outil* », où il s'agit d'illustrer deux modèles théoriques, l'un relatif aux effets observables des forces et l'autre concernant la pression.

Le tableau ci-dessous permet de visualiser les spécificités des trois approches proposées, ainsi que la complémentarité qui est développée, tant au niveau des facettes du savoir-faire abordées que de la position des savoirs.

	Première série d'activités : l'expérience-action	Deuxième série d'activités : l'expérience-objet	Troisième série d'activités : l'expérience-outil
Rôle de l'expérimentation	L'expérimentation permet de découvrir et de se familiariser avec un phénomène.	L'expérimentation permet de mettre à l'épreuve certaines hypothèses.	L'expérimentation est envisagée pour illustrer un phénomène théorique.
Point de départ de la démarche	Un défi à relever : l'exploration libre réalisée par les élèves pourra servir de tremplin à la découverte des notions mises en œuvre.	Des conceptions à mettre à l'épreuve : une mise à jour des conceptions permettra d'envisager des dispositifs susceptibles de tester ces hypothèses.	Un modèle théorique : sur base de ce modèle théorique, des expériences devront être imaginées ou analysées en vue d'isoler des variables.
Aspect du savoir-faire envisagé	L'accent est principalement mis sur son degré de précision.	L'intérêt est de concevoir un dispositif qui s'appuie sur une conception exprimée sous la forme d' une hypothèse.	La nécessité de neutraliser certaines variables sera principalement envisagée.
Position du savoir	Il est travaillé à la fin des activités. L'analyse des différentes façons de relever les défis permettra d'aborder le savoir.	Il apparaît tout au long des activités (tant dans la définition des hypothèses, que dans l'analyse des résultats des expériences).	Il apparaît avant d'envisager les activités : elles visent à illustrer le savoir.

1. Un exemple d'expérience-action

Cette activité vise à mettre à jour, à travers des explorations libres et peu organisées, quelques propriétés physiques de liquides. Les dispositifs expérimentaux seront élaborés en vue de communiquer une démarche efficace pour relever un défi. L'exploitation qui sera réalisée permettra d'approfondir tant le savoir-faire (en mettant l'accent sur la précision des dispositifs élaborés) que les savoirs (en mettant en évidence, à travers la comparaison des propositions efficaces, quelques propriétés des liquides).

Ce qui est visé

Au niveau des savoir-faire

- Première familiarisation avec les dispositifs expérimentaux.
- Elaboration et analyses de schémas, de croquis.

Au niveau des savoirs

- Caractéristiques physiques de quelques substances. Plus particulièrement, le défi proposé amène à ordonner des liquides de masses volumiques différentes, certains étant miscibles et d'autres non. En fonction des explorations réalisées par les élèves, quelques propriétés des substances manipulées pourront être constatées (certains liquides sont miscibles, d'autres pas ; la quantité de liquide n'a pas d'influence sur leur caractère miscible ou non miscible, ...).

Organisation de l'activité

La séquence s'organise en deux étapes.

1. Exploration libre autour d'un défi

Il s'agit :

- de réaliser des manipulations en vue de relever un défi ;
- de communiquer par écrit la démarche permettant de relever le défi sous la forme d'un mode opératoire.

2. Confrontation des démarches à partir de l'analyse de dispositifs réalisés par les élèves

Organisée sous la forme d'un débat collectif, cette deuxième étape a pour but d'explorer plus finement les solutions proposées par les élèves sous deux aspects :

- sur le plan de la communication de la démarche à mettre en œuvre pour relever le défi ;
- sur le plan des conceptions relatives aux savoirs qui pourront être dégagées des différentes solutions proposées par les élèves.

Etape 1 : exploration libre autour d'un défi

- Un défi est proposé aux élèves⁴.

A partir de cinq liquides différents (eau, huile, alcool coloré avec de l'encre, sirop et essence) et d'un récipient étroit et transparent, réaliser une colonne colorée où les cinq liquides seraient superposés.

Les manipulations sont réalisées en petits groupes ou individuellement, afin de recueillir un éventail varié de démarches qui pourra alors être exploité par la suite.

- Avant de réaliser directement les essais, on pourrait demander aux élèves de schématiser l'expérience projetée ainsi que le résultat attendu, afin de mettre à jour quelques conceptions des élèves concernant les savoirs mis en jeu ici.

Ainsi, par exemple, une enseignante ayant proposé le défi dans sa classe a remarqué que certains élèves pensaient que l'odeur des substances devait être prise en compte : le liquide le moins odorant était en bas et le plus odorant, en haut. L'ordre proposé était alors le suivant : eau, huile, sirop, alcool et essence. Cette solution, basée sur un présupposé erroné, n'est pas loin de celle attendue. Pour d'autres élèves, la quantité de chaque liquide est importante (si on met quelques gouttes d'huile dans l'eau, les deux liquides se mélangeront). D'autres encore pensent que la vitesse de versement des liquides a une influence sur la miscibilité (il faut verser tout doucement l'huile, pour ne pas qu'elle se mélange à l'eau).

- Les élèves réalisent différents essais jusqu'à atteindre l'objectif fixé.

La difficulté majeure inhérente au défi concerne l'ordre de versement des deux liquides miscibles (l'eau et le sirop).

- Afin de communiquer leur démarche, les élèves expliquent par écrit, sous la forme d'un texte ou d'un schéma annoté, le dispositif qui leur a permis de relever le défi.

A cette étape, il n'est pas nécessaire de donner des consignes trop précises aux élèves sur la façon de communiquer le dispositif expérimental efficace, et ceci afin de disposer de leurs premières productions. La confrontation qui sera réalisée par la suite permettra de préciser davantage quelques caractéristiques des dispositifs expérimentaux.

Etape 2 : confrontation des démarches à partir de l'analyse de dispositifs réalisés par les élèves

- L'étape suivante consiste à confronter les différents dispositifs. A cet effet, quelques dispositifs pourraient être reproduits au tableau puis analyser plus en profondeur.
 - Chaque dispositif envisagé permet-il de relever le défi ?
 - Peut-on relever le défi de plusieurs façons ?

⁴ Ce défi est inspiré d'une séquence sur les mélanges (« Les mélanges de liquides »), issue du site « La main à la pâte » <http://www.inrp.fr/lamap/accueil.html>. Les commentaires des enseignants proviennent également de ce site.

- Pour chaque dispositif, comprend-on bien les manipulations envisagées ?
- Un élève qui n'a pas réalisé l'expérience pourra-t-il obtenir du premier coup la colonne colorée, en se basant uniquement sur les explications données ?
- Toutes les informations fournies dans le dispositif sont-elles nécessaires pour relever le défi ?

✎ La comparaison de différents dispositifs efficaces permettra peut être de mettre en évidence des conceptions erronées d'élèves concernant les savoirs mis en jeu (comme par exemple, une influence de la vitesse de versement ou de la quantité de liquides, ...)

✎ Durant cette phase, de nouvelles manipulations pourraient être réalisées en vue d'explorer plus en profondeur quelques hypothèses formulées à partir de la comparaison des dispositifs efficaces.

- Cette confrontation des dispositifs et l'exploitation qui en sera faite permettront aux élèves de se familiariser une première fois avec l'élaboration d'un dispositif expérimental relativement élémentaire. Les débats amèneront les élèves à préciser les modes opératoires proposés et à les illustrer par des schémas éventuellement annotés.
- La confrontation des dispositifs permettra également de mettre en évidence les variables intervenant dans le système exploré. Sur cette base, les savoirs mis en jeu ici pourront être exploités en vue de préciser les modèles scientifiques à l'origine des phénomènes qu'ils auront pu observer lors de cette phase exploratoire.

2. Un exemple d'expérience-objet

La séquence proposée amène les élèves à élaborer en plusieurs étapes un dispositif expérimental. Contrairement à l'exploitation du défi présentée précédemment, les manipulations ne sont plus réalisées d'emblée. Cette approche vise au contraire à les amener à réfléchir de manière approfondie sur les expériences à réaliser. Ainsi, la construction d'un dispositif expérimental « bien pensé », c'est-à-dire appuyé sur des hypothèses préalables est au centre de l'activité.

L'analyse des dispositifs expérimentaux est organisée selon deux points de vue :

- la faisabilité : les élèves sont amenés à réaliser des schémas présentant le dispositif (une confrontation des différents schémas possibles devra amener à préciser davantage le dispositif) ;
- la pertinence : en mettant l'accent sur les hypothèses sous-jacentes aux dispositifs élaborés, on amène les élèves à donner du sens aux dispositifs mis en place. Une analyse plus approfondie des conceptions véhiculées dans les dispositifs permettra également de sélectionner des hypothèses. Celles-ci pourront alors être mises à l'épreuve par la réalisation effective de quelques dispositifs pertinents.

Ce qui est visé

Au niveau des savoir-faire

- Elaborer un dispositif expérimental et mettre particulièrement l'accent sur les idées suivantes :

- un dispositif expérimental, c'est plus qu'une simple liste du matériel à utiliser ;
- un dispositif expérimental, ce n'est pas une recette de cuisine ;
- un dispositif expérimental doit être élaboré en étroite relation avec une réflexion sur des hypothèses ;
- un dispositif expérimental s'élabore progressivement.
- Elaborer et analyser des schémas, des croquis.

Au niveau des savoirs

- Quelques propriétés de la matière (comparaison des corps purs et des mélanges ; propriétés des états de l'eau).

Organisation de la séquence

La séquence s'organise en deux étapes.

1. Familiarisation avec la conception d'un dispositif expérimental

Il s'agit :

- de mettre en évidence les productions spontanées des élèves au départ d'une énigme relative à l'identification d'une substance ;
- d'exploiter les productions des élèves selon deux points de vues :
 - la recherche des propriétés sous-jacentes aux dispositifs mis en œuvre ;
 - la réalisation de schémas permettant de préciser les dispositifs élaborés ;
- d'exploiter les dispositifs ainsi retravaillés et de réaliser quelques expériences ;
- de synthétiser les apprentissages réalisés en ce qui concerne les savoirs et les savoir-faire envisagés.

2. Analyse approfondie de divers dispositifs expérimentaux

Cette seconde étape a pour objectif de développer plus en profondeur quelques aspects des dispositifs réalisés : en particulier le lien entre les hypothèses sous-jacentes et les dispositifs (activité 1) et la nécessité de concevoir un dispositif rigoureux (activité 2). Le déroulement de cette seconde étape peut s'envisager comme suit :

- réalisation des activités ;
- confrontation des productions et argumentation des choix ;
- synthèse.

Etape 1 : familiarisation avec la conception d'un dispositif expérimental

Mise en évidence des productions spontanées des élèves au départ d'une énigme relative à l'identification d'une substance

La séquence débute par l'énigme suivante :

Voici deux récipients. L'un comprend de l'eau salée et l'autre, de l'eau pure. Imagine une expérience qui te permettra d'identifier chacune des deux substances.

 Pour guider la réflexion, du matériel peut être proposé aux élèves (source de chaleur, mélange réfrigérant, latte graduée, balance, chronomètre, thermomètre, filtres, tubes à essais, ...).

👏 Cette question ressemble à celle posée dans l'épreuve, où le taux d'omission était important. Il s'agira ici d'éviter ces absences de réponses, en vue d'inciter les élèves à exprimer leurs conceptions initiales.

- Le dispositif expérimental est réalisé par écrit, individuellement ou par deux, afin de recueillir les productions spontanées des élèves.

👏 Le passage par l'écrit a pour but de permettre aux élèves d'élaborer une réflexion sur la pertinence du dispositif avant de passer à sa mise en œuvre concrète.

Exploitation de quelques productions d'élèves

- L'enseignant choisit quelques dispositifs qui seront exploités plus en profondeur. Différents critères peuvent orienter les choix (variété des approches proposées, aspect plus ou moins complet des dispositifs envisagés, ...).
- Les dispositifs sont alors reproduits au tableau. Chaque élève choisit un dispositif et réalise un ou plusieurs schéma(s) qui explique(nt) de façon plus précise comment s'y prendre pour réaliser l'expérience.

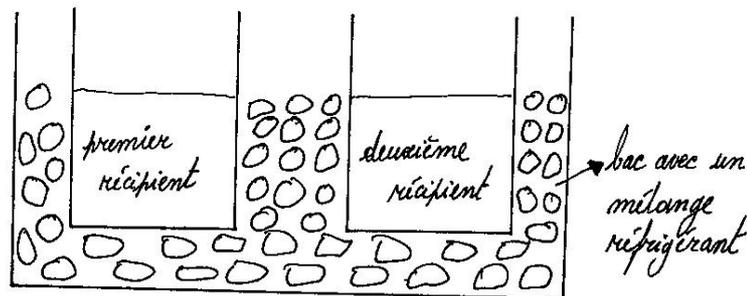
👏 Cette consigne vise à amener les élèves à mieux se représenter le dispositif à mettre en œuvre et ainsi à préciser la production initiale. De plus, le fait que plusieurs élèves s'intéressent à un même dispositif permettra peut-être de montrer des interprétations diverses d'une même production.

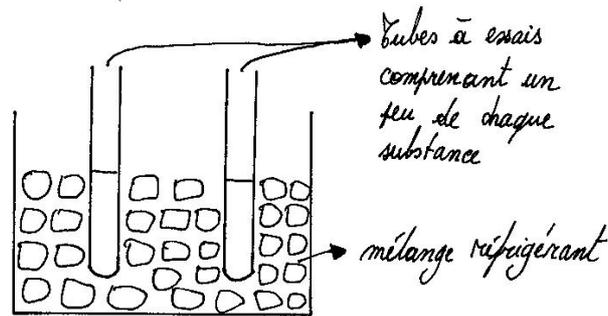
- Une mise en commun des schémas est ensuite organisée. Chaque dispositif expérimental sera alors retravaillé en fonction des différents schémas proposés par les élèves.

👏 Cette comparaison des schémas pourra amener les élèves à rechercher les dispositifs les plus efficaces.



Par exemple, au départ du dispositif suivant « Je refroidis les deux récipients et je regarde celui qui gèle le plus vite », deux schématisations pourraient être envisagées :





La seconde proposition est plus rapide à réaliser que la première. De plus, elle permet de reproduire plusieurs fois l'expérience. En effet, en prélevant un peu de substance de chaque récipient, on conserve une partie de chaque liquide. Il en restera dès lors suffisamment pour répliquer l'expérience. Cette seconde proposition manque cependant de précision : on ne fournit pas la quantité de liquide à mettre dans les deux récipients.

- Lors de cette mise en commun, les conceptions sous-jacentes à chaque dispositif expérimental seront également mises en évidence.



Par exemple, dans le cas du dispositif suivant : « Je mets, dans deux tubes à essais, 5 ml de chaque substance, puis je refroidis les deux tubes et je regarde la substance qui gèle le plus vite. », les conceptions sous-jacentes pourraient être les suivantes :

- *l'eau salée gèle moins vite que l'eau pure (en lien avec les deux schématisations proposées ci-dessus) ;*
- *la température de fusion de l'eau pure est de 0°C , celle de l'eau salée est inférieure (si l'on propose une schématisation qui envisage l'utilisation d'un thermomètre pour analyser plus finement la température des deux substances au moment de la fusion).*

Sur base d'une analyse plus fine de la pertinence des conceptions sous-jacentes, certains dispositifs pourraient également être retravaillés ou abandonnés (parce que les hypothèses sous-jacentes sont clairement reconnues comme étant non pertinentes par les élèves).

Exploitation des dispositifs ainsi retravaillés et réalisation de quelques expériences

Les élèves mettent effectivement en œuvre les dispositifs sélectionnés et retravaillés. A ce stade de l'activité, on pourrait encore conserver des dispositifs reposant sur des hypothèses erronées, si elles paraissent sensées pour les élèves de la classe (par exemple, l'eau salée ne gèle pas). Une analyse des résultats obtenus permettra alors d'invalider ces hypothèses.

Synthèse

Cette synthèse est centrée sur les éléments de savoirs et de savoir-faire relevés lors de l'activité : relever quelques caractéristiques du dispositif expérimental, ainsi que quelques hypothèses qui se sont confirmées lors des expérimentations.

Étape 2 : analyse approfondie de quelques dispositifs expérimentaux

Les activités présentées ici (« l'eau sucrée » et « l'évaporation de l'eau ») visent à développer plus précisément quelques aspects de la conception d'un dispositif expérimental. Ces situations sont plus structurées que la précédente et elles sont centrées sur quelques éléments-clés liés à l'élaboration et à l'adaptation d'un dispositif expérimental. Dans les deux cas, une même méthodologie est proposée : réalisation individuelle de l'activité puis confrontation des productions et argumentation des choix.

« *L'eau sucrée* »

« L'eau sucrée » envisage la disparition apparente du sucre lorsqu'on en mélange une petite quantité dans de l'eau pure.

Deux hypothèses explicatives du phénomène sont avancées :

- hypothèse 1 : le sucre a fondu, il a changé d'état (il n'est plus solide mais liquide). Il s'est donc liquéfié et est devenu transparent, donc on ne saurait plus le voir ;
- hypothèse 2 : le sucre s'est dissous dans l'eau, il est resté solide mais il s'est décomposé en petits morceaux invisibles à l'œil nu.

Trois dispositifs expérimentaux sont proposés.

Expérience 1 (relative à l'hypothèse 2)

- Poser un filtre à café sur une bouteille en plastique vide.
- Verser le mélange (eau à 55°C + sucre) dans le filtre.
- Regarder s'il y a du sucre dans le filtre.

Expérience 2 (relative à l'hypothèse 1 ou 2)

- On met 200 grammes de sucre dans une casserole vide.
- On chauffe le sucre.
- On mesure la température toutes les 30 secondes.
- On regarde la température à laquelle le sucre passe à l'état liquide.

Expérience 3 (relative à l'hypothèse 1 ou 2)

Matériel nécessaire

- 20 grammes de sucre.
- un tube à essais.
- un récipient contenant de l'eau pure à 55°C.

Méthode

- On verse le sucre dans le tube à essais.
- On place le tube à essais dans un récipient d'eau dont la température est de 55°C.
- On observe l'état (solide ou liquide) du sucre.

Il s'agit ici d'amener les élèves à réaliser un schéma qui précise chacun des dispositifs proposés puis à rechercher une expérience qui permettra de confirmer ou d'infirmer chacune des hypothèses.

Remarque : les expériences 2 et 3 pourraient être envisagées pour confirmer ou infirmer les deux hypothèses. Les résultats attendus seront cependant différents en fonction de chaque hypothèse.

« L'évaporation de l'eau »

Dans cette situation, quatre dispositifs sont soumis à la critique des élèves. Ils visent à explorer l'influence de la surface de contact sur la vitesse d'évaporation de l'eau. Aucun d'entre eux n'est correct. Il s'agit chaque fois de trouver une erreur, puis de proposer un dispositif correct.

• **Dispositif 1**

1. Verser 5 ml d'eau dans un tube à essais et 5 ml d'eau dans une soucoupe.
2. Placer un récipient dans une pièce aérée et l'autre sur le radiateur.
3. Mesurer la quantité d'eau restante toutes les 2 minutes.

Exemples de critiques :

- **la variable à étudier n'est pas isolée ;**
- **la qualité des données recueillies est critiquable : il est difficile de mesurer avec précision les quantités d'eau restante toutes les deux minutes.**

• **Dispositif 2**

1. Verser 5 ml d'eau dans une soucoupe.
2. Mesurer la quantité d'eau restant après 2 heures.

Exemple de critique :

- **deux surfaces doivent être comparées. Il manque donc un élément de contrôle permettant de voir si c'est réellement la surface de contact qui est responsable de la vitesse d'évaporation.**

• **Dispositif 3**

1. Peser un tube à essais contenant 5 ml d'eau.
2. Placer le récipient sur une table, dans un endroit non aéré.
3. Peser le récipient toutes les minutes.

Exemple de critique :

- **à nouveau, ici, on ne peut comparer deux surfaces.**

• **Dispositif 4**

1. Verser 5 ml d'eau dans une soucoupe et 5 ml d'eau dans un tube à essais.
2. Mesurer la quantité d'eau restante après 2 heures.

Exemples de critiques :

- **si l'on attend deux heures, il risque de ne plus avoir d'eau dans aucun des récipients ;**
- **la précision de la mesure est critiquable : il n'est pas simple de mesurer la quantité d'eau restante dans le tube à essais ou dans la soucoupe après deux heures.**

3. Un exemple d'expérience – outil

Dans cette troisième séquence, il s'agit de concevoir un dispositif expérimental visant à montrer l'influence d'une variable d'un système préalablement abordé avec les élèves. Contrairement aux deux séquences précédentes, l'objectif n'est pas ici de faire émerger des conceptions relatives à un domaine de savoir et de les approfondir par le biais d'expériences, mais plutôt d'illustrer, par un dispositif expérimental, un savoir déjà connu.

Il s'agit de travailler un aspect plus spécifique des dispositifs expérimentaux, consistant à faire varier une des variables du système tout en neutralisant les autres. Deux savoirs sont envisagés ici ; ils concernent chaque fois un système qui se définit en fonction de plusieurs variables : les effets perceptibles des forces (et plus précisément, les deux paramètres permettant de définir un changement de vitesse) et la pression (en particulier ici, l'influence de la surface de contact sur l'enfoncement d'un objet dans le sable).

A nouveau ici, l'expérimentation est au cœur de l'activité ; elle a pour but d'illustrer l'influence d'une variable sur un système. Dans un cas, les élèves sont amenés à concevoir et à mettre en œuvre un dispositif expérimental et dans l'autre, une réflexion sur des dispositifs est envisagée.

Ce qui est visé

Au niveau des savoir-faire

- Elaborer un dispositif expérimental et mettre particulièrement l'accent sur l'idée suivante :
 - dans un dispositif expérimental, il est nécessaire de faire varier la grandeur que l'on souhaite étudier et de neutraliser les autres variables du système envisagé.
- Elaborer et analyser des schémas, des croquis, des petits textes qui présentent des dispositifs expérimentaux.

Au niveau des savoirs

- La pression et les effets perceptibles des forces.

Organisation des activités

Deux situations sont envisagées ici, l'une concerne la pression et l'autre, les effets perceptibles des forces.

L'activité sur la pression s'organise en deux étapes.

1. Elaboration d'un premier dispositif expérimental

Dans l'activité sur la pression, les élèves élaborent un dispositif en choisissant parmi plusieurs expériences celles qui devront être comparées en vue de mettre en évidence une des variables influençant la pression (le poids ou la surface de contact).

L'activité sur les effets perceptibles des forces amène les élèves à imaginer, sur la base d'une liste de matériel, une expérience permettant de mettre en évidence un changement de vitesse en grandeur ou en direction.

2. Confrontation des dispositifs envisagés par les élèves

L'exploitation des premières productions des élèves sera centrée sur la recherche de critères permettant de s'assurer que les dispositifs parviennent à isoler la variable qu'ils sont supposés étudier.

L'activité sur les effets perceptibles des forces comportera, en plus de ces deux premières étapes, une troisième consistant à mettre effectivement en œuvre quelques expériences en vue d'analyser la faisabilité des dispositifs imaginés.

L'activité sur la pression n'amène pas à une expérimentation effective, parce qu'il est très difficile, lors de la réalisation des quatre expériences proposées, de quantifier l'enfoncement avec un minimum de précision.

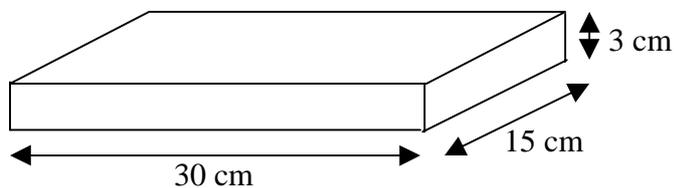
Activité sur la pression

Étape 1 : élaboration d'un premier dispositif expérimental

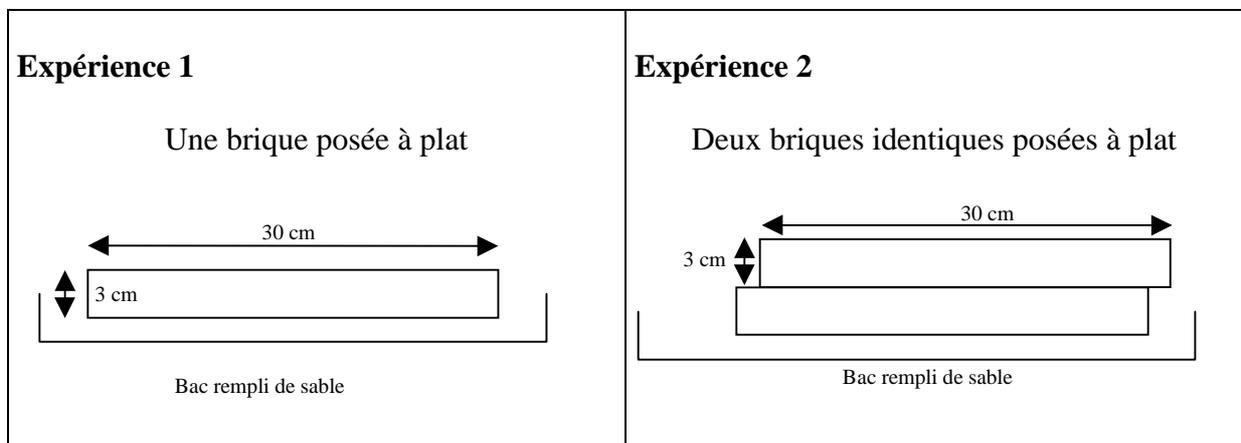
L'activité débute par la présentation aux élèves de quatre petites expériences, consistant à déposer dans un bac rempli de sable une ou deux briques identiques de 50N dans diverses positions.

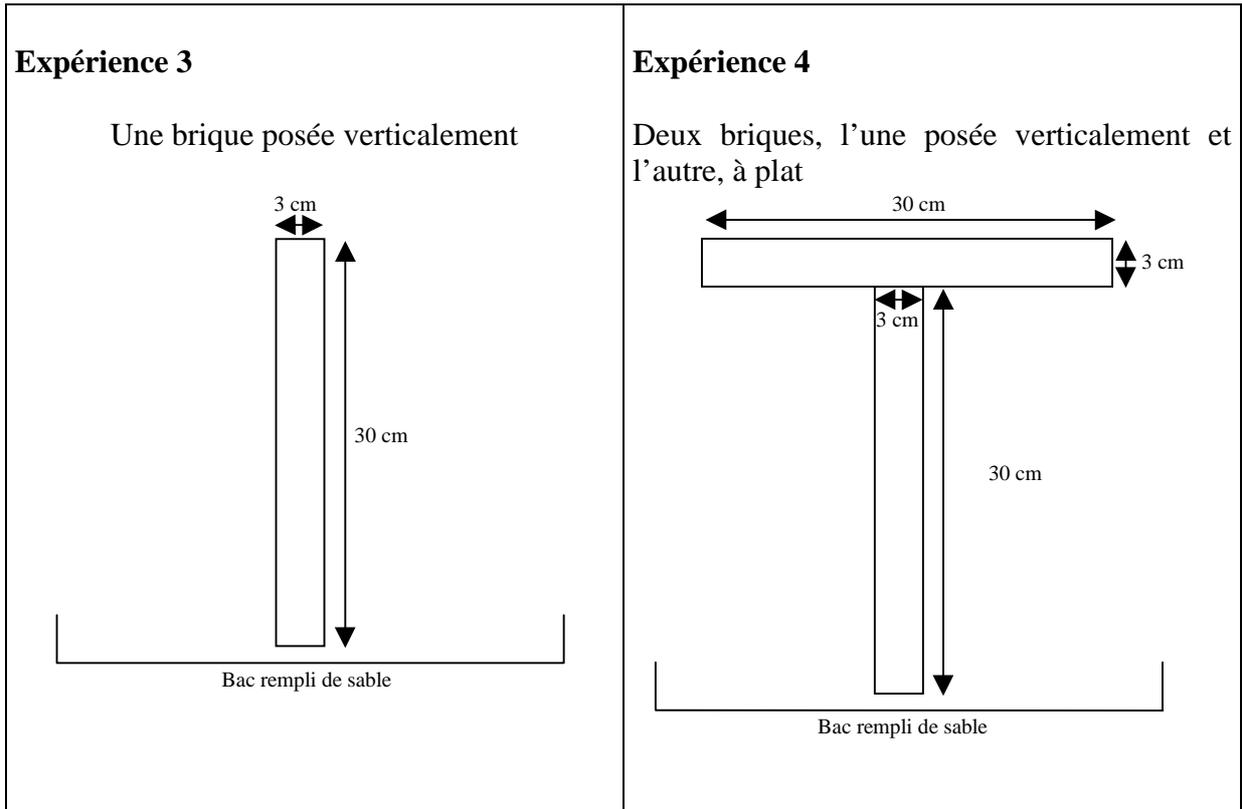
Schématisations des expériences :

Poids d'une brique : $G = 50 \text{ N}$



On pose une ou plusieurs briques identiques de différentes façons dans un bac rempli de sable puis on mesure chaque fois l'enfoncement de la brique dans le sable :





Les élèves conçoivent ensuite un dispositif expérimental qui consistera à mettre en œuvre deux expériences, dont les résultats pourront être comparés en vue de mettre en évidence l'influence de la surface de contact sur l'enfoncement.

Une analyse préalable des différentes expériences permettra aux élèves de bien comprendre les schématisations proposées.

Le dispositif expérimental est réalisé par écrit, individuellement ou par deux, de manière à disposer de productions variées qui pourront alors être exploitées lors de la phase de confrontation.

Etape 2 : confrontation des dispositifs envisagés par les élèves

L'objectif est ici de confronter les différentes propositions des élèves. Celles-ci pourraient être synthétisées dans des tableaux de ce type :

Dispositifs visant à mettre en évidence l'influence de la surface de contact sur l'enfoncement	Expérience 1	Expérience 2	Expérience 3	Expérience 4
Premier dispositif	⊙		⊙	
Deuxième dispositif		⊙		⊙

Une analyse des différents dispositifs imaginés permet ensuite d'identifier les dispositifs efficaces.

 *Les élèves pourront alors constater que plusieurs dispositifs expérimentaux conviennent.*

Une synthèse précisant les critères à prendre en compte pour déterminer les dispositifs expérimentaux efficaces (nécessité de faire varier la surface de contact et de neutraliser le poids) sera enfin réalisée.

 *En prolongement de l'activité, on pourrait demander aux élèves de retrouver les dispositifs expérimentaux permettant de mettre en évidence l'effet du poids sur l'enfoncement.*

Activité sur les effets perceptibles des forces

1. Elaboration d'un premier dispositif expérimental

Proposer aux élèves le matériel suivant :

un cube en bois, une bille sphérique, une gouttière, une planche, un cerceau, un fil de fer.

Imaginer un dispositif expérimental susceptible de mettre en évidence un changement de vitesse. Ce changement de vitesse doit porter soit sur la grandeur, soit sur la direction.

 *L'analyse des productions des élèves à une question analogue dans l'épreuve avait mis en évidence des difficultés chez plusieurs pour isoler la variable à étudier. Proposer aux élèves de se focaliser sur l'un ou l'autre aspect permettra, lors de la mise en commun, de mettre en évidence des expériences identiques envisagées pour deux effets différents. Cela permettra alors de pointer l'incohérence de ces dispositifs qui ne se préoccupent pas des variables à neutraliser.*

2. Confrontation des dispositifs envisagés par les élèves

Pour chaque effet à mettre en évidence, quelques dispositifs intéressants à exploiter sont reproduits au tableau en vue d'être analysés plus en profondeur.

 *Si cela s'avère nécessaire, une première analyse visant à préciser les dispositifs proposés pourra être réalisée. Celle-ci pourrait par exemple être réalisée en demandant à un élève qui n'a pas pensé le dispositif, de réaliser un schéma correspondant à l'effet à mettre en évidence.*

Une première phase de l'analyse visera à voir dans quelle mesure le dispositif expérimental envisagé vise effectivement à mettre en évidence l'effet étudié.

 *Dans l'épreuve, une analyse des productions des élèves avait en effet pointé que certaines expériences ne correspondaient en rien à l'effet étudié.*

Une deuxième phase se centrera plus spécifiquement sur la neutralisation des autres variables du système. On s'attachera alors à analyser dans quelle mesure certaines expériences neutralisent davantage que d'autres les autres variables qui interviennent dans le système.

3. Mise en œuvre de quelques expériences

La mise en œuvre de quelques expériences sur la base de l'analyse réalisée précédemment permettra ensuite d'approfondir d'avantage l'aspect « faisabilité » des dispositifs, et la façon dont ils permettent effectivement de neutraliser les variables du système que l'on ne veut pas étudier.

✎ Cette phase d'expérimentation effective permettra aux élèves de constater la difficulté d'isoler parfaitement la variable « changement de vitesse en grandeur ».

QUELQUES RÉFÉRENCES

- Charpak, G. (1996). *La main à la pâte : les sciences à l'école primaire*. Flammarion.
- Charpak, G. (1998, sous la direction de). *Enfants chercheurs et citoyens*. Editions Odile Jacob.
- De Vecchi, G. & Giordan, A. (1996). *L'enseignement scientifique. Comment faire pour que ça marche ?* Z'éditions - Collection André Giordan et Jean-Louis Martinand.
- Giordan, A. (1998). *Apprendre*. Editions Belin - Collection Débats.
- Giordan, A. (2002). *Une autre école pour nos enfants ?* Editions Delagrave - Collection Le grand débat.
- Guillaume, C. (2001). *Reconnaître ... Les arbres*. De Boeck.
- Plusieurs ouvrages existent dans cette collection : « *Reconnaître...Les arbustes* », « *Reconnaître...Les batraciens et les reptiles* », « *Reconnaître...Les champignons* », « *Reconnaître...Les conifères* », « *Reconnaître...Les empreintes* », « *Reconnaître...Les fleurs des bois* », « *Reconnaître...Les fleurs des champs* », « *Reconnaître...Les fleurs des prés* », « *Reconnaître...Les Invertébrés* », « *Reconnaître...Les oiseaux en hiver* », « *Reconnaître...Les rapaces diurnes* », « *Reconnaître...Les rapaces nocturnes* », « *Reconnaître...Les traces d'animaux* ».
- Rowlands, D. (1994). *Question d'expérience*. Les Editions de la Chenelière.
- Stengers, I. & Bensaude-Vincent, B. (2003). *100 mots pour commencer à penser les sciences*. Editions Seuil – Collection Les empêcheurs de tourner en rond.
- Tavernier, R. (1992). *Enseigner la biologie et la géologie à l'école élémentaire. Guide des professeurs des écoles, I.U.F.M.* Bordas.
- Toussaint, R., Lavigne, A., Laliberté, B., Des Lierres, T. & Khanh-Thanh, T. (2002). *Apprentissage et enseignement des sciences et de la technologie au primaire*. Gaëtan Morin éditeur.
- A propos de la main à la pâte – Les sciences et l'école primaire*. Actes du colloque. Bibliothèque nationale de France, Site F. Mitterand, Paris, 30-31 janvier 1999.

<p>Pour une liste de sites Internet intéressants relatifs aux Sciences et à leur enseignement, consulter :</p>

<p style="text-align: center;">http://www.enseignement.be/prof/info/liensutiles/repliste.asp?varcat=d0201</p>
