

Les activités scientifiques en classes de 5^e et 6^e années primaires

Deux écrits incontournables:
les schémas et les tableaux



Remerciements

Nous remercions très vivement toutes les personnes qui ont contribué au bon déroulement de cette recherche et plus particulièrement :

- *les membres du Comité d'accompagnement ;*
- *les enseignants du groupe de recherche : Mesdames et Messieurs Chantraine, Collard, Defays, Joie, Jonas, Lefin, Luthers, Massin, Rouffa, Silan ;*
- *Monsieur Jean Renson, alors étudiant en Sciences de l'Education, pour sa collaboration à l'enquête sur la lecture de documents scientifiques ;*

ainsi que tous les enfants de 5^e et de 6^e années qui ont répondu avec beaucoup de bonne volonté à nos questions.

SOMMAIRE

AVANT PROPOS	7
INTRODUCTION LES DIVERSES FACETTES DES DOCUMENTS SCIENTIFIQUES	9
PARTIE 1 REFLEXIONS AUTOUR DES SCHEMAS ET DES TABLEAUX	15
CH. 1. POURQUOI ÉCRIRE LORS DES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES ?	17
1.1. <i>Comment se réapproprier les informations lors des lectures documentaires ? Quels types d'écrits encourager ?</i>	17
1.2. <i>Comment élaborer des écrits lors d'observations ou d'expériences ? Quels types d'écrits suggérer ? A quel moment ?</i>	21
1.3. <i>Où trouver le temps nécessaire ?</i>	30
CH. 2. CARACTÉRISTIQUES DES ÉCRITS INTÉGRÉS DANS LES APPRENTISSAGES SCIENTIFIQUES.....	33
2.1. <i>Quelles sont les particularités des écrits exploités dans les apprentissages scientifiques ?</i>	33
2.2. <i>Quelles sont les potentialités et les difficultés des élèves face à l'exploitation de ces écrits ?</i>	33
2.3. <i>Quelques pistes pour aider les élèves à mieux appréhender la complexité des documents scientifiques lus ou produits en classe</i>	36
CH. 3. LES SCHÉMAS : APPROCHE SPÉCIFIQUE.....	43
3.1. <i>Qu'est-ce qu'un schéma ?</i>	43
3.2. <i>De quoi sont faits les schémas ? Quelles difficultés peuvent rencontrer les élèves ?</i>	44
3.3. <i>Pour aider les élèves</i>	49
CH. 4. LES TABLEAUX À DOUBLE ENTRÉE : APPROCHE SPÉCIFIQUE.....	53
4.1. <i>Quelles sont les particularités des tableaux à double entrée ? De quoi sont-ils faits ?</i>	53
4.2. <i>Deux règles majeures de fonctionnement</i>	56
4.3. <i>Comment les élèves appréhendent-ils ces tableaux ? Quelles sont leurs potentialités et leurs difficultés dans la lecture ou la production de ceux-ci ?</i>	57
4.4. <i>Quelques pistes pour aider les élèves à lire et élaborer des tableaux</i>	61
PARTIE 2 PRESENTATION DETAILLEE DE QUELQUES ACTIVITES.....	67
GUIDE DE LECTURE	69
Contexte général.....	69
Sujets abordés.....	69
Informations utiles pour l'enseignant.....	69
Point de départ des activités.....	70
Place de l'écrit.....	70
Durée des activités.....	72
Moment des activités.....	72
Matériel.....	72
CH. 1. UN CURIEUX MÉCANISME : UNE CARTE ANIMÉE	73
1.1. <i>L'activité en bref</i>	73
1.2. <i>Ce qui est visé</i>	73
1.3. <i>Suggestion d'organisation de la séquence</i>	74
1.4. <i>Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant</i>	75
1.5. <i>Matériel nécessaire pour l'activité</i>	76
1.6. <i>Regard sur l'activité</i>	76
1.7. <i>Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves</i>	84
1.8. <i>Document pour l'enseignant</i>	85
1.9. <i>Quelques astuces pratiques</i>	90

CH. 2. LA MASSE VOLUMIQUE ET LA MISCIBILITÉ	91
2.1. <i>L'activité en bref</i>	91
2.2. <i>Ce qui est visé</i>	91
2.3. <i>Suggestion d'organisation de la séquence</i>	92
2.4. <i>Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant</i>	93
2.5. <i>Matériel nécessaire pour l'activité</i>	94
2.6. <i>Regard sur l'activité</i>	94
2.7. <i>Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves</i>	105
2.8. <i>Documents pour les élèves</i>	110
2.9. <i>Quelques astuces pratiques</i>	113
CH. 3. LES LEVIERS	115
3.1. <i>L'activité en bref</i>	115
3.2. <i>Ce qui est visé</i>	115
3.3. <i>Suggestion d'organisation de la séquence</i>	116
3.4. <i>Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant</i>	117
3.5. <i>Matériel nécessaire pour l'activité</i>	118
3.6. <i>Regard sur l'activité</i>	119
3.7. <i>Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves</i>	130
3.8. <i>Documents pour les élèves</i>	131
3.9. <i>Quelques astuces pratiques</i>	133
CH. 4. LES ANIMAUX DE L'EXTREME	135
4.1. <i>L'activité en bref</i>	135
4.2. <i>Ce qui est visé</i>	135
4.3. <i>Suggestion d'organisation de la séquence</i>	136
4.4. <i>Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant</i>	137
4.5. <i>Matériel nécessaire</i>	137
4.6. <i>Regard sur l'activité</i>	141
4.7. <i>Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves</i>	148
CH. 5. APPROCHE DE L'ISOLATION	151
5.1. <i>L'activité en bref</i>	151
5.2. <i>Ce qui est visé</i>	151
5.3. <i>Suggestion d'organisation de la séquence</i>	152
5.4. <i>Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant</i>	153
5.5. <i>Matériel nécessaire à l'activité</i>	154
5.6. <i>Regard sur l'activité</i>	155
5.7. <i>Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves</i>	163
5.8. <i>Document pour les élèves : suggestions pour une évaluation de l'activité</i>	166
5.9. <i>Quelques astuces pratiques</i>	168
CONCLUSION ET REFERENCES UTILES.....	169

AVANT PROPOS

Ce document est le fruit d'une **recherche menée en collaboration** par des chercheuses¹ et des enseignant(e)s de 5^e et 6^e années primaires, dans le cadre d'un projet de deux ans **subsidé par la Communauté française**. Une dizaine d'enseignants se sont « jetés à l'eau » pour exploiter avec leurs élèves des activités variées. C'est grâce à la richesse des échanges au sein du groupe de recherche que les consignes et le matériel proposés ont pu être retravaillés pour s'adapter au quotidien des classes. C'est aussi grâce aux nombreux essais réalisés que l'ensemble du document a pu être illustré par des productions d'enfants et des exemples de déroulement des activités.

Le groupe de recherche avait pour but **d'approfondir la manière de travailler les écrits scientifiques avec les élèves** : mieux percevoir les difficultés rencontrées, envisager comment les prévenir et si nécessaire y remédier. Deux types d'écrits ont été particulièrement ciblés : **les schémas et les tableaux**. La fréquence de leur utilisation en sciences et leur simplicité apparente ont guidé ces choix. En effet, on oublie souvent qu'ils contiennent un grand nombre d'informations tant explicites qu'implicites, informations qu'il s'agit de décoder (ou de coder) avec pertinence.

Quatre **options de base** ont encadré le projet :

- a) **L'écrit scientifique doit être inclus dans une activité significative pour l'élève**. Il n'est pas travaillé pour lui-même, de manière « gratuite » mais il est mis au service de la pensée scientifique en action.
- b) Il est nécessaire **de mieux comprendre la logique des enfants, leurs stratégies spontanées et ce qui leur pose question** tant dans les activités scientifiques que dans les écrits qui accompagnent celles-ci.
- c) **Les écrits scientifiques dans leurs différentes formes constituent un chemin incontournable mais progressif** pour la notation des observations, la mise en relation des faits, la formulation d'hypothèses, l'élaboration de dispositifs et pour la structuration progressive des acquis.
- d) Il est nécessaire de **confronter régulièrement les élèves à des documents scientifiques** afin qu'ils s'en approprient peu à peu les spécificités et les exigences, et mettent celles-ci en place dans leurs propres écrits.

A l'occasion d'essais et d'observations dans les classes, d'entretiens avec les élèves et d'échanges au sein du groupe de recherche, des orientations didactiques ont été confirmées ou ont vu le jour. C'est le résultat de ce travail qui est présenté dans ces pages.

Notre but est de fournir des **thèmes de réflexion didactiques** mais également des **idées concrètes** pour les activités et leur gestion. C'est pourquoi le document inclut de nombreuses illustrations tirées du quotidien des classes. Les exemples sont tous issus de 5^e ou 6^e année primaire, la recherche ayant porté sur ce degré scolaire. Toutefois la réflexion qui les accompagne peut concerner d'autres tranches d'âge.

¹ Deux pédagogues et une biochimiste.

Après une introduction rappelant les diverses facettes des documents scientifiques, le présent ouvrage s'organise en **deux parties** :

- **la première appréhende le sujet sous un angle réflexif.** Elle présente les caractéristiques des écrits scientifiques et s'attarde sur l'intérêt d'intégrer les schémas et les tableaux dans les activités menées en classe ;
- **la seconde partie se veut plus pratique.** Par un plongeon au cœur même de séquences d'activités, elle propose aux enseignants une intégration des différents supports écrits aux démarches scientifiques.

Le document peut ainsi être exploité de manière dynamique en fonction des besoins : le lecteur préoccupé par les démarches adoptées et la philosophie sous-jacente choisira la première voie d'entrée. Celui qui souhaite découvrir d'emblée des situations concrètes choisira d'entamer sa lecture par la deuxième partie du document.

Nous attirons l'attention du lecteur sur les points suivants :

- a) **Beaucoup de productions d'élèves** sont reproduites ici **telles qu'elles se présentent en classe**, avec leurs erreurs et leurs points forts. Dans un premier temps, en effet, il est essentiel d'accorder la priorité à l'expression de la pensée. Les erreurs de contenu et les exigences formelles sont retravaillées avec les élèves dans un second temps. Ces mises au point sont essentielles pour tous les documents qui serviront de référents : affiches, textes ou schémas pour la farde ou le cahier...
- b) **L'éventail des illustrations se veut assez large** afin de **refléter la grande diversité** des productions d'élèves selon les contenus abordés, les **milieux socioculturels**, les **compétences déjà acquises**, les **personnalités**, les **habitudes de classe**, etc.
- c) Les productions des élèves, les dialogues, les témoignages d'enseignants sont présentés **de manière anonyme**. Les noms ou détails d'identification figurant éventuellement dans le document sont fictifs sauf le niveau scolaire.

Nous espérons, par ce travail, contribuer à la réflexion sur l'enseignement des sciences à l'école fondamentale. Même dans les milieux les plus démunis, les enfants peuvent se passionner pour de nombreux thèmes scientifiques, si les activités sont menées dans un esprit de dialogue et de découverte, et que les exigences de travail sont adaptées à leurs possibilités.

INTRODUCTION

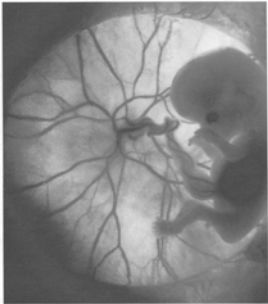
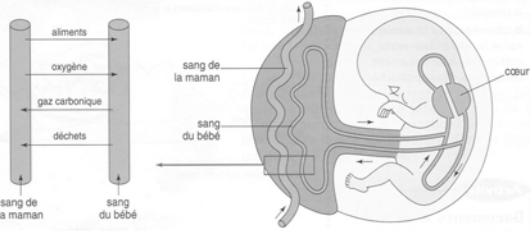
LES DIVERSES FACETTES DES DOCUMENTS SCIENTIFIQUES

En sciences, **les écrits présentent une multitude de facettes** qui toutes, doivent contribuer à clarifier les propos et les démarches. Ainsi, les élèves découvrent des textes, des tableaux, des images (dessins, photos, radiographies...), des schémas, des organigrammes, des graphiques...

Certains documents paraissent très simples au premier regard. Cependant **leur interprétation peut poser problème** ! Même la lecture d'une photo peut engendrer des difficultés si, par exemple, l'objet est agrandi ou situé dans un contexte particulier (par exemple : une photo agrandie des papilles gustatives de la langue, ou encore un phasme² caché dans des branchettes enchevêtrées).

Inévitablement des questions se posent, tant au lecteur qu'au scripteur : comment interpréter les différents supports et combiner les informations qu'ils contiennent ? Quels sont les types d'écrits les plus pertinents dans un contexte donné ? Comment les choisir et les construire ? Les réponses à ces questions n'ont de sens qu'en relation avec les **but**s poursuivis par les écrits.

Voici un exemple tiré d'un manuel de sciences.

Document présenté ³	Extrait d'entretien avec un élève de 6 ^e année
<p>La maman et le bébé échangent beaucoup de choses.</p> <p>Pour que le bébé puisse vivre et grossir, il doit échanger beaucoup de choses avec sa maman.</p> <p>C'est au niveau du placenta que se font ces échanges. Le sang de la mère et celui de l'enfant restent séparés, les deux circulations étant indépendantes. Le cordon ombilical assure la liaison entre la mère et l'enfant : c'est une sorte de pont avec une circulation dans les deux sens.</p> <p>À la naissance, le cordon a 50 cm de longueur ! Il laisse ainsi au « bébé » une grande liberté de mouvement dans sa « chambre de flottabilité ».</p>  	<p>(L'élève est invité à montrer le placenta sur le schéma mais il ne sait pas.)</p> <p>Chercheur : Sur le document, n'y a-t-il pas des informations qui te permettraient de dire ce que c'est ?</p> <p>Élève : Là-dedans ? (Il montre le texte).</p> <p><i>Peut-être... Qui aideraient à dire ce que c'est ici ?</i> (Il montre le schéma).</p> <p>C : Oui</p> <p>E : Ben... je ne sais pas.</p> <p>C : Et comment pourrais-tu le savoir ?</p> <p>E : Ben, peut-être en le relisant ou en ...</p> <p>C : Prends ton temps, relis-le si tu veux.</p> <p>E : (Il relit le texte). <i>On apprend qu'ici c'est le placenta</i> (Il le montre sur le schéma)</p> <p>C : Et pourquoi me dis-tu que c'est le placenta ?</p> <p>E : <i>Parce qu'ils disent que c'est au niveau du placenta que se font ces échanges</i> (L'élève montre la phrase dans le texte).</p>

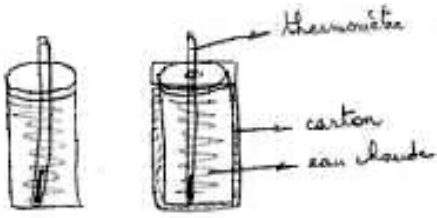
Dans cet exemple, on se trouve face à un texte, une échographie et un schéma subdivisé en deux parties. Ces écrits se recoupent et s'enrichissent mutuellement. Toutefois, l'élève doit repérer les liens qui les unissent. Dans l'extrait d'entretien repris à côté de l'illustration, on

² Le phasme est un insecte vivant dans des régions de type méditerranéen, qui a la capacité de se fondre dans son milieu ambiant (branches, feuilles) par mimétisme.

³ Collection Tavernier (2003). *Sciences expérimentales et Technologie*. Paris : Bordas, p .99.

voit que l'élève établit des passerelles utiles mais qu'il a besoin pour cela d'une petite stimulation.

Un autre exemple éclairant est celui d'un document élaboré dans le cadre d'une activité sur l'isolation.

Récit de l'expérience				
<p>« Nous avons pris deux récipients identiques dans lesquels nous avons versé de l'eau chaude (50°C). Un récipient était nu, l'autre était entouré de carton. Nous avons pris la température de l'eau à différents moments et nous avons vu qu'après 10 minutes, la température était de 44° dans le récipient nu et de 46°C dans l'autre. Nous avons touché de la main les deux récipients. Nous avons constaté que le carton était resté presque froid alors que le récipient nu était chaud. Après 20 minutes, la température était de 38°C dans le récipient nu et de 42°C dans l'autre ; après 30 minutes la température était de 35°C dans le récipient nu et de 39°C dans l'autre ; après 40 minutes, la température était de 32°C dans le récipient nu et de 36°C dans l'autre. Nous avons à nouveau touché les récipients : le carton était devenu un peu chaud. »</p>				
Schéma de l'expérience		Tableau des températures		
		Temps (en min)	Récipient « nu »	Récipient entouré de carton
		0	50	50
		10	44	46
		20	38	42
		30	35	39
		40	32	36

Bien que le récit de l'expérience soit clair, le **schéma** permet davantage de la visualiser et met en évidence les différences entre les deux situations observées. Il donne des précisions qui ne figurent pas dans le texte, par exemple la présence d'un couvercle sur le récipient entouré de carton et pas sur l'autre, ce qui permet un débat sur la validité des conditions de l'expérience.

De son côté, le **tableau** permet d'organiser les données recueillies et facilite la comparaison entre elles : la communication à autrui est rendue plus claire.

Dès lors, une partie du **texte** s'avère inutile. Par contre, il reste indispensable pour certaines observations, les sensations tactiles notamment.

Les fonctions principales des schémas et des tableaux se dégagent bien de cet exemple :

Clarifier
Organiser
Proposer une vue d'ensemble
Communiquer

Ces fonctions expliquent la **fréquence** et la **complémentarité** de ces supports dans les documents scientifiques.

Faut-il en conclure que les schémas et les tableaux sont d'accès plus facile que les textes ? Il n'en est rien. Comme on le verra aux chapitres 3 et 4, les élèves rencontrent de **nombreux écueils** tant dans la lecture que dans l'écriture de ces supports. En effet, il s'agit de langages spécifiques qui ont chacun leurs exigences propres.

De manière générale, les documents scientifiques demandent de **faire des passerelles entre les diverses informations**, qu'il s'agisse de lecture ou d'écriture. Ils doivent être **intégrés à une activité scientifique significative** incluant aussi des moments d'action et des débats.

PARTIE 1

REFLEXIONS AUTOUR DES SCHEMAS ET DES TABLEAUX

- Ch. 1** – Pourquoi écrire lors des activités scientifiques ?
- Ch. 2** – Caractéristiques des écrits intégrés dans les apprentissages scientifiques
- Ch. 3** – Les schémas : approche spécifique
- Ch. 4** – Les tableaux à double entrée : approche spécifique

CH. 1. POURQUOI ÉCRIRE LORS DES ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES ?

« *La science une chance pour l'écrit !* »
 « *Pas de sciences sans écrit !* »

J.P. Astolfi

Dans toutes les approches scientifiques, qu'il s'agisse d'expériences, d'observations, d'enquêtes..., **l'écrit est un outil de travail essentiel** :

- il permet de **garder une trace** des faits observés ou manipulés : protocoles et notes d'expérience, dessins d'observation, photos, schémas de fonctionnement, tableaux de données,... ;
- il encourage une **mise à distance** et une **élaboration de la pensée** (élaboration de liens entre les faits et/ou les idées, structuration des acquis,...) ;
- il donne au travail scientifique effectué une **portée sociale** (partage de la réflexion avec d'autres, comparaison des découvertes et observations,...).

Dès lors, il n'est plus besoin de rappeler l'importance de l'écrit en sciences, tant en ce qui concerne la lecture que la production de documents par les élèves. La question porte plutôt sur le **moment de cet écrit**, sur les **conditions de l'appropriation de cet outil par les élèves**, sur le **temps nécessaire** à ce processus.

Deux réflexions sont abordées ici :

- Quand et comment l'écrit peut-il aider les élèves à se réapproprier des savoirs et à les structurer lors d'une lecture documentaire ?
- Quand et comment l'écrit peut-il aider les élèves à préparer des travaux et à construire leurs acquis lors d'expériences scientifiques ?

Une réflexion sur le temps à investir dans ces activités clôturer le chapitre.

1.1. Comment se réapproprier les informations lors des lectures documentaires ? Quels types d'écrits encourager ?

Il n'existe pas de travaux scientifiques qui ne fassent tôt ou tard référence à ce que connaît déjà la communauté humaine sur les sujets traités. Les livres, les revues, les films et désormais Internet sont des sources constantes d'information dans lesquelles l'élève se perd aisément ou auxquelles il fait aveuglément confiance.

L'introduction de documents scientifiques en support à une recherche menée en classe s'accompagne le plus souvent d'activités interprétatives, de réécriture, de comparaison d'informations.

Le choix de ces activités et la manière dont elles se concrétisent dépendent essentiellement du **but poursuivi**.

Que veut-on exactement :

- faciliter la mémorisation de données ?
- comparer des informations ?
- illustrer une information repérée dans un texte ?
- construire une synthèse à garder au cahier ?
- communiquer des informations à d'autres ?

Une fois le but défini, il s'agit de choisir le **moyen le plus approprié** pour l'atteindre.

Voici un exemple : à l'occasion d'un débat, les élèves s'interrogent sur l'adaptation des animaux à leurs milieux de vie. Ils sont alors invités à prendre connaissance de documents sur trois types de renards : le renard polaire, le renard roux et le fennec⁴. Tout d'abord, chaque élève se consacre à un renard et en devient ainsi « expert ». Ensuite, des trios sont formés dans lesquels se retrouvent trois experts différents. Le but est de comparer entre elles les informations afin de mettre en évidence l'adaptation de ces animaux à leur environnement.

Dans ce contexte, un trio d'élèves de 5^e année a réalisé un tableau comparatif. Les entretiens individuels qui ont suivi l'activité montrent que le choix de ce type d'écrit et sa mise en place ne se sont pas faits au hasard.

	<u>Fennec</u>	<u>Renard roux</u>	<u>Renard polaire</u>
Le poids	1 - 1,5 kg	3 - 11 kg	4 kg
Durée de vie	10 ans	3 (10 ans protégé)	10 ans
Taille	20 cm (+ 15 cm pour les oreilles)	58 - 90 cm	53 - 55 cm
Mode de vie	groupes	groupes	groupes
Carnivore Herbivore Omnivore	omnivore	omnivore	Carnivore
Couleur de poils	sable	roux	en hiver : blanc en été : brun et blanc jaunâtre.
Nourriture	lézards, ...	vert.	poisson, ...
Habitat	un terrier creusé dans le sable ou dans de petites grottes	dans un terrier qu'il peut avoir creusé lui-même.	il vit dans un terrier souvent creusé dans des pentes et composé de nombreux galeries

Les élèves ont sélectionné des caractéristiques qu'ils jugeaient importantes et comparables entre elles, et ils se sont efforcés de les désigner par un mot ou une

⁴ Ces trois renards montrent des adaptations remarquables à leurs milieux de vie respectifs. Pour une description détaillée de l'activité, voir page 135.

expression (colonne 1). Les cases comportent un minimum de textes malgré une dernière ligne où les données ont été difficiles à synthétiser.

En travaillant avec les élèves sur de tels écrits on peut débattre non seulement d'éventuelles erreurs d'interprétation des documents de départ mais aussi de la mise en forme des données, de son utilité et des difficultés rencontrées.

A travers l'écrit, les sciences ouvrent la porte à des **méthodes de travail** performantes comme par exemple, mettre des données en tableau pour mieux comparer ou pour mieux mémoriser. Mais cela suppose une bonne compréhension et une bonne utilisation du support « tableau ». Voici quelques illustrations :

- *Un tableau pour le repérage rapide d'informations :*

Chercheur : Trouvais-tu intéressant de travailler en tableau ? Pratique ou pas ? Ou tu aurais préféré procéder autrement ?
Élève : *Non, moi j'aimais bien comme ça. Parce qu'on peut voir plus facilement la réponse.*

(Extrait d'entretien avec un élève de 5^e année)

- *Un tableau comme aide-mémoire :*

Chercheur : Qu'est-ce que tu trouvais intéressant dans ces tableaux-là ? Pour toi, était-ce pratique d'avoir tout écrit comme ça ?
Élève : *Pour retenir beaucoup de temps, c'est bien pratique mais pour peu de temps, non.*
C : Qu'est-ce que tu veux dire par "pour retenir beaucoup de temps" ?
E : *Ben, pour retenir toute sa vie. On ne sait pas tout retenir et là, par exemple, on a un truc écrit et on peut le re-visionner durant toute sa vie.*

(Extrait d'entretien avec un élève de 5^e année)

- *Un tableau pour mieux comprendre :*

Chercheur : Qu'est-ce qu'on peut faire maintenant avec le tableau ?
Élève : *[...] Si quelqu'un ne sait pas c'est quoi le renard roux, on peut lui montrer ça : sa nourriture, durée de vie... et l'aider.*
C : *[...] Vous n'avez pas recopié tout ce qui était dit pour chacun des renards... ?*
E : *Non. On devait trouver dans le texte les différences qu'il y avait entre chaque renard.*
C : *Voilà, on peut s'intéresser aux différences et aux ressemblances entre chaque renard.*
[...] Comment ça se fait que les oreilles ne sont pas pareilles ?
E : *Oui, parce que le renard polaire habite dans les régions froides comme le pôle nord et là, il fait froid, donc il doit se protéger, c'est pour ça qu'il a des petites oreilles, pour ne pas avoir trop froid et garder la chaleur. Le fennec, il a des grandes oreilles pour pouvoir se rafraîchir avec l'air qui vient, et le renard roux, il a des moyennes parce qu'il habite ... (là où) des fois il fait chaud, des fois, il fait froid.*

(Extrait d'entretien avec un élève de 5^e année)

Mais **construire un tableau, ce n'est pas si simple** comme le montre ce dialogue : il faut pouvoir comparer des données du même type et trouver une organisation économique.

Elève : *En réalité ce qu'on a fait, on a fait 3 colonnes, 4 parce qu'ici (l'élève désigne la première colonne) c'est avec le poids, la taille, mode de vie et tout ça. [...]. Par exemple avec la taille du fennec la taille fait 20 cm + 15 cm pour les oreilles. On a fait la même chose avec le renard polaire et le roux et chaque fois, on continuait comme ça, on regardait sur les feuilles et on notait.*

Chercheur : Vous avez tout de suite pensé à faire comme ça ?

E : *Non. Au début on pensait qu'on devait faire 3 colonnes et marquer tout le temps, taille, taille, taille, poids, poids, poids et puis on a regardé et on s'est dit : pour avoir plus facile, on a marqué une fois chaque mot (l'élève montre la première colonne) et à chaque fois on mettait les mots comme ça. Ça se suivait.*

C. : Voilà comme ça, il y a moins de mots à écrire et on le visualise mieux. Si tu devais retrouver, à partir de ton tableau, combien de temps vit un fennec, que dirais-tu ?

E : *Je dirais qu'on regarde dans la durée de vie et puis on a directement la réponse qui est de 10 ans.*

(Extrait d'entretien avec un élève de 5^e année)

Au terme de l'activité, **une synthèse** peut être réalisée avec l'aide de l'enseignant sur le rôle et la construction d'un tableau. Ce regard métacognitif permet une meilleure compréhension de la structure « tableau » et de ses exigences. Elle sera enrichie au fil du temps et des activités.

Instituteur : Un enfant doit faire un tableau. Qu'est-ce que vous lui donneriez comme conseils ?

Elève1 : *Qu'il compare bien toutes les informations.*

E2 : *Pas trop de grandes phrases sinon on ne comprend rien.*

E3 : *Mettre ce qui est capital. Mettre le nécessaire. Qu'il ne fasse pas de phrases trop longues ou trop petites, qu'il fasse la phrase qu'on comprend le mieux.*

I : D'un côté il y a l'aspect « il faut qu'on compare toutes les infos » ; d'un autre côté il faut faire des phrases assez courtes, il faut aller au plus direct. Il y a aussi ce que dit J., quand il dit : « il faut mettre ce qui est capital ». [...] Il faut être capable de faire le tri entre l'essentiel et l'accessoire. Il faut mettre ce qui est le plus nécessaire. Et, ce qui est le plus accessoire, il faut savoir le mettre de côté. Est-ce qu'il y a un dernier conseil que vous pourriez donner ?

E : *Écrire bien grand pour que tout le monde voie.*

I : Oui, écrire de manière à ce que ce soit très lisible. La qualité d'un tableau, qu'est-ce que c'est, tout compte fait ?

E : *Qu'on comprenne mieux les choses.*

(Extrait d'observation en 6^e année)

Pour se réapproprier les informations contenues dans un document scientifique ou les synthétiser, l'élève est amené à **élaborer une méthode de travail** dans laquelle les différents types d'écrits jouent un rôle essentiel.

1.2. Comment élaborer des écrits lors d'observations ou d'expériences ? Quels types d'écrits suggérer ? A quel moment ?

Écrire lors d'observations ou d'expériences est essentiel pour la gestion de l'activité et pour la construction de la pensée. Mais à **quel(s) moment(s)** introduire ces pratiques et **quel est leur sens** pour les élèves ?

De manière générale, les élèves sont captivés par l'action, par l'observation. S'ils prennent spontanément quelques notes, c'est de manière fugitive, pour ne pas oublier certaines données. Au-delà de cela, il importe que les élèves comprennent bien pourquoi il est important d'arrêter un moment l'action pour écrire, en quoi cela est nécessaire et fonctionnel. Souvent, les enfants s'imaginent que c'est compliqué ou ennuyeux, qu'écrire est réservé à ceux qui ont des idées ou un « don ». Il s'agit donc de **varier les écrits** (textes, dessins, schémas, tableaux,...) et surtout, de bien **doser les exigences** (notamment l'orthographe) afin de **soutenir l'intérêt** des élèves. Cela suppose aussi de comparer régulièrement divers écrits pour observer lesquels répondent le mieux aux besoins définis.

Les écrits varient considérablement selon qu'ils trouvent place

- **au départ de l'activité** (exprimer son point de vue, ses questions, ses conceptions,...) ;
- **au cœur de l'action** (projeter une expérience, lister un matériel, noter des observations, tenter de comprendre,...) ;
- **après l'action**, pour en parler avec d'autres ou en garder une trace.

De quelques notes éparses jetées sur une page à l'affiche en couleur, en passant par des schémas explicatifs « pour soi », des projets à débattre en groupe... les écrits sont multiples et répondent chaque fois à des besoins particuliers : « **Pourquoi est-ce que j'écris ?** ».

Le **sens de l'écrit** est la clé qui ouvre la porte à sa réalisation concrète : choix du type d'écrit, soin plus ou moins grand apporté à sa réalisation, présence de certains détails ou de certaines conventions... C'est pourquoi les écrits intermédiaires ou de travail sont aussi importants que les écrits finalisés. En gardant ses écrits intermédiaires (« brouillons ») comme des traces de l'évolution d'une recherche ou d'un travail, l'élève peut constater comment sa pensée et ses savoirs ont évolué et peut développer une conception plus juste de l'acte d'écrire en sciences.

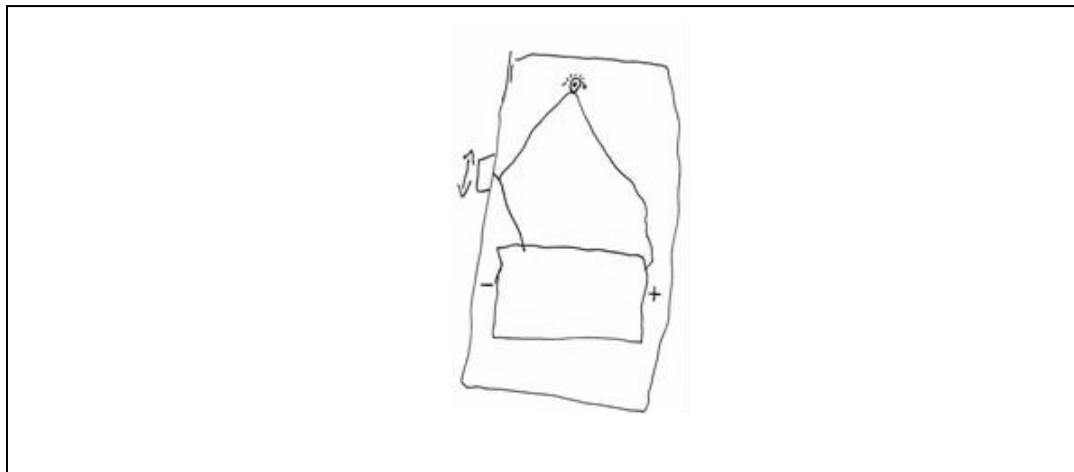
Écrire ne consiste pas à retranscrire à l'aide de mots une pensée clairement élaborée, comme si tout était déjà dans la tête et qu'il s'agissait simplement de le retraduire sur une feuille. Écrire soutient la construction de la pensée scientifique et, inversement, le développement de cette dernière clarifie et organise l'écrit. Dans ce contexte, les schémas fléchés, les listes ou les tableaux sont très productifs. Ainsi, **l'écrit dans ses différentes formes devient un outil tant pour l'action que pour la réflexion.**

Voici des exemples concrets qui mettent en évidence quelques unes des fonctions de l'écrit.

1.2.1. Au départ de l'activité

- **Exprimer ses conceptions**

Dans une expérience sur le circuit électrique simple, les élèves ont exprimé sous la forme d'un schéma leur conception du fonctionnement d'une lampe de poche. Voici le dessin réalisé par un enfant de 5^e année.



Cet élève semble avoir une bonne idée de ce qui se passe à l'intérieur d'une lampe de poche. Son schéma manque cependant de précision au niveau de l'ampoule et de l'interrupteur, ce qui ne permet pas de dire s'il envisage réellement un circuit ou s'il pense que le + et le - se rejoignent dans l'ampoule⁵. Un dialogue avec lui pourrait clarifier son point de vue. La manipulation du matériel dans la suite de l'activité l'aidera à comprendre plus précisément ce qu'est un circuit électrique.

- **Noter ses idées pour en débattre avec d'autres**

Dans une activité portant sur le mécanisme caché d'une carte animée⁶, les élèves ont été invités à réfléchir et à noter individuellement leurs idées dans un premier schéma.

Chercheur : Est-ce que cela t'a aidé de d'abord réfléchir seul et de faire un schéma avant de travailler en groupe ?

Élève : *Oui, comme ça on a d'abord eu des idées qu'on a transformées parce qu'à la fin, on est arrivé. L'idée de départ nous a servi pour arriver.*

(Extrait d'entretien avec un élève de 5^e année)

⁵ Cette conception du fonctionnement d'une ampoule est très fréquente.

⁶ Voir activité détaillée page 73.

1.2.2. Au cœur de l'activité

- **Se donner un plan d'action, un schéma d'expérience, établir une liste de matériel**

Dans une expérience sur les masses volumiques⁷, les élèves devaient imaginer une expérience pour vérifier des affirmations relatives au fait que le pétrole flotte sur l'eau. Une des hypothèses était : « Le pétrole flotte parce que l'eau de mer est salée. Si elle ne l'était pas, le pétrole coulerait ».



Bien que limité à deux petits dessins, ce protocole est assez suggestif :

- Deux gobelets contiennent une quantité d'eau à peu près semblable et sont étiquetés « salée » et « non salée ». Les deux situations à observer sont ainsi bien contrastées.
- Deux bouteilles étiquetées « huile » laissent couler du liquide au-dessus de l'eau, ce qui évoque la marche à suivre.

Même s'il est incomplet, ce protocole montre que les élèves ont bien perçu la tâche et l'importance de comparer deux situations. En outre, ils ont une certaine intuition du pouvoir suggestif des schémas et de l'information contenue dans un élément figuratif, même s'il manque de précision. Progressivement, à l'occasion de diverses expériences, les élèves apprendront à élaborer un protocole correct et complet.

⁷ Activité détaillée page 91. Le pétrole était remplacé par de l'huile pour les expériences en classe.

- **Conserver des données d'observation et les structurer pour mieux visualiser des différences, pour les analyser avant de tenter une explication**

Dans une expérience sur l'isolation⁸, il s'agissait de noter à intervalles réguliers la température de l'eau contenue dans des récipients différemment isolés.

Voici les notes spontanées de quelques élèves d'une classe de 5^e/6^e années :

Groupe 1 :		
$G - 59^{\circ} = 56^{\circ} = 53^{\circ} = 51^{\circ} \left \begin{array}{l} P = 59^{\circ} = 56^{\circ} = 53^{\circ} = 50^{\circ} = 48^{\circ} = 46^{\circ} \\ 50^{\circ} = 47^{\circ} \end{array} \right.$		
Groupe 2 :		
$\begin{array}{cccccc} 60^{\circ} & 55^{\circ} & 53^{\circ} & 50^{\circ} & 48^{\circ} & 46 \\ 60^{\circ} & 51^{\circ} & 46^{\circ} & 42^{\circ} & 33^{\circ} & 36^{\circ} \end{array}$		
Groupe 3 :		
	carton	non carton
14h 30	60°	58°
14h 35	55°	52°
14h 40	52°	48°
14h 45	49°	47°
14h 50	48°	41°
14h 55	45°	39°
15h 00		
15h 05		

On voit que les élèves ont éprouvé le besoin de noter mais de manière peu organisée dans certains groupes. Beaucoup d'enfants avaient pour projet final de faire un graphique « comme à l'hôpital ». Ne pouvant le réaliser immédiatement, ils ont voulu garder les informations pour mémoire en les différenciant parfois par des couleurs différentes ou par une lettre « indice » (groupe 1). Certains groupes construisent avec un peu d'aide un tableau de données (groupe 3).

Dans un second temps, avec l'aide de l'enseignant, les élèves ont créé des tableaux collectifs où rassembler les données observées dans les groupes (ci-après).

⁸ Activité détaillée page 151.

Tableaux des températures de l'eau						
Températures dans les récipients entourés d'un carton						
durée Groupe	0	5	10	15	20	25
G1	58°	56°	53°	50°	48°	46°
G2	60°	55°	53°	50°	48°	46°
G3	60°	53°	50°	48°	45°	43°
G4	57°	53°	51°	48°	46°	43°
G5	60°	55°	52°	49°	48°	45°
MOYENNES	59	54	52	49	47	45

Températures dans les récipients "nus"						
durée groupe	0	5	10	15	20	25
G2	57°	51°	46°	42°	39°	36°
G4	55°	50°	46°	42°	38°	36°
G5	58°	52°	48°	44°	41°	39°
MOYENNES	54	51	44	43	39	37

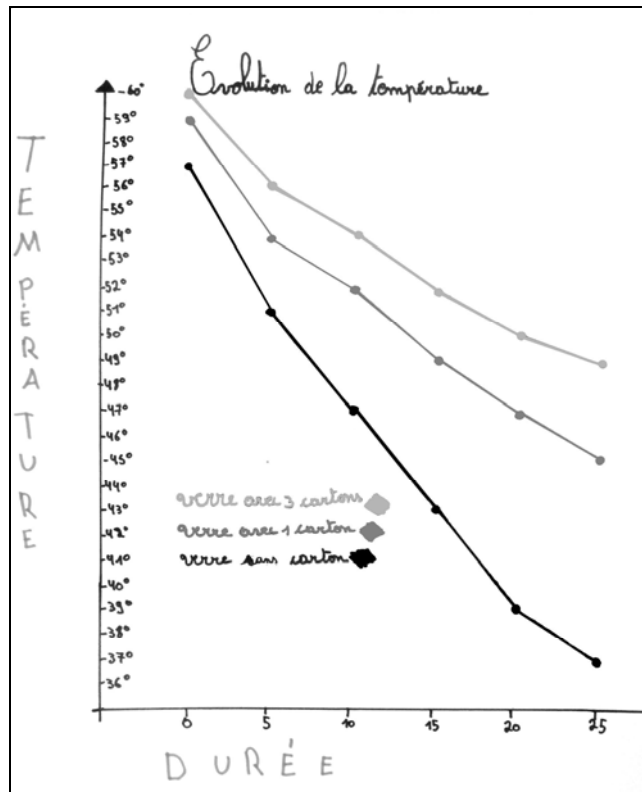
Températures dans les récipients entourés de 3 cartons						
durée Groupe	0	5	10	15	20	25
G1	59°	56°	53°	51°	50°	48°
G3	60°	56°	55°	52°	50°	49°
MOYENNES	60	56	54	52	50	49

Une des difficultés est de remplir correctement les marges des tableaux et la case externe⁹ ; Certains élèves pensaient par exemple, que la première ligne horizontale et la première colonne devaient contenir les mêmes libellés, ce qui conduisait à un tableau incompréhensible et impossible à remplir.

La lecture de ces tableaux permet des interprétations intéressantes : par exemple, la température de l'eau descend plus vite dans les récipients « nus » que dans les récipients entourés de carton. Dans la suite, la réalisation de graphiques avec l'aide de l'enseignant permettra de visualiser davantage encore les résultats de l'expérience¹⁰.

⁹ Voir p. 53 et suivantes.

¹⁰ Il s'agit de permettre aux élèves de visualiser l'évolution de données et non de leur faire construire prématurément des graphiques : l'aide de l'enseignant est ici indispensable.

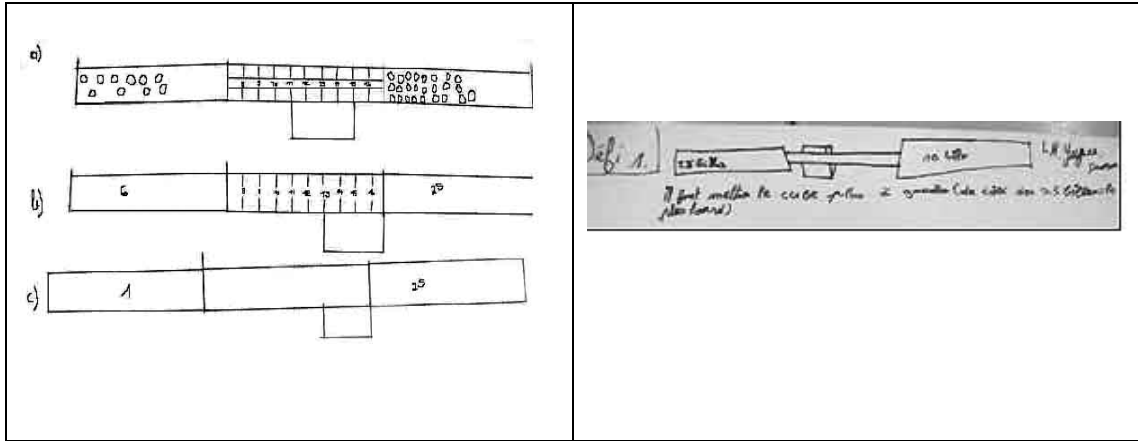


- **Faire le point, prendre du recul, élaborer et structurer sa pensée en l'écrivant**

Les élèves expérimentent de différentes façons le fonctionnement des leviers¹¹ : soulever deux enfants sur une table retournée à l'aide d'une barre de levier ou soulever un bac de 22 billes à l'aide d'une latte et d'un autre bac qui n'en contient que 4. Les enfants passent ainsi d'une situation « ressentie » à un « modèle réduit ». Le passage à l'écrit permet de franchir une étape de plus : celle de la clarification et de la conceptualisation de la situation.



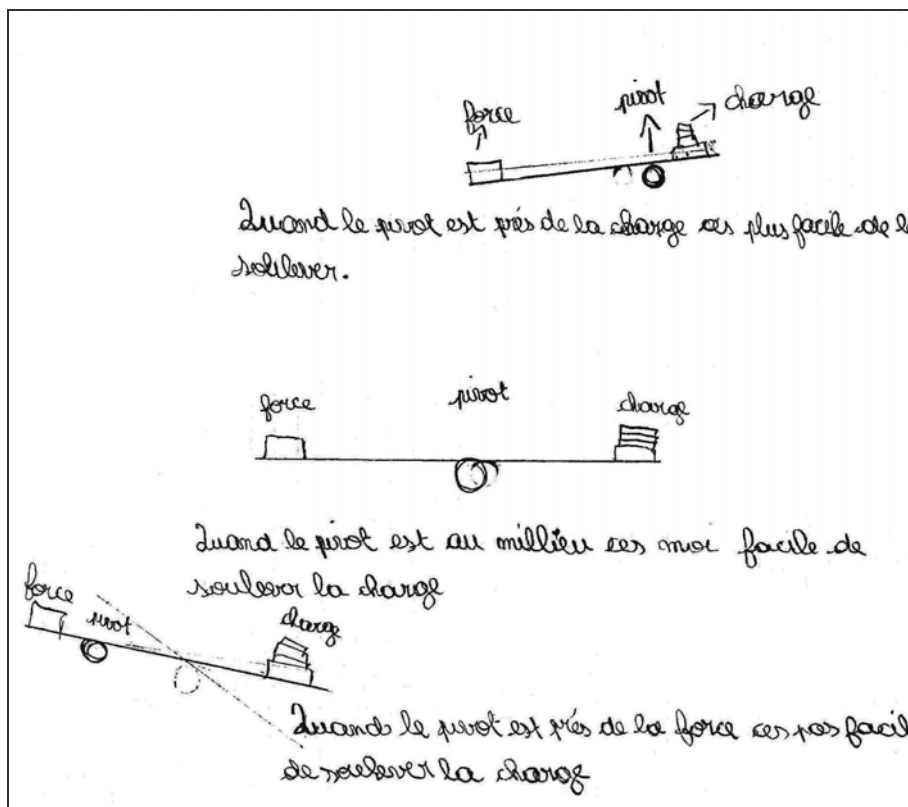
¹¹ Activité détaillée page 115.



En écrivant, les élèves comparent les observations, prennent du recul et atteignent une première forme d'abstraction.

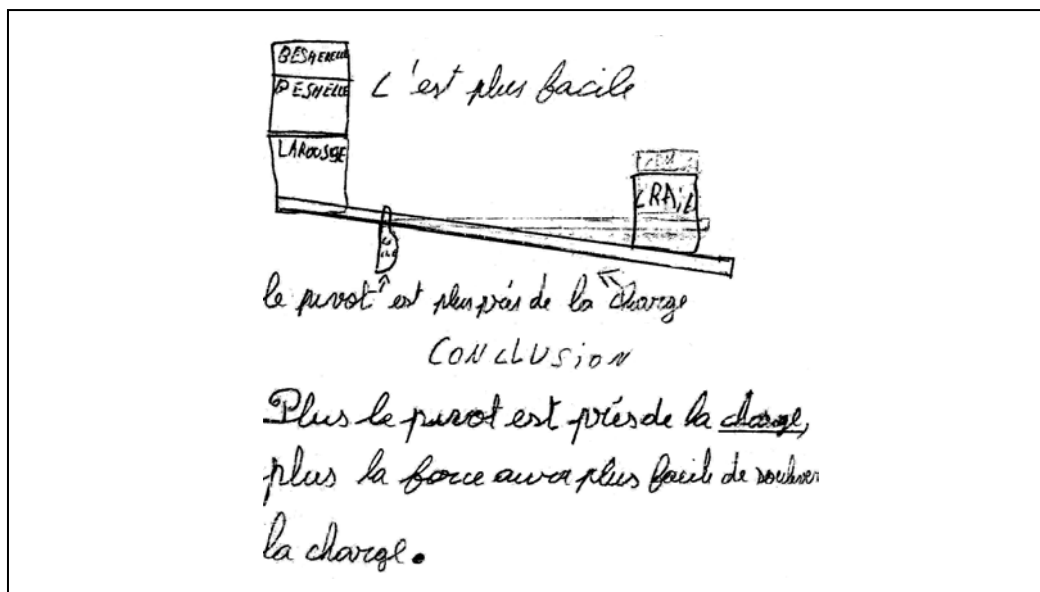
- **Constater, interpréter les faits, conceptualiser les acquis**

Voici deux écrits pris dans une autre classe où trois situations sont comparées, toujours à propos des leviers :



La position du pivot par rapport à la force est bien mise en évidence. De la comparaison des situations naît une meilleure compréhension du principe.

Dans le dernier schéma, on voit nettement que l'élève a effacé une représentation inadéquate : le pivot presque au centre de la barre.



Avec ses propres mots, l'enfant exprime en conclusion le principe de fonctionnement des leviers¹².

1.2.3. Après l'action

Lorsque les acquis commencent à se structurer, les écrits peuvent être plus aboutis, plus finalisés. Cette mise en forme peut répondre au besoin de communiquer des informations ou de garder la trace d'une activité structurante (comptes-rendus, écrits de synthèse, affiches...). A cette occasion, la logique et les conventions propres aux écrits scientifiques (ainsi que l'orthographe) peuvent être travaillées, sans verser dans un formalisme stérile ou prématuré. Dans de nombreux cas, ces écrits pourront servir de référents pour l'avenir, dans le sens où les élèves y trouveront des indications pour leurs écrits futurs.

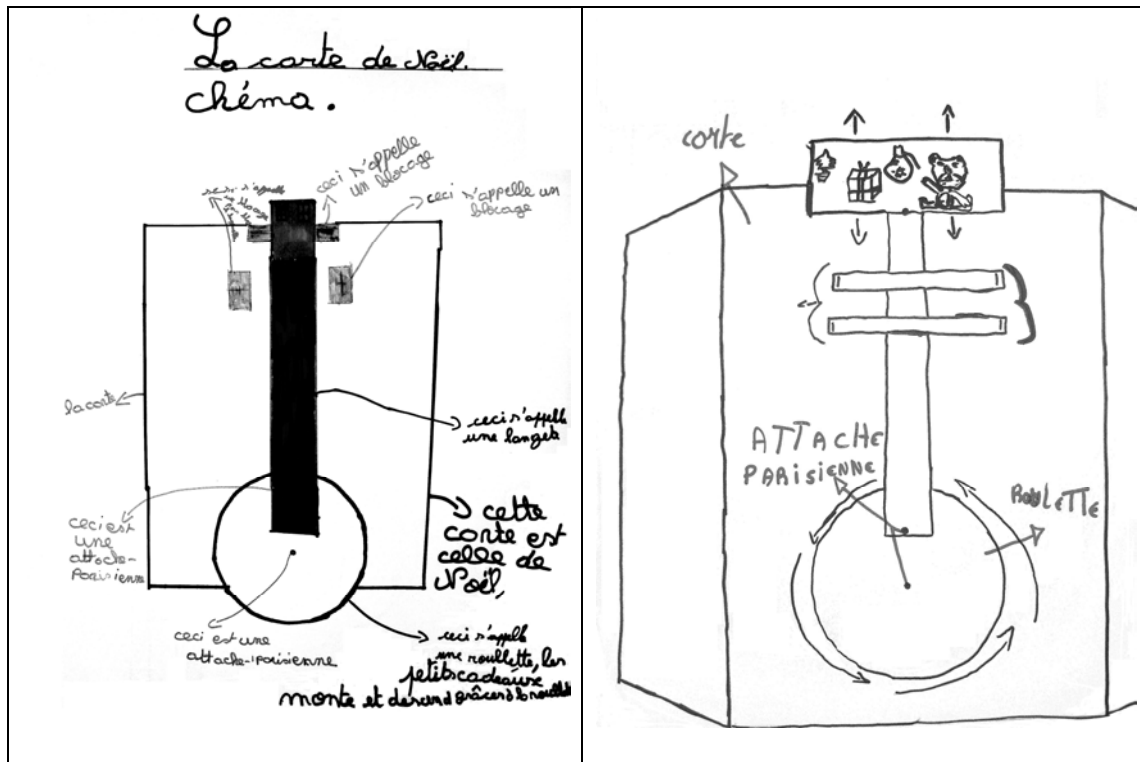
- **Constituer une base d'échanges, comparer les résultats entre groupes**

Les élèves ont travaillé sur le mécanisme caché d'une carte animée¹³. Des affiches sont réalisées pour comparer les idées et mettre des mots sur chaque partie du mécanisme afin de décrire sa fonction. L'enseignant demande à chacun d'observer l'ensemble et de tenter de relever les différences et les ressemblances. Il demande aussi aux élèves s'ils pensent que tous les mécanismes dessinés vont fonctionner. Enfin, il attire l'attention sur les flèches et leurs fonctions respectives : désigner une annotation (schéma de gauche), le sens de la rotation ou le mouvement de haut en bas (schéma de droite).

¹² Dans cette classe, le dispositif était constitué d'une barre en bois, de livres (côté charge), d'une boîte de craies (côté face) et d'un plumier servant de pivot.

¹³ Activité détaillée page 73.

Voici deux de ces affiches :



Un élève relève la différence de conception des guides (aussi appelés « blocages » par les enfants) : « de chaque côté » ou « en travers ». Mais il ne note pas que ces guides sont dessinés tantôt au niveau de la carte, tantôt au niveau de la « barre ». L'enseignant questionne alors la classe sur le rôle des guides et amène les enfants à conclure que les guides doivent être le long de la carte pour empêcher celle-ci de balancer d'un côté à l'autre.

- **Garder une trace au cahier, construire un référent**

L'écrit ci-dessous propose un rapport de l'activité sur les leviers (élève de 6^e année) :

Le 23/11/08

Un rapport scientifique

J'ai remarqué que plus le pivot est près de la charge, plus le bras de force est long la charge se lève avec facilité.

<p>c = charge bc = bras de charge p = pivot bf = bras de force f = force</p>
--

Dans cet exemple, on note la qualité du schéma, de la légende, du texte de conclusion. Il reflète déjà une très bonne structuration des acquis tant au niveau du contenu que de la forme.

L'enseignant joue un rôle essentiel tant dans ses interventions orales et directes qu'à travers les aides méthodologiques qu'il peut apporter en cours d'activité. La production d'écrits de toutes sortes, accompagnée d'échanges entre élèves et avec l'enseignant est une formidable source d'apprentissages non seulement sur les contenus scientifiques abordés mais également sur la manière de noter l'acquis, de le communiquer à d'autres, d'utiliser le vocabulaire approprié... En d'autres termes, **l'écrit scientifique est une occasion fonctionnelle particulièrement riche de travailler parallèlement la langue écrite et les concepts scientifiques.**

Trois orientations au moins encouragent un **usage fonctionnel des écrits** en sciences :

- a) **varier les supports écrits** exploités dans les activités, que ce soit dans un but de lecture ou de production écrite : textes, dessins, schémas, tableaux... ;
- b) **faire une véritable place aux écrits intermédiaires ou de travail** (les « brouillons ») qui favorisent une meilleure compréhension des concepts travaillés dans les activités car ils stimulent la confrontation des points de vue et la clarification des idées ;
- c) **développer une réflexion métacognitive autour des écrits** afin de faire progresser les élèves dans la maîtrise des différents supports.

1.3. Où trouver le temps nécessaire ?

Les considérations qui précèdent soulèvent inévitablement l'épineuse question du temps : écrire de manière significative ne peut se faire en quelques minutes ! Comment **aménager ce temps de façon réaliste et le rentabiliser** ?

Sans prétendre résoudre totalement la question, on peut tracer quelques pistes méthodologiques utiles.

1.3.1. *Installer dès que possible des habitudes d'écriture en sciences*

Plus souvent les élèves écrivent lors des activités scientifiques, mieux ils comprennent à quoi cela sert et ce qui est attendu. On gagne alors un temps considérable car la mise en train est facilitée.

1.3.2. *Doser les exigences et donner des consignes claires*

Les élèves doivent comprendre qu'un écrit de travail « pour soi » n'a pas besoin d'être impeccable pourvu qu'il remplisse son rôle. Toutefois, certains élèves restent très inquiets à l'idée de remettre à l'enseignant une feuille contenant des erreurs, des ratures ou des lignes tracées à la hâte. Ils pensent que leur « brouillon » doit répondre d'emblée à ce qu'ils croient être une « belle » mise en forme. Plusieurs s'attardent sur la date, sur le titre ou sur le dessin d'un cadre qui contiendra un schéma ou un texte, plutôt que d'entrer dans le vif du sujet.

1.3.3. Encourager une bonne gestion du travail dans les groupes et l'entraide entre élèves

Les écrits qui découlent des travaux collectifs reflètent non seulement la réflexion et les débats des groupes mais également la manière dont ils gèrent l'élaboration de l'écrit. Des habitudes sont à acquérir dès que possible car un temps considérable est bien souvent consacré à décider qui écrit quoi, où et comment. Inversement, la décision peut être rapide mais n'impliquer qu'un ou deux membres du groupe, les autres bavardant ou s'agitant, freinant alors la réalisation commune. Travailler en groupe doit permettre à chacun de trouver une place et un rôle. C'est aussi tabler sur l'entraide pour répartir les tâches et progresser.

1.3.4. Varier les types d'écrit pour stimuler la motivation et diversifier les interventions de chacun

Schémas, dessins, tableaux, graphiques, textes... beaucoup d'orientations sont possibles. S'il est indispensable que les différents types de supports soient approchés par tous les élèves, il est néanmoins possible à certains moments de différencier les tâches en fonction des préférences. Un élève fera un dessin ou schéma, un autre ajoutera un texte de commentaires, un troisième se souciera de la mise en page du titre... pour autant que les décisions aient été prises en collaboration et qu'elles aient un sens en relation avec l'objectif poursuivi.

1.3.5. Adopter une méthodologie adéquate et diversifiée pour les écrits finalisés

Il n'est pas toujours possible de travailler ni de finaliser en grand groupe l'affiche ou le document qui figurera sur le mur de la classe ou dans la farde : le temps peut manquer ; l'activité peut paraître trop redondante pour les élèves. Différentes formules sont possibles. On peut partir d'un document relativement bien construit par un groupe, la « touche finale » étant apportée par l'enseignant avant la reproduction pour toute la classe. L'enseignant peut aussi préparer lui-même la synthèse d'une activité pourvu qu'il n'ajoute rien à ce qui a été découvert par les élèves : le document doit rester significatif pour ces derniers et faire l'objet d'un consensus. Une synthèse ne peut devenir prétexte à l'ajout de savoirs nouveaux non débattus en classe. Si on souhaite ajouter des informations complémentaires, il est préférable de les présenter sur des feuilles annexes, de telle sorte que l'élève fasse bien la distinction entre ce que lui (ou la classe) a dégagé de l'activité et ce qui lui permet éventuellement d'enrichir ses conclusions.

Il n'est pas rare qu'une définition ou une explication jugée « plus scientifique » soit introduite dans la synthèse par l'enseignant sans que les élèves aient pu en parler. Ce savoir risque alors de perdre son sens et de devenir passif.

La synthèse ou le compte rendu peuvent être courts mais ils doivent avoir **un sens pour tous** afin de **servir de référent** pour les productions à venir. Les nouveaux acquis se grefferont alors sur une base claire que de nouvelles synthèses enrichiront au fil du temps. Les aspects formels s'**amélioront petit à petit**.

Ménager du temps pour l'écrit dans des activités scientifiques mobilisatrices est indispensable et **doit avoir un sens** pour l'enfant.

CH. 2. CARACTÉRISTIQUES DES ÉCRITS INTÉGRÉS DANS LES APPRENTISSAGES SCIENTIFIQUES

Dans ce chapitre, nous envisageons la particularité des écrits scientifiques exploités dans les classes. Comme il s'agit souvent de documents complexes, il paraît essentiel d'amener les élèves à tirer pleinement profit de ces écrits, qu'ils soient lus ou produits. Quelques pistes d'actions pédagogiques sont évoquées dans ce sens. Est également abordée la problématique des connaissances des élèves autour des thématiques scientifiques explorées en classe : ces connaissances constituent-elles des leviers ou des freins à la bonne compréhension des documents ? Comment tirer au mieux parti des connaissances variées des élèves sur les sujets traités en classe ?

2.1. Quelles sont les particularités des écrits exploités dans les apprentissages scientifiques ?

Les écrits scientifiques, très diversifiés, se présentent rarement sous la forme de textes continus : ils combinent en général des textes et des images qui jouent un rôle complémentaire dans l'apport des informations et leurs mises en relation. Par ailleurs, ces documents nécessitent très souvent des articulations entre des séquences descriptives et des commentaires explicatifs qui ouvrent la voie vers l'interprétation de faits.

Les documents scientifiques nécessitent un **double traitement des informations**, que l'élève soit amené à les lire ou à les produire :

- un **traitement local des informations** explicites qu'ils renferment ;
- des **traitements plus globaux** impliquant des **mises en relation** et des interprétations.

2.2. Quelles sont les potentialités et les difficultés des élèves face à l'exploitation de ces écrits ?

2.2.1. Dans le domaine de la lecture

Les élèves réalisent généralement bien les traitements locaux : les informations explicitement mentionnées dans les documents sont à leur portée, même si des nœuds de difficultés liés au vocabulaire surgissent parfois.

En revanche, des différences nettes apparaissent dans les traitements plus globaux des informations. Certains y arrivent spontanément, d'autres ont besoin d'être guidés dans cette démarche. Nous avons pu le constater lorsque nous avons proposé à des élèves d'exploiter le document suivant :

A quoi servent nos poumons?

Comparaison des composants de l'air inspiré et de l'air expiré

Les composants de l'air	Quantité présente dans 1 litre d'air inspiré	Quantité présente dans 1 litre d'air expiré
Oxygène	210 ml	160 ml
Gaz carbonique	Peu	45 ml
Azote	780 ml	780 ml
Autres gaz	10 ml	10 ml

Une bonne compréhension du tableau implique :

- de **repérer** la quantité de chaque composant que l'on retrouve dans l'air inspiré et dans l'air expiré ;
- de **comparer** ces informations en vue de cerner les différences entre l'air inspiré et l'air expiré ;
- d'**interpréter** ces différences en vue de répondre à la question posée : à quoi servent nos poumons ?

La présence du titre et des sous-titres donne des indices pour dépasser la lecture explicite (« **Comparaison** des composants de l'air inspiré et de l'air expiré » ; « **A quoi servent** nos poumons ? »).

Les deux extraits d'entretien suivants, illustrent la différence dans le traitement des informations. Même après une analyse en profondeur du document, réalisée en entretien individuel, les élèves restent encore inégaux face à l'interprétation des informations fournies.

Chercheur : Finalement, que vous apprend ce tableau ?

Elève1 : *C'est un tableau qui aide à comprendre que l'air, quand il rentre dans les poumons, il lui arrive des trucs : l'azote reste dans les poumons mais l'oxygène, il va dans le corps et le gaz carbonique, il en ressort.*

E2 : *On essaie de montrer que dans l'air inspiré et expiré, il n'y a pas la même chose. Les grosses différences, c'est 210 et 160 ml : on inspire beaucoup plus d'oxygène et on rejette plus de gaz carbonique.*

(Extrait d'entretien avec 2 élèves de 5^e/6^e années)

Dans son commentaire, le premier élève (E1) cherche à interpréter le document. Le titre indique que l'on s'intéresse ici à la fonction des poumons et son explication est orientée par cette question. Les informations qu'il évoque sont mises en relation (l'azote est présente en même quantité et des différences apparaissent au niveau de l'oxygène et du gaz carbonique) et interprétées (il évoque les échanges gazeux d'oxygène et de gaz carbonique).

Le second élève (E2) quant à lui met simplement en relation les données : il constate ainsi que la quantité d'oxygène dans l'air inspiré est plus importante que celle apparaissant dans l'air expiré.

2.2.2. Dans le domaine de l'écriture

Les élèves ont souvent l'intuition du type de support le plus adéquat pour présenter des informations par écrit. Par exemple, lorsqu'on leur demande de comparer des informations, bon nombre d'entre eux pensent à réaliser un tableau. Lorsqu'il s'agit de mettre en évidence une évolution dans un relevé de températures, ils souhaitent recourir à un graphique même si leur maîtrise de l'outil est incomplète. Cette tendance se manifestait également dans une recherche précédente menée en troisième et quatrième primaire¹⁴.

En revanche, articuler des informations leur pose davantage problème. Or de tels traitements s'avèrent nécessaires dans des activités de construction d'un tableau ou d'élaboration d'un schéma surtout lorsque ceux-ci requièrent de dépasser une simple description.

Lors d'une activité proposée en classe, les élèves ont élaboré un écrit permettant de comparer une période de la vie de trois animaux contrastés, sur la base de documents informatifs. Ces derniers détaillaient la vie des trois animaux, de la conception à la fin de vie. Voici la production d'un groupe d'élèves centrés sur le début de la vie du campagnol, du faisan et du sanglier.

Le CAMPAGNOL	Le FAISAN	Le SANGLIER
<p>Ils naissent nus et aveugles. Ils donnent la plupart du temps et se nourrissent de lait maternel. Après 2 ou 3 jours, leurs poids commencent à peser. Ils sont de couleur brune, grise comme les adultes. Après 7-8 jours, ils sont parfaitement formés et ouvrent les yeux.</p>	<p>A chaque couvée, il y a 16 œufs qui mûrissent 23 à 24 jours avant d'éclore. La couvée a lieu au printemps. La ponte a lieu dans de simples nids au sol, dans des endroits protégés, par exemple dans des buissons.</p>	<p>Les carcasses, âgées de 6 mois sont rayés longitudinalement puis ils prennent une teinte rousse uniforme jusqu'à l'âge d'un an. Plus tard, le sanglier mine entre 10 et 15 ans.</p>

La présentation des informations sous la forme d'un tableau s'est vite imposée dans les groupes comme « LE » support facilitant la comparaison des trois animaux. Les élèves n'ont pas éprouvé de problèmes particuliers pour sélectionner les informations explicites relatives au début de vie des trois animaux concernés. En revanche, les difficultés ont surgi lorsqu'il a fallu dépasser la juxtaposition d'informations : trouver des informations comparables d'un animal à l'autre et préciser le critère de comparaison.

Tant en lecture qu'en production d'écrit, les élèves révèlent leurs potentialités dans la compréhension d'informations explicitement mentionnées ou le choix judicieux d'un support. Des apprentissages s'imposent dans les traitements plus complexes des informations (mises en relation, articulations, interprétations).

¹⁴ B. Giot et V. Quittre, 2006.

2.3. Quelques pistes pour aider les élèves à mieux appréhender la complexité des documents scientifiques lus ou produits en classe

2.3.1. Amener les élèves à mieux comprendre ce qu'est lire ou écrire un document scientifique

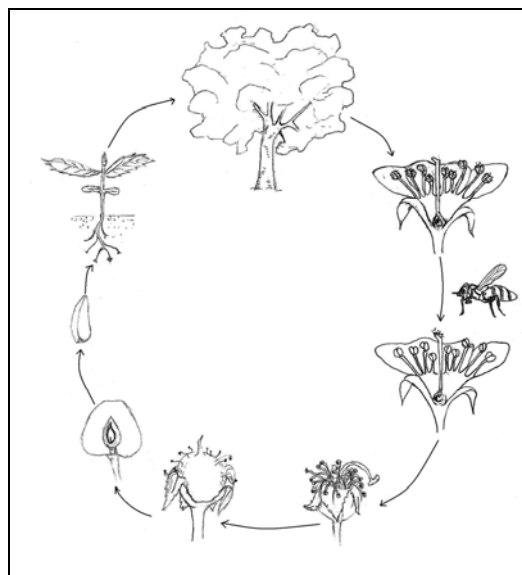
De nombreuses études ont mis en évidence que les faibles lecteurs considèrent l'acte de lire comme un processus passif de décodage d'informations : pour eux, bien comprendre un texte ou un schéma, c'est avant tout bien le photographier et pouvoir restituer le plus fidèlement possible toutes les informations qui s'y trouvent. Cette image de la lecture les enferme dans le décodage des informations explicites, sans être conscients que d'autres processus permettent d'exploiter l'écrit sous des facettes bien plus variées. Questionner un document, réorganiser les informations, mobiliser ses propres conceptions sur le sujet traité permettent d'appréhender l'écrit de manière approfondie.

Dans le domaine de la production écrite, bon nombre d'élèves conçoivent l'écriture comme simple technique de transcription et de codage d'une pensée déjà achevée. Nombreux sont également ceux qui considèrent l'écriture comme un don, sur lequel on n'a que très peu prise. Dans cette logique, écrire ne s'apprend pas : « On sait » ou « On ne sait pas ».

Amener les élèves à mieux comprendre les processus de réflexion permettant d'appréhender les documents scientifiques, peut être travaillé au quotidien, à travers des moments de confrontation sur ce qu'on a lu ou produit dans le cadre d'une activité, à travers également des questionnements permettant aux élèves de tenir compte d'indices (titres, sous-titres, flèches dans les schémas, ...) facilitant un regard plus global sur les documents qu'ils exploitent.

Voici deux exemples d'actions menées dans les classes pour aider les élèves à progresser dans l'exploitation des documents scientifiques.

- **Une discussion en classe sur des compréhensions variées du cycle de vie du cerisier**



Après une courte approche individuelle, le schéma a été abordé collectivement sur la base de questions guides posées par l'enseignant. Voici un extrait d'un dialogue collectif. L'intervention d'un élève clairvoyant sur le schéma permet à la classe d'évoluer d'une lecture étape par étape du schéma vers une analyse dynamique de celui-ci impliquant une mise en relation de ces étapes.

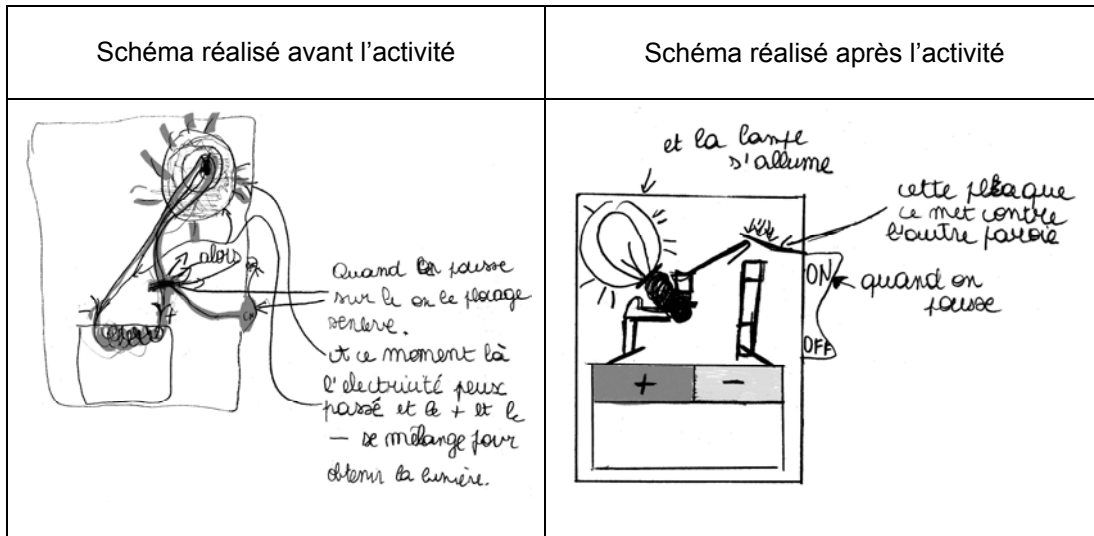
Instituteur : Qui a une idée, pour ce dessin là en-dessous ? (la cerise en formation)
Elève1 : *Moi mais je ne suis pas sûr. Ça pourrait être l'ovule.*
I : Toi tu penses que ça pourrait être l'ovule.
E2 : *Moi je pense que c'est la cerise qui est en train de se faire.*
I : Toi, tu parles d'une cerise qui est en train de se faire. Est-ce que tu peux m'expliquer, justifier un peu ce qui te fait penser à ça ?
E2 : *Ce qui me fait penser c'est qu'après on a une cerise.*
I : Ah ce qui te fait penser, c'est qu'après on a une cerise.
Es : *Ah oui, ça c'est vrai* (beaucoup de réactions dans la classe attestent de l'effet de la réflexion de E2).
E2 : *La cerise elle n'apparaît pas en un millième de seconde !*
I : La cerise n'apparaît pas magiquement, elle se forme petit à petit, elle se transforme.
E3 : *Ah oui, et ça c'est le noyau et ça c'est sûrement la tige alors !*
E4 : *Ah oui maintenant j'ai compris !* (beaucoup de réactions du même ordre).
E5 : *Ah oui, quand on a la cerise, à l'intérieur il y a une graine et la graine recommence le cycle.*
I : Oui, et la graine recommence le cycle tout le temps.
E6 : *Moi je croyais que c'était une bougie¹⁵.*
E5 : *Moi j'ai compris maintenant.*

- **Une activité scientifique destinée à améliorer la schématisation du fonctionnement d'une lampe de poche**

Dans une activité centrée sur l'électricité, les élèves ont été amenés à observer une lampe de poche et à en faire le schéma. Par la suite, ils ont relevé une série de défis leur permettant de mieux comprendre le fonctionnement du circuit électrique simple. Au terme de l'activité, l'enseignant leur a demandé de revoir leur premier schéma de la lampe de poche.

Voici les deux schémas réalisés par un même élève de 5^e année.

¹⁵ Cette interprétation surprenante montre que l'élève s'est focalisé sur une seule image, sans tenir compte du contexte. Seule la mise en relation des images entre elles peut lui permettre de dépasser cet écueil. Ce type de comportement n'est pas rare dans l'interprétation des schémas : certains élèves peuvent rester accrochés à un indice mal identifié et se perdre alors dans l'interprétation du document.



Le schéma réalisé après l'activité montre une meilleure maîtrise de la notion du circuit électrique, tant du point de vue du positionnement de l'ampoule que de la manière de représenter un circuit ouvert mais la tentative explicative qui figure dans la première production est abandonnée au profit d'un schéma descriptif. En effet, ce deuxième schéma, malgré sa clarté, donne moins d'indices sur la compréhension qu'a l'élève du concept d'électricité. Par ailleurs, l'élève se trouve face à une autre difficulté : montrer sur son schéma le côté dynamique de la situation. Celui-ci est révélé par les annotations. Deux schémas auraient sans doute été nécessaires pour montrer une fois le circuit ouvert (lampe éteinte), une fois le circuit fermé (lampe allumée).

2.3.2. Faire émerger les connaissances spontanées des élèves sur les sujets traités

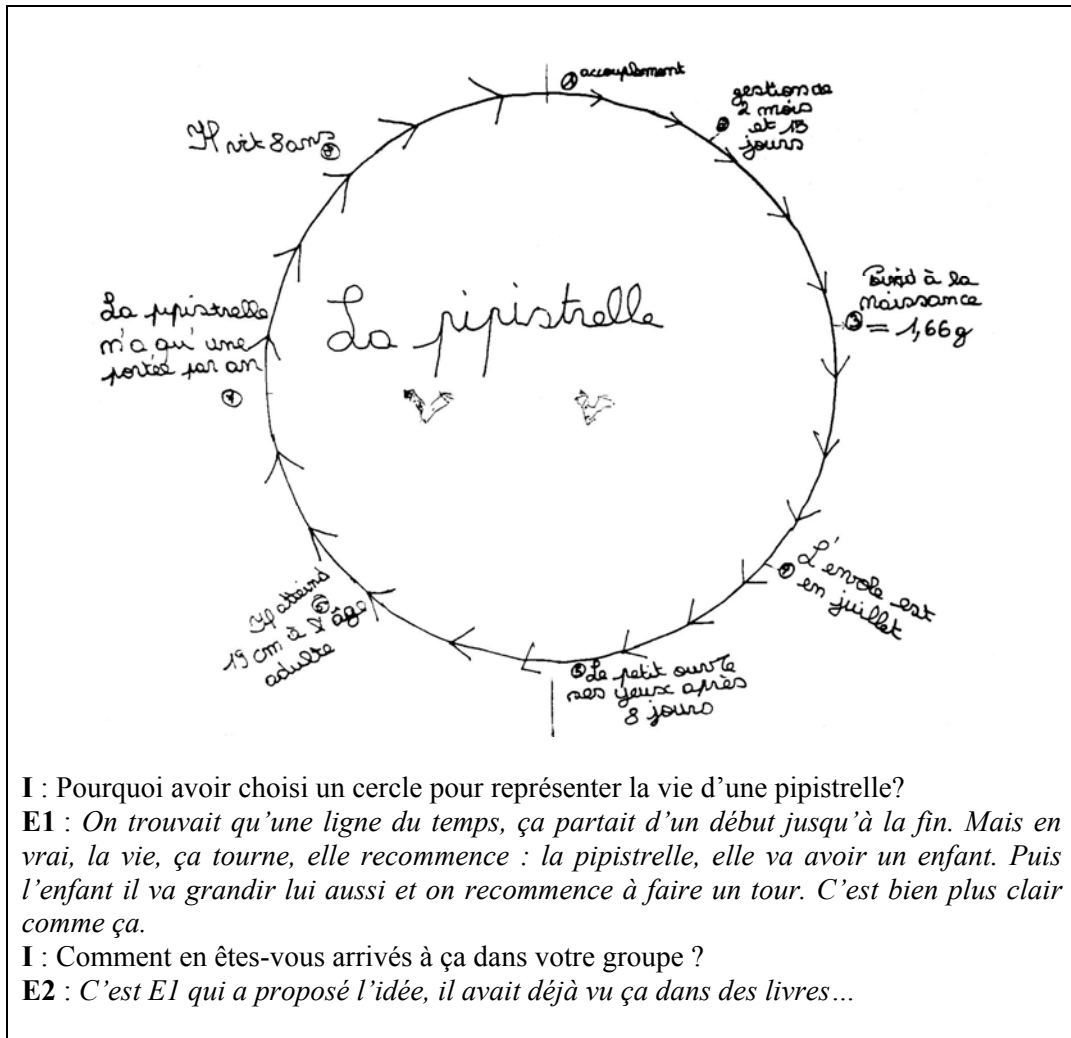
Dans l'enseignement fondamental et au début du secondaire, « l'étude des sciences offre une spécificité certaine parce qu'elle ouvre les jeunes à leur environnement naturel et les met en contact direct avec les objets réels, les phénomènes naturels et les vivants »¹⁶.

Comme les activités scientifiques sont ancrées dans l'environnement naturel des élèves, ceux-ci débutent rarement l'exploitation d'un document sans rien connaître sur les sujets traités.

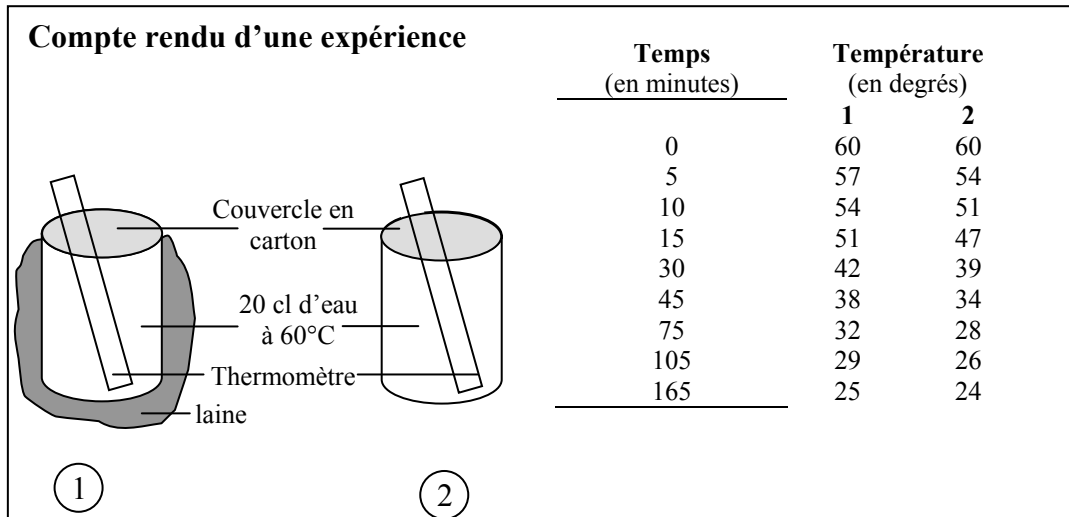
Dans certains cas, avoir déjà des connaissances sur le sujet peut être un atout permettant des traitements plus approfondis des informations, tant dans le domaine de la lecture que de la production d'écrits.

¹⁶ Socles de compétences, p. 34.

L'exemple suivant illustre ce propos. Dans le cadre d'une activité sur le cycle de vie des mammifères, les élèves étaient amenés à retracer les diverses étapes de la vie d'une pipistrelle sous la forme d'une ligne du temps. Voici la production inattendue d'un groupe et le dialogue qui en a découlé lors de l'exploitation collective des productions des affiches réalisées par les élèves.



Dans d'autres cas, en revanche, **certaines connaissances personnelles peuvent constituer un frein** dans la bonne compréhension des documents, comme le montre cet entretien avec un élève de 5^e primaire.



I : De quoi parle cette expérience ?

E : De l'évaporation de l'eau. On veut voir si l'eau s'évapore plus vite dans le premier ou le deuxième verre.

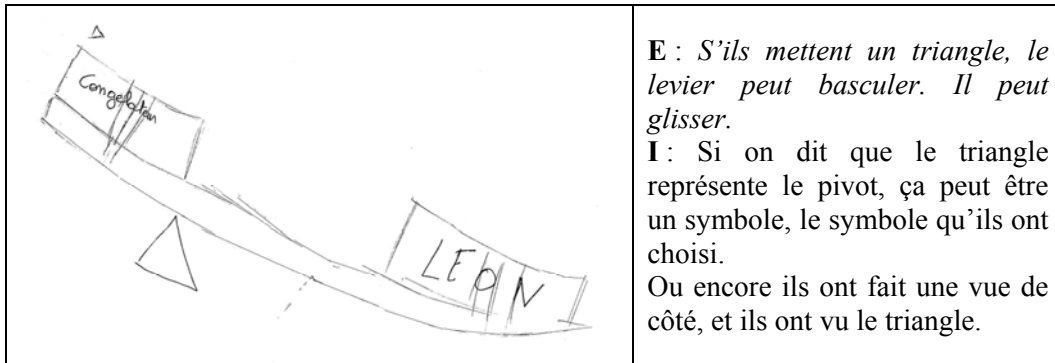
I : Comment le sais-tu ?

E : Bien, on met un couvercle et on voit bien dans le tableau que l'eau s'évapore plus vite dans le 2^e verre : il en reste moins à la fin.

La présence du couvercle en carton a amené l'élève à penser que l'on s'intéressait à l'évaporation. Dès lors, il élabore une lecture totalement erronée du document, sans chercher à remettre en question cette première lecture à travers la prise d'indices dans le document (titre « température », le fait que le couvercle est présent des deux côtés...).

La maîtrise de certaines connaissances sur les contenus abordés peut également poser des problèmes dans la **production d'écrits scientifiques**. Bon nombre d'élèves éprouvent des difficultés à se décentrer de leur production : ce qui est clair pour eux est nécessairement clair pour les autres...

Ainsi, dans le dessin suivant, les élèves cherchaient à expliquer, sous la forme d'un schéma une méthode pour aider Léon à soulever seul un congélateur. Ayant utilisé un pivot ayant la forme d'un prisme à base triangulaire, les élèves ont choisi un point de vue permettant de visualiser le positionnement décentré du pivot. Toutefois, lors du débat collectif, la présence d'un triangle pour représenter le levier a posé problème à certains élèves et a amené alors à une clarification du schéma réalisée ici par l'enseignant.



La lecture du schéma par d'autres enfants permet de pointer ces implicites et d'amener les élèves à comprendre la nécessaire prise de distance par rapport à leur propre compréhension des choses...

Lors de la recherche de documents à exploiter en classe, analyser les supports en référence avec les connaissances qu'ils mobilisent est sans doute une démarche essentielle pour se donner toutes les chances d'en tirer pleinement profit : quelles connaissances préalables sont nécessaires pour bien les comprendre ? Quelles interprétations erronées risquent d'apparaître en cas de non maîtrise de ces connaissances ?

Au moment de les exploiter en classe, il peut aussi être intéressant de faire le point avec les élèves sur ces connaissances prérequis.

Par exemple, dans une classe, les élèves devaient analyser les caractéristiques de renards vivant dans trois milieux de vie bien contrastés (régions désertiques, régions polaires et Europe). Sur la base de documents informatifs, les élèves étaient amenés à élaborer un tableau comparatif des trois animaux mettant en évidence les adaptations de ces derniers face à leurs milieux de vie respectifs. Pour réaliser cette tâche, les élèves devaient synthétiser les informations sous la forme de mots ou de petites unités textuelles.

Lors de l'introduction de l'activité, un enseignant a proposé aux élèves de rechercher, dans leur cahier de brouillon, tous les mots que leur évoquait le mot « renard » : les mots ont ensuite été écrits au tableau sous forme d'un « soleil » dont le centre était le mot renard. L'instituteur a volontairement introduit cette recherche de mots pour activer un vocabulaire utile avant de concevoir les tableaux et pour amener ainsi les élèves à réfléchir en terme de « mots clés » plutôt qu'en terme de phrases, ce qui aurait risqué de les freiner dans l'élaboration des tableaux comparatifs.

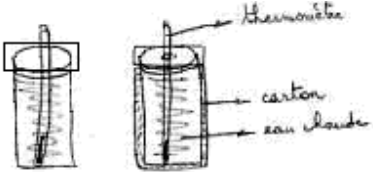

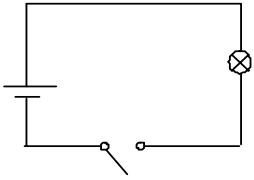
Dans ce chapitre, nous avons passé en revue quelques caractéristiques générales des écrits exploitables dans les classes de cinquième et sixième primaires. Outre ces aspects transversaux communs à l'ensemble des écrits scientifiques, les tableaux et les schémas ont chacun des caractéristiques propres qu'il convient de mettre à jour pour amener les élèves à tirer profit de ces supports dans le cadre de leurs apprentissages scientifiques. Ces réflexions plus spécifiques font l'objet des deux chapitres suivants.

CH. 3. LES SCHÉMAS : APPROCHE SPÉCIFIQUE

3.1. Qu'est-ce qu'un schéma ?

Il existe une multitude de schémas. Leur rôle est de représenter de manière simplifiée et figurée un objet d'observation, un mouvement, un processus, un point de vue, voire une théorie.

Une des caractéristiques essentielles des schémas est d'être construits sur des **analogies avec le réel**. Ces analogies peuvent être **concrètes et figuratives**, très proches des situations décrites, comme dans l'expérience sur l'isolation (ci-dessous) ou au contraire être très **abstraites**, comme dans la représentation de l'atome. Elles peuvent aussi devenir des **signes conventionnels** comme dans le cas du circuit électrique.

Expérience sur l'isolation	Représentation de l'atome	Représentation du circuit électrique simple
		

Le premier type de schéma est relativement simple d'accès. Le second suppose un certain degré d'abstraction, sans compter d'importantes connaissances préalables. Le troisième demande l'apprentissage d'un code conventionnel pour exprimer les observations ou les savoirs.

Les schémas permettent d'**exprimer l'état des connaissances** à propos

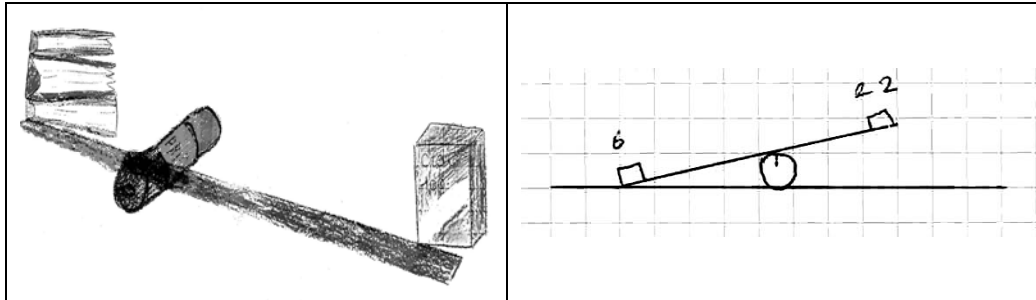
- d'un objet d'étude (par exemple : la structure du système digestif de l'être humain) ;
- du fonctionnement d'un mécanisme (par exemple : le système bielle-manivelle) ;
- des étapes d'une procédure expérimentale (exemple : dispositif mis en place pour une expérience sur les leviers) ;
- des transformations d'un être vivant (exemple : cycle de vie d'un papillon) ;
- ...

En outre, le **caractère synoptique** des schémas permet une saisie d'ensemble des informations et dès lors, une possibilité accrue de manipuler mentalement et de les mémoriser (par exemple : le schéma du circuit naturel de l'eau).

Ils deviennent alors de véritables **outils de pensée**. Il est cependant nécessaire de ne pas perdre le contact avec le monde réel, de pouvoir revenir sur l'objet d'étude lui-même car **la représentation, quelle qu'elle soit, n'est jamais l'objet lui-même**. Ainsi, la représentation de la circulation du sang dans le corps se fait souvent en deux couleurs situées de part et d'autres du cœur : le rouge pour le sang oxygéné, le bleu pour le sang chargé de déchets.

Certains élèves pensent – et parfois très longtemps – que le sang rouge circule dans une moitié verticale du corps, le sang bleu de l’autre côté !

Il faut **distinguer les schémas des dessins d’observation**. Ces derniers représentent les objets tels qu’ils sont vus. Leur degré d’abstraction est relativement limité. Ils sont caractérisés par la conformité au réel et le souci du détail vrai. Les schémas, eux, s’engagent sur le chemin de l’abstraction et de la généralisation en se détachant des objets réels. Dessins d’observation et schémas sont deux outils fonctionnels au service des activités scientifiques. Leur simplicité n’est qu’apparente : ils supposent l’un et l’autre l’acquisition de techniques spécifiques et donc, un apprentissage.



Dans ces deux exemples, un système de leviers est représenté. Dans le premier cas, il s’agit d’un dessin d’observation dont on reconnaît aisément les éléments concrets. Dans le second cas, la représentation est plus abstraite.

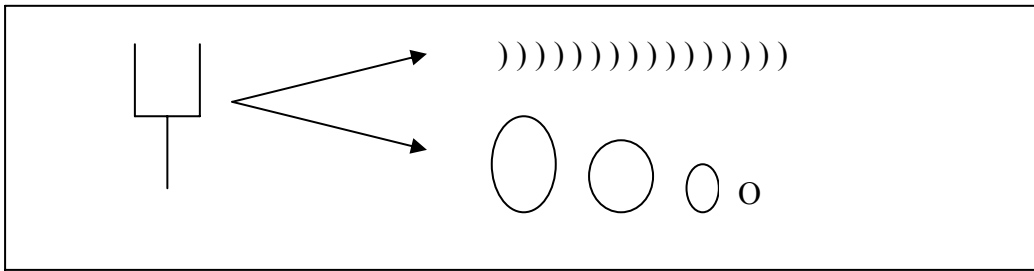
3.2. De quoi sont faits les schémas ? Quelles difficultés peuvent rencontrer les élèves ?

Il s’agit pour les élèves de comprendre peu à peu comment fonctionnent des schémas et quels sont les éléments les plus usuels dont ils sont faits. Cet apprentissage se fait tant au moment des lectures documentaires (interprétation de schémas) qu’au moment de la production d’écrits (utilisation personnelle des outils propres aux schémas).

3.2.1. Les pictogrammes et les signes, conventionnels ou particuliers

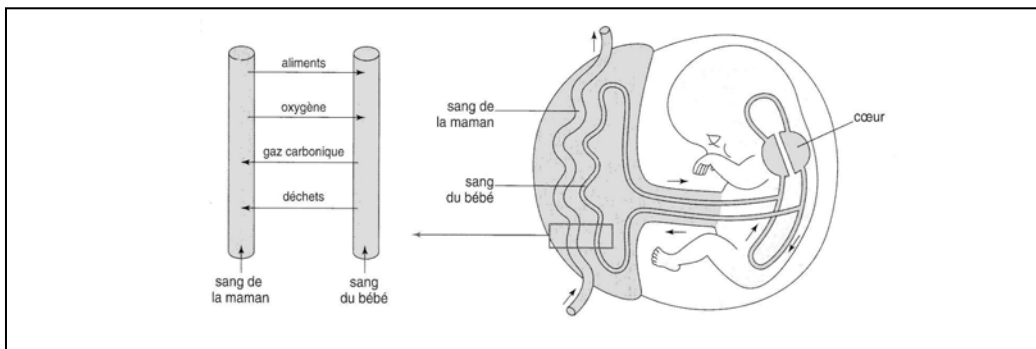
Les schémas utilisent volontiers des **pictogrammes et autres dessins symbolisant le réel**, ce qui facilite une visualisation des situations. Les schémas peuvent représenter des éléments dynamiques comme un mouvement, une évolution ou une force. Ainsi, le mouvement peut être représenté par des flèches, des traits ondulés ou des dessins successifs comme cela se fait souvent dans la bande dessinée.

Voici deux représentations du son qui émane d'un diapason. La première veut montrer un son qui reste semblable à lui-même en se diffusant. La seconde montre que l'amplitude du son diminue. Par ailleurs, le diapason est stylisé.



Certains pictogrammes et dessins stylisés font partie de notre quotidien (par exemple, les pictogrammes utilisés dans le code de la route). D'autres sont inventés par le scripteur en lien avec ce qu'il tente de clarifier par son schéma. Par exemple, un microscope peut représenter une phase d'analyse dans un processus, une tête accompagnée d'une ampoule allumée peut symboliser la naissance d'une idée.

Associés aux dessins, on trouve des **signes tels que flèches, traits ondulés, traits droits pleins ou pointillés, accolades et crochets...** Tous ces signes ont pour but de faciliter la lecture du schéma et l'expression des idées. Encore faut-il en comprendre la signification car chaque signe doit être interprété dans son contexte d'utilisation !



Dans ce schéma des échanges entre la mère et le bébé¹⁷, on découvre différents types de flèches :

- celles qui tracent le trajet du sang entre le placenta et le bébé ;
- celles qui montrent le trajet du sang dans le vaisseau de la maman ;
- celles qui montrent le sens des divers échanges entre le sang du bébé et celui de la maman ;
- celles qui désignent respectivement le sang du bébé et celui de la maman ;
- celle qui part d'un rectangle pour montrer que cette partie est agrandie à gauche.

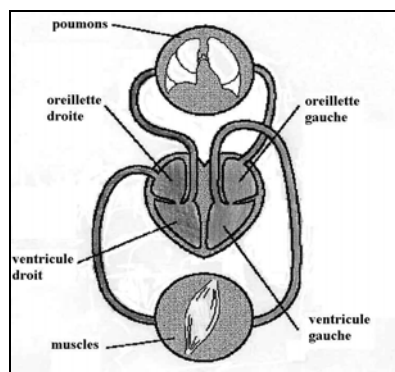
Un même dessin, pictogramme ou signe peut représenter des choses différentes. L'élève doit pouvoir **découvrir le sens caché des symboles, décoder les signes, interpréter les relations**. Si l'analogie est mal perçue, l'interprétation du schéma peut être totalement faussée.

¹⁷ Collection Tavernier (2003), *op. cit.*

3.2.2. Les éléments représentés : quantité et couleurs

Le **nombre d'éléments représentés** ainsi que **les couleurs** peuvent avoir une **signification précise, qu'elle soit conventionnelle, usuelle ou particulière.**

Ainsi, il est fréquent de représenter un seul élément d'un organisme alors qu'il y en a beaucoup. Il prend alors une valeur symbolique, comme le muscle dans le schéma de la circulation du sang présenté ci-après et issu d'un cahier d'élève.



Au niveau des couleurs, il est très courant de représenter en rouge le sang oxygéné et en bleu le sang chargé de déchets. Mais le rouge et le bleu sont aussi utilisés dans d'autres contextes pour symboliser l'eau froide et l'eau chaude !

Dans la même optique, le lecteur doit comprendre que tout ne peut être représenté dans un unique schéma. Ainsi, la schématisation de la circulation du sang montre les gros vaisseaux qui amènent le sang au cœur ou l'en éloignent. Le risque est de penser que le muscle cardiaque est lui-même alimenté par ces gros vaisseaux alors que ce rôle est joué par les vaisseaux coronaires.

Le type d'éléments représentés, leur nombre et leurs couleurs sont des **indices symboliques** qu'il convient d'**interpréter** chaque fois **en contexte.**

3.2.3. Les titres, les légendes et les annotations

Un bon lecteur se tourne rapidement vers **le titre** s'il ne reconnaît pas d'emblée l'objet représenté. Mais il peut être surpris par la complexité des mots ou expressions utilisés.

Exemples :

- « Coupe du rein gauche »
- « La fécondation de la fleur est réalisée : les pétales tombent »¹⁸
- « Composition spectrale de la lumière blanche »

Le titre peut aussi être imagé et le lecteur doit alors en inférer la signification comme dans l'exemple suivant qui porte sur le circuit de l'eau domestique, mais cela ne permet pas toujours à l'élève de comprendre exactement de quoi il s'agit. Une explication est nécessaire.

¹⁸ Ce type de formulation est fréquent dans les sous-titres notamment pour désigner les étapes d'un processus.

« L'eau que je bois, 7 autres personnes l'ont bue avant moi ! »¹⁹.

Par ailleurs, il est très rare de trouver un schéma sans quelques mots d'accompagnement : **légende, annotations diverses, commentaires**. Ces mots, expressions et petits textes explicitent le schéma et permettent d'**en identifier** les différentes parties. Cependant certains mots peuvent rester incompris.

Dans le schéma des échanges entre mère et bébé, l'expression « gaz carbonique » renvoie à une réalité que le lecteur peut ignorer. Grâce au schéma, il peut apprendre que du gaz carbonique va dans le sang de la maman. Mais sans informations complémentaires, il ne peut en inférer ce que cela signifie exactement.

Nommer ne suffit pas ! Il faut aussi comprendre ce qu'est l'élément désigné et sa fonction dans l'ensemble de la situation représentée.

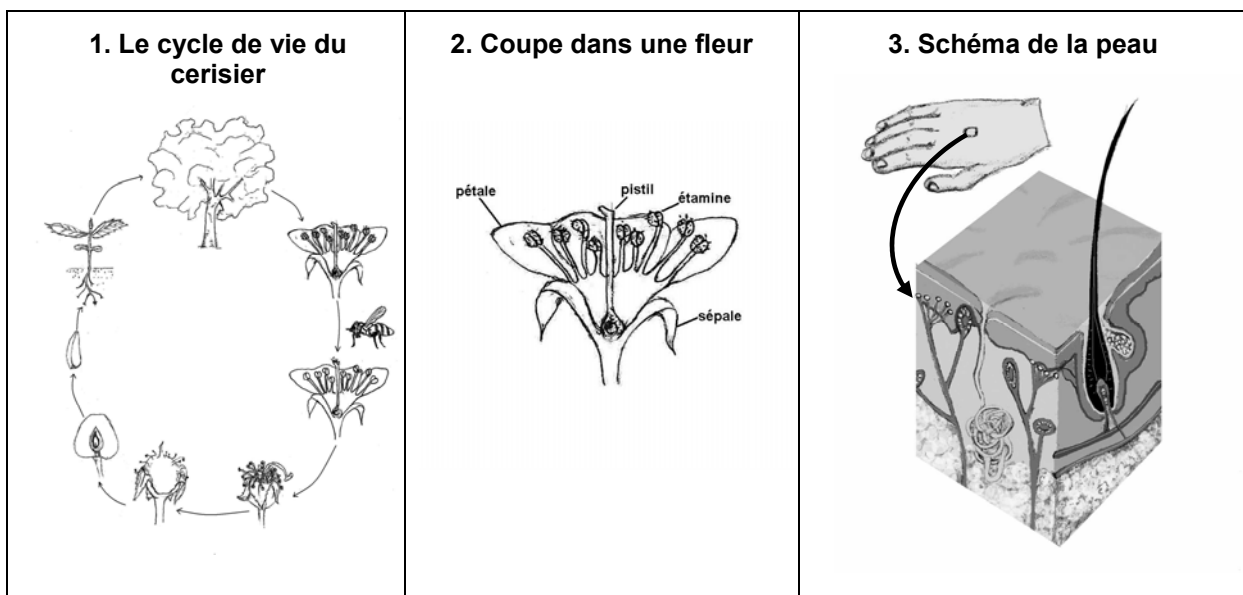
3.2.4. L'échelle, les proportions, la perspective

L'**agrandissement ou la réduction à l'échelle** de certains éléments représentés peut rendre difficile la compréhension de l'ensemble.

Exemples :

- Agrandissement d'éléments microscopiques (un globule rouge).
- Réduction de systèmes complexes (les planètes).

Selon les cas, les schémas respectent ou non **les proportions relatives des éléments** ou les **distances relatives** entre eux. Ainsi, le schéma peut viser la mise en évidence de relations (lien entre la main et l'agrandissement dans la coupe de la peau ci-dessous) ou des moments d'une évolution (cycle de vie d'un animal ou d'un végétal). Mais parfois il est impossible de préserver une proportionnalité relative des éléments représentés comme c'est le cas dans le cycle de vie du cerisier où il faut représenter à la fois une graine, une fleur, un arbre, une abeille... (Illustration 1).



¹⁹ Extrait d'un document présenté dans : Zoom 10/12 (2003). *Eveil scientifique, historique, géographique. Recueil de documents*. Wavre : Van In, p. 118.

La **perspective (coupe, plan, dessin en 3D)** est un paramètre qui peut s'avérer très complexe. Par exemple, dans la coupe d'une fleur (illustration 2), le lecteur peut éprouver quelques difficultés à comprendre le point de vue adopté par celui qui a produit le schéma et à expliquer pourquoi on voit l'intérieur de la fleur. La difficulté est évidemment accrue lorsque ce paramètre se combine à d'autres, comme c'est le cas dans la représentation en 3D de la coupe dans la peau (illustration 3), où il faut prendre en compte la perspective en même temps que l'agrandissement d'éléments microscopiques.

Pour progresser dans la compréhension de ces paramètres, il faut apprendre à les utiliser soi-même : dessiner des objets à l'échelle, en perspective... Par exemple, schématiser un cube de peau prélevé dans une orange de montagne ou dessiner un demi-fruit coupé tantôt verticalement, tantôt transversalement, ou encore schématiser un dispositif expérimental... Toutes ces activités encouragent la compréhension des schémas et notamment la prise en compte du point de vue adopté par le scripteur.

Agrandissement, réduction, respect des proportions, perspective... autant d'éléments à prendre **progressivement** en compte dans la lecture ou l'**élaboration** personnelle de schémas à l'occasion d'**activités significatives**.

3.2.5. **Indispensable : prendre en compte simultanément plusieurs critères**

Pour interpréter correctement un schéma, il convient de **prendre simultanément en compte plusieurs critères**. Ainsi, face au schéma de la peau ci-avant, il faut associer différents éléments d'analyse :

- « *Il s'agit de l'intérieur de la peau.* »
- « *C'est un agrandissement d'éléments microscopiques.* »
- « *C'est un petit cube de peau du dos de la main.* »

Chercheur : Qu'est-ce que c'est ?

Élève : *C'est une partie de la peau. Donc là, il y a la peau et puis il y a l'intérieur. Là c'est l'extérieur (elle montre le dessus de l'agrandissement). C'est ce qu'on voit. Et là, c'est à l'intérieur (elle montre l'ensemble du cube sous la surface)*

C : Pourquoi a-t-on dessiné une flèche là (de la main à l'agrandissement)?

E : *Pour montrer, pour voir quelle partie de la main c'est. Parce qu'il y a plusieurs parties dans la main.*


C : Pourquoi a-t-on dessiné une petite main et une grande peau ?

E : *Parce qu'on l'a agrandie pour qu'on comprenne mieux. Parce que si on voit une main comme ça on ne comprend pas bien quand c'est petit.*

(Extrait d'entretien avec un élève de 6^e année)

Les schémas et chacun de leurs éléments prennent pleinement leur sens dans un contexte plus large. Mais celui-ci peut être méconnu du lecteur avec pour conséquence des erreurs dans la compréhension exacte des informations données.

Comment interpréter la flèche qui va de l'arbre à la fleur ?



Échange entre deux élèves :

E1 : *On part de l'arbre.*

E2 : *Oui et après ça fera quoi ? C'est une fleur mais ce n'est pas possible que ce soit une fleur dans la terre. Elle est où ?*

Trois interprétations données par les élèves :

- *L'arbre se transforme en fleur.*
- *L'arbre produit la fleur.*
- *On regarde à l'intérieur du cerisier.*

3.3. Pour aider les élèves

Pour que les élèves interprètent avec pertinence les schémas qu'ils rencontrent dans leurs lectures documentaires et pour qu'ils s'en approprient peu à peu les règles d'élaboration et de fonctionnement, quelques pistes peuvent être poursuivies.

3.3.1. Mettre régulièrement les élèves en contact avec des schémas diversifiés

En effet, comme il existe peu de règles explicitement définies pour la lecture ou la construction de schémas, le meilleur moyen pour en faire de véritables outils de pensée est d'y être souvent confronté.

3.3.2. Encourager, par des questions appropriées, la verbalisation des informations

Cette verbalisation portera non seulement sur le contenu du schéma mais également sur la manière dont il a été construit ou dont on veut le construire soi-même.

En lecture :

- De quoi parle-t-on dans ce schéma ? Comment le sais-tu ? Donne quelques détails significatifs.
- Y a-t-il des pictogrammes ou des signes que tu ne comprends pas ? Comment pourrait-on découvrir leur signification ?
- Quel est le point de vue adopté par celui qui a dessiné le schéma ? Voit-on les éléments d'un angle de vue particulier ? Par transparence ? En coupe ? Etc.
- Est-ce que ce schéma représente exactement la réalité ? Quelles différences remarques-tu avec l'objet réel d'observation ou ce que tu en sais ? Comment se

fait-il que tel ou tel élément représenté sur le schéma n'existe pas tel quel dans la réalité (ou inversement) ?

- Quels liens peut-on faire entre le schéma et tel autre support (par exemple une photo ou un texte)? Quelles informations spécifiques apporte le schéma ?
- Quel est ton avis personnel sur ce qui est expliqué dans le schéma ? Qu'est-ce que tu as appris ? Qu'est-ce que tu ne comprends pas ? Y a-t-il des choses avec lesquelles tu n'es pas d'accord ?
- Etc.

En écriture :

- Pourquoi fais-tu un schéma ? Que veux-tu dire, expliquer, montrer avec ton schéma ?
- Que vas-tu choisir comme signes, pictogrammes, couleurs, etc. pour qu'un maximum de personnes le comprennent ?
- Est-ce que ton écrit est complet ? Une personne qui le découvre peut-elle comprendre clairement ce que tu as représenté ? N'y a-t-il pas des précisions à y apporter ?
- Ce que tu as mis dans ton schéma est-il correct ? Ton schéma exprime-t-il bien ton point de vue ?
- Penses-tu que les pictogrammes ou les signes choisis seront compris par d'autres personnes que toi ? L'angle sous lequel tu as représenté tel objet d'observation est-il clair ?
- Etc.

3.3.3. Encourager les élèves à replacer chaque élément dans le schéma total afin de découvrir les significations implicites, de faire « parler » le document

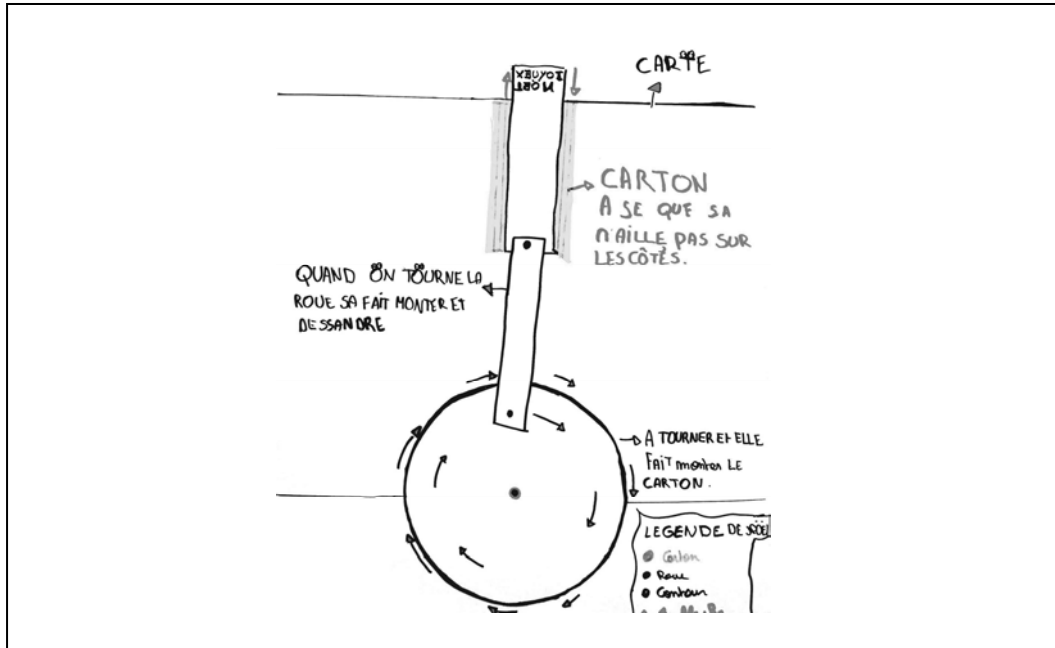
Cette habitude est essentielle car beaucoup d'enfants ont tendance à repérer des détails et à s'y cantonner pour deviner à partir de là ce dont on parle. C'est pourquoi, nommer les éléments d'un schéma ne suffit pas en soi. Il faut en comprendre la signification en contexte.

Par exemple :

- Pourquoi a-t-on dessiné tel pictogramme ? Que veut-il dire dans le contexte ?
- Pourquoi a-t-on utilisé des types de flèches différentes ? Que veulent-elles dire chacune dans le contexte ?
- Etc.

Le même type de questions peut, évidemment, être formulé à propos d'un schéma produit par un élève.

Voici une affiche réalisée par un groupe d'élèves à propos de la carte animée²⁰.



Différents aspects peuvent être commentés par les élèves. En voici quelques exemples.

- *Les signes adoptés* : les flèches ont-elles toutes la même signification ? (Mouvement rotatif de la roue, mouvement de haut en bas de la carte, désignation de la fonction des éléments représentés).
- *La fonction et le nom des éléments* : les élèves ont bien expliqué la fonction des éléments. Peuvent-ils mettre un nom sur certains d'entre eux ? (Par exemple, la bielle).
- *Une explication relative au fonctionnement du système* : pourquoi l'attache qui fixe la bielle (la « barre ») à la roue est-elle décentrée ? (Pour permettre le mouvement de haut en bas de la barre).
- *La présentation générale* : pourquoi la roue est-elle si grande ? Les proportions ont-elles été respectées ? Si non, pourquoi ? (Souvent, les élèves utilisent un compas pour tracer la roue. De ce fait, ils ont tendance à faire une trop grande roue et n'ont plus assez de place pour le reste, ce qui rend le dessin quelque peu disproportionné.)
- *Un détail particulier* : Pourquoi ont-ils écrit « Joyeux Noël » à l'envers ? (Ici, les élèves avaient écrit ce qu'ils voyaient « par transparence »).
- *Etc.*

Les questions peuvent être posées au groupe lui-même mais aussi aux autres élèves de la classe qui observent l'affiche. Cette deuxième formule présente l'avantage de montrer au groupe ce qui est confusionnel dans son affiche, ce qui pose problème aux autres. Au niveau de la classe, cela permet d'améliorer la lecture des schémas en se posant des questions à différents niveaux d'une part, et en essayant de comprendre le point de vue de ceux qui les ont dessinés d'autre part. En comparant ce point de vue au leur, les élèves peuvent améliorer leur compréhension du mécanisme observé et de sa représentation.

Aider les élèves à améliorer leurs schémas doit leur permettre de **mieux exprimer leur point de vue**. En aucun cas, il ne s'agit d'exercer pour elles-mêmes des règles rigides de fonctionnement des schémas car cela aurait pour conséquence de freiner la construction de la pensée et non de la stimuler.

²⁰ Voir activité détaillée page 73.

CH. 4. LES TABLEAUX À DOUBLE ENTRÉE : APPROCHE SPÉCIFIQUE

4.1. Quelles sont les particularités des tableaux à double entrée ? De quoi sont-ils faits ?

Contrairement à d'autres supports écrits utilisés en sciences, les tableaux présentent quelques caractéristiques communes. Ainsi, tous les tableaux à double entrée contiennent des **cases** organisées en **lignes** et en **colonnes**. Cet ensemble est généralement structuré par une ou deux **marges**²¹.

Exemple : Le réseau alimentaire dans la haie

 <i>est mangé par</i>	Hermine	Musaraigne	Faucon crécerelle	Mulot
Musaraigne	Oui	Non	Oui	Non
Criquet	Non	Oui	Non	Non
Feuilles	Non	Oui	Non	Non
Noisettes	Non	Non	Non	Oui
Graines diverses	Non	Non	Non	Oui

La marge verticale présente une série d'animaux et de végétaux; la marge horizontale envisage une liste d'animaux ; la première case du tableau appelée « case externe » exprime le lien entre les deux marges (« est mangé par ») ; le contenu des cases est de type binaire (oui/non). L'ensemble des informations ainsi présentées clarifie le réseau alimentaire dans la haie.

De nombreux tableaux proposent au moins une **liste ordonnée d'éléments**. Ces derniers sont parfois classés par ordre alphabétique ou par ordre chronologique, ce qui facilite un repérage rapide des informations. Ces listes structurantes sont parfois mises en évidence (par exemple, elles sont en caractères gras, comme dans le tableau ci-dessus) mais ce n'est pas toujours le cas et les repérer peut poser problème.

La présence ou non d'une case externe est également un élément clé dans la lecture ou la construction d'un tableau. Elle peut avoir diverses significations, selon la nature du tableau :

- soit elle précise le lien entre les données présentées en lignes et celles en colonnes, comme dans l'exemple du réseau alimentaire dans la haie ;
- soit elle donne la caractéristique commune entre les divers éléments présentés en ligne ou en colonne, comme dans l'exemple suivant.

²¹ Des tableaux sans marge peuvent exister. Ils ont alors la forme d'un échiquier.

Exemple : Les besoins énergétiques des garçons et des filles (en calories) en fonction de l'âge

Age (en années)	<1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	<1
Garçons	820	1180	1360	1560	1720	1870	2010	2140	2260	2380	2500	2600	2700	820
Filles	820	1180	1350	1520	1670	1790	1900	2010	2110	2210	2300	2350	2400	820

Ce tableau est repris tel quel d'un cahier d'élève de 6^e primaire. La case externe ne mentionne qu'une seule liste structurante, sans doute celle qui paraissait prioritaire au concepteur du tableau. Il aurait été plus correct d'indiquer dans cette case externe les deux variables en présence, à savoir l'âge d'une part, le sexe d'autre part.

Une autre caractéristique non négligeable des tableaux est la **possibilité ou l'impossibilité de cases vides**. Cette question peut être cruciale dans le cadre de la construction de certains types de tableaux : une fois les marges définies, toutes les cases pourront-elles être remplies ou non ? Le fait de se poser cette question est une excellente manière de prédire des phénomènes ou des objets dont on n'a pas encore connaissance.

Un exemple historique est l'élaboration du tableau de Mendeleïev. Ce dernier constate qu'en rangeant les 63 éléments chimiques, alors connus, par masse atomique croissante, il retrouve, à intervalles réguliers, des éléments dont les propriétés chimiques sont proches. Dans son tableau, il les regroupe en cinq familles en suivant des lignes.

- Pour respecter les propriétés chimiques, il est obligé de faire quelques inversions. (Ex. : l'iode I et le tellure Te).
- Il laisse également des cases vides, supposant qu'elles correspondraient à des éléments inconnus, dont il va prévoir les principales propriétés.

Son travail ne sera reconnu que lorsque ces éléments auront été découverts avec les propriétés prévues.

Au-delà de ces quelques caractéristiques communes, les tableaux peuvent être extrêmement diversifiés. Ils peuvent différer²² :

- **par leur disposition formelle** : présence d'une ou deux marges, marges subdivisées... ;
- **par le type d'informations qu'ils renferment** : nombres, mots, dessins, petites unités textuelles... ;
- **par leur utilisation et leur fonctionnement** : simple consultation, analyse approfondie...

Les quelques exemples suivants illustrent cette diversité.

Exemple 1 : Tableau de variations de durée des journées.

Jour	Heure de lever du soleil	Heure de coucher du soleil	Durée de la journée
15 avril	6h48	20h38	13h50
15 mai	5h53	21h26	15h33
15 juin	5h29	21h57
15 juillet	5h47	21h50
15 août	6h30	21h02

²² Duval (2003).

Deux marges sont ici présentes (verticale, horizontale) ; les unités d'information sont les heures signalées dans chaque cellule : dans les deux premières colonnes, il s'agit de repères horaires en début et fin de journée. Dans la dernière colonne, il s'agit de durées. Les informations à placer dans cette colonne peuvent être calculées en comparant les heures de lever et de coucher du soleil pour chacun des jours envisagés. La case externe (« jour ») donne une caractéristique commune aux deux listes.

Exemple 2 : Tableau de superposition de liquides : ordre dans lequel ils sont versés.

Premier liquide versé \ Second liquide versé	Eau	Huile	Sirop
Eau	Miscible	Non miscible	Miscible
Huile	Non miscible	Miscible	Non miscible
Sirop	Miscible	Non miscible	Miscible

Ce tableau donne les résultats d'une expérience. Deux marges le structurent. Même si ces marges sont composées d'éléments identiques, l'accent est mis sur l'ordre dans lequel les liquides sont versés, ce qui est précisé dans la case externe partagée. Les unités informatives contenues dans les cellules sont des mots.

Exemple 3 : Tableau de multiplications.

X	0	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5
2	0	2	4	6	8	10
3	0	3	6	9	12	15
4	0	4	8	12	16	20
5	0	5	10	15	20	25

L'organisation des produits de nombres naturels compris entre 1 et 5 sous la forme d'un tel tableau permet non seulement d'établir la liste de tous les produits possibles mais aussi de faire apparaître certaines propriétés de la multiplication : la présence d'un élément absorbant (0), d'un élément neutre (1) et la commutativité de la multiplication (dans ce tableau, les produits se présentent symétriquement par rapport à l'une des diagonales qui comporte les carrés des nombres). Toutes les informations contenues dans le tableau sont étroitement liées entre elles par des liens logico-mathématiques. La case externe est mise en évidence et exprime la relation qui lie les nombres figurant dans les marges.

Exemple 4 : Tableau du nombre de réussites et d'échecs à un test passé avant et après un cours.

		Après le cours	
		Réussite	Échec
Avant le cours	Réussite	40	10
	Échec	30	20

Le tableau se lit de la manière suivante : 40 élèves ont réussi le test avant et après le cours ; 30 élèves ont échoué au test avant le cours mais l'ont réussi après ; etc.

Les marges de ce tableau sont subdivisées : il existe des « supermarges » (avant-après) qui chapeautent les autres (réussite-échec). Les unités informatives sont des nombres. Il n'y a pas de case externe.

Ces exemples montrent que, si la plupart des tableaux à double entrée se ressemblent visuellement, ils ne fonctionnent pas tous de la même manière. En conséquence, ils ne se lisent pas, ne se remplissent pas et ne se construisent pas non plus de la même manière.

4.2. Deux règles majeures de fonctionnement

Les tableaux à double entrée remplissent une fonction de **séparation claire et visuelle de données**, indispensable pour permettre un **repérage quasi immédiat de l'information**. Cette caractéristique a deux conséquences.

- Les cases du tableau ne peuvent contenir des morceaux entiers de texte.
- Toute relation d'inclusion entre deux cases d'un même tableau est exclue : la séparation visuelle en case doit correspondre à une disjonction des données.

Ces deux caractéristiques rendent alors possible la **mise en correspondance entre des lignes et des colonnes**. Celle-ci se réalise **dans chacune des cases du tableau**. Du fait du caractère concis des tableaux, les informations présentées peuvent être appréhendées de manière plus globale, permettant alors **d'observer un ensemble de données et d'en dégager des constats**.

Exemple : Un tableau présentant un relevé de températures prises à un intervalle de temps constant dans deux récipients, l'un à l'air libre et l'autre, entouré de carton.

Temps (en min)	Températures (en °C)	
	Récipient à l'air libre	Récipient entouré de carton
0	50	50
10	44	46
20	38	42
30	35	39
40	32	36

Ce tableau permet de voir rapidement qu'après 20 minutes, la température de l'eau s'élève à 42°C dans le récipient entouré de carton. A un niveau plus global, on peut comparer l'évolution de la température dans chacun des récipients et conclure que l'eau refroidit moins vite dans le récipient isolé.

4.3. Comment les élèves appréhendent-ils ces tableaux ? Quelles sont leurs potentialités et leurs difficultés dans la lecture ou la production de ceux-ci ?

4.3.1. En lecture, si le repérage immédiat est à la portée de tous, un traitement global des données du tableau s'avère souvent plus complexe

Dans le domaine de la lecture de tableaux, une évaluation externe menée en 2003 dans le domaine scientifique et soumise à tous les élèves de début de première année secondaire en Communauté française²³ fait apparaître trois niveaux de difficultés dans le domaine de la lecture d'un tableau récapitulatif :

1. Repérer une information explicite en opérant un double balayage (vertical et horizontal) semble à la portée d'une majorité d'élèves (les taux de réussite sont en effet supérieurs à 60 %).
2. Lorsqu'il s'agit de réaliser une lecture plus globale d'un tableau pour en dégager des tendances par exemple, les résultats chutent considérablement (ils avoisinent les 50 %).
3. Les élèves éprouvent également d'importantes difficultés lorsqu'il s'agit de mettre en relation des informations présentes dans deux tableaux en vue de déduire une nouvelle information (les résultats avoisinent alors les 25 %).

La situation suivante, proposée aux élèves en début de première année secondaire dans le cadre des évaluations externes non certificatives menées en 2003, permet d'illustrer les potentialités et les difficultés des élèves face à l'exploitation d'un tableau à double entrée.

8. Les échanges gazeux				
Lis le tableau suivant.				
	Dans 100 ml d'air		Dans 100 ml de sang	
	A l'arrivée dans les poumons (air inspiré)	A la sortie des poumons (air expiré)	A l'arrivée dans les poumons	A la sortie des poumons
Quantité d'oxygène	21 ml	16 ml	14 ml	20 ml
Quantité de gaz carbonique	0,03 ml	5 ml	60 ml	50 ml

a) En te basant sur les données du tableau, complète les phrases suivantes :

100 ml d'air expiré contiennent ml de gaz carbonique.

A la sortie des poumons, 100 ml de sang contiennent 50 ml

b) Compare les données relatives au sang à l'arrivée et à la sortie des poumons. Quelles constatations peux-tu en tirer ?

Fais une croix dans la case qui convient.

- La quantité d'oxygène a d'abord diminué (de 21 à 16 ml pour 100 ml de sang) et puis elle a augmenté (de 14 à 20 ml pour 100 ml de sang).
- La quantité d'oxygène a augmenté (de 14 à 20 ml pour 100 ml de sang) et celle de gaz carbonique a diminué (de 60 à 50 ml pour 100 ml de sang).
- La quantité de sang a augmenté à l'arrivée dans les poumons (de 14 à 60 ml de sang) et elle a encore augmenté à la sortie (de 20 à 50 ml de sang).

²³ Ministère de la Communauté française (2003). Evaluation externe en formation scientifique en 1^{re} année de l'enseignement secondaire. Résultats et commentaires. <http://www.enseignement.be/index.php?page=25186>

Si une majorité d'élèves réussissent la première question (plus de 60% de réussite à la question a), à peine un élève sur deux parvient à décrire plus globalement les informations présentées dans le tableau (51% de réussite à la question b).

4.3.2. En production écrite, la construction d'un tableau représente souvent une tâche complexe pour les élèves

Si remplir l'intérieur d'un tableau en respectant les contraintes de marges prédéfinies est une tâche que les élèves maîtrisent en général assez bien, **élaborer un tableau dans son entièreté** en définissant les marges et les unités d'information à placer dans chaque cas, ainsi qu'en menant une réflexion sur l'éventuelle possibilité de cases vides est une tâche véritablement complexe pour les élèves.

Lors de l'exploitation de deux activités²⁴, les élèves ont été amenés à élaborer des tableaux à double entrée comportant deux marges structurantes²⁵ :

- dans une des activités il s'agissait de réaliser un tableau présentant les températures de l'eau contenue dans deux récipients (l'un étant isolé avec du carton et l'autre pas) à un intervalle de temps constant (toutes les dix minutes) ;
- la seconde consistait à organiser en tableau des informations concernant différents types de renards que l'on trouve à trois endroits très contrastés du globe (le renard polaire dans les régions arctiques de l'hémisphère nord, le renard roux dans des climats tempérés et le fennec dans le désert) afin de mettre en évidence leurs adaptations respectives aux conditions atmosphériques auxquelles ils sont soumis. Les informations à comparer étaient présentées dans trois textes informatifs d'une demi-page chacun environ.
- *Le caractère concis des informations à indiquer dans chaque case*

Il est assez logique que cette difficulté n'apparaisse pas lors de la réalisation d'un tableau de nombres (une case = une donnée numérique). En revanche, les élèves éprouvent plus de difficultés pour synthétiser en quelques mots des informations relatives aux animaux de l'extrême, comme l'illustrent les exemples suivantes :

Exemple 1

	fennec	polaire	Roux
finique	oreilles ronds avec des grandes oreilles	petit œille au niveau aplatis, des pattes, est une queue courte	oreilles roses fineses au presque gris avec des yeux jaunes, des oreilles et sur queu il a des oreilles de taille moyenne.

Les élèves disposent d'informations assez précises sur chaque animal et ont des difficultés pour cerner celles qui sont intéressantes à comparer.

²⁴ Ces deux activités sont détaillées pages 151 (Approche de l'isolation) et 135 (Les animaux de l'extrême).

²⁵ Des exemples de tableaux sont analysés dans les pages suivantes.

Exemple 2

La difficulté est apparue de manière manifeste lors de la réflexion sur le régime alimentaire des trois animaux. Dans la documentation analysée par les élèves, les listes des aliments consommés sont à la fois impressionnantes (puisque les renards sont tous omnivores) mais aussi très contrastées (étant donné que les renards vivent dans des milieux très différents). Des débats ont été menés lors de la confrontation des tableaux produits par les élèves pour réfléchir ensemble aux informations les plus pertinentes à indiquer.

	mode de vie	durée de vie	poide	alimentation	habitat	taille longueur	pelage physique: museau, oreilles, et queue
renard polaire	groupes	+ 10 ans	4 kg	carcasses d'animaux, oeufs d'oiseaux, petits mammifères		de 53 à 55 cm	en hiver: blancs, longs et denses en été: à des petites oreilles, un museau arqué et une queue courte
renard roux	groupes	+ 3 ans (jusqu'à 10 ans en milieu protégé)	de 3 à 7 kg	lapin, vers, grenouille, souris, fruits, animaux morts et débris...		58 à 90 cm	Oreilles de taille
fennec	groupes	10 ans	de 1 kg à 1,5 kg	omnivore fruits, insectes, oiseaux, petits mammifères...		20 cm (+ 15 cm pour les oreilles)	couleur sable

Certains élèves ont pensé qu'il serait judicieux de classer les aliments selon leur nature (animale-végétale), d'autres estimaient que quelques exemples suffisaient (c'est le cas de la production ci-dessus). D'autres enfin ont opté pour l'information « omnivore » qui leur paraissait convenir aux trois animaux.

Bien plus que la solution finalement choisie, c'est sans aucun doute la réflexion sur le type d'informations pertinentes à indiquer qui s'est avérée la plus intéressante.

- La réflexion sur les informations à indiquer dans les marges du tableau

Dans les deux activités (celle relative à la comparaison de l'évolution de la température dans deux récipients – l'un étant isolé et l'autre pas - et celle s'intéressant à la comparaison des conditions de vie de trois renards), des difficultés se sont manifestées lors de la réflexion sur les marges du tableau. Si dans un cas comme dans l'autre, l'une des deux marges s'est imposée rapidement (une colonne par récipient dans un cas, et une colonne par animal envisagé dans l'autre), la définition de la seconde marge a été source de difficultés pour beaucoup d'élèves, comme l'illustrent les productions suivantes.

Exemple 1 : La difficulté de sélectionner l'information à indiquer dans la marge

Départ 25°	Carton	verre
1 ^{er}		
(10 min) 2 ^{ème}	51°	49°
(10 min) 3 ^{ème}	45°	40°
(10 min) 4 ^{ème}	43°	36°
(10 min) 5 ^{ème}	40°	33°
(10 min)	39°	30°

Dans la situation sur l'isolation des récipients, les élèves ont eu beaucoup d'hésitations sur la manière d'indiquer les informations relatives au temps : faut-il indiquer l'heure précise à laquelle la prise de mesure a eu lieu, l'intervalle de temps constant de 10 minutes ou le numéro d'ordre de la prise de mesure ?

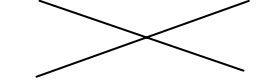
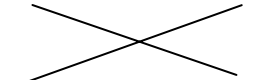
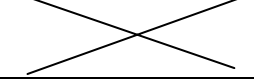
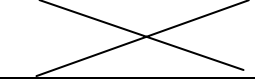
Exemple 2 : La présence explicite d'une seule marge structurante (les renards), alors que la seconde est implicite dans les informations données.

Renard Palâtre	Renard Roux.	Fennec.
Ces caractéristique sont petite pour garder la chaleur, et pouvoir s'opposer au froid.	Les oreille sont de taille moyenne	oreilles ^{non grande} se réajustent en capturant le vent

Dans cette production, les élèves évoquent une marge implicite liée à la taille des oreilles. Ce caractère implicite les contraint à bon nombre de répétitions (« Ces caractéristiques sont », « ces oreilles sont », « oreilles sont »).

Exemple 3 : La répétition dans chaque case des informations déjà indiquées dans les marges.

Le problème est présent dans cette production où il s'agissait de comparer trois animaux de nos régions. Si les critères de comparaison sont ici tout à fait explicites, l'élève juge utile de les répéter dans les cases.

	<i>Le campagnol</i>	<i>Le faisán</i>	<i>Le sanglier</i>
Habitat	<i>Il habite les champs.</i>	<i>Il habite dans un nid, au sol, dans des endroits protégés.</i>	<i>Il habite dans la forêt.</i>
Durée de vie	<i>Le campagnol peut vivre 2 ans.</i>		<i>Le sanglier peut vivre entre 10 et 15 ans.</i>
Taille		<i>La taille mesure 16 à 89 cm de longueur.</i>	<i>La taille mesure de 1 à 2 m de haut et de 60 à 110 cm au garrot.</i>
Alimentation	<i>Il se nourrit du lait maternel.</i>	<i>Il se nourrit de végétaux, de limaces, d'escargots et d'insectes.</i>	<i>Il se nourrit de glands, de racines, de tubercules.</i>
Poids			<i>Le sanglier pèse 170 kg.</i>

- *Le statut de la case externe*

D'autres difficultés concernent la case externe. Bon nombre d'élèves la complètent coûte que coûte comme c'est le cas dans la production de la page précédente : les élèves précisent la température de l'eau au départ (avant qu'elle ne soit chauffée à 51°C). Les confrontations à ce sujet lors des débats autour des tableaux produits par les élèves ont montré que certains ne savaient pas ce qu'il fallait mettre dans cette case et ont donc choisi d'y indiquer des informations parfois aussi générales que leur prénom.

Les différentes difficultés évoquées dans ce chapitre montrent **l'intérêt que peut avoir la production d'un tableau** pour comprendre en profondeur ses éléments constitutifs (caractère concis des informations contenues dans les cases, marges et case externe).

4.4. Quelques pistes pour aider les élèves à lire et élaborer des tableaux

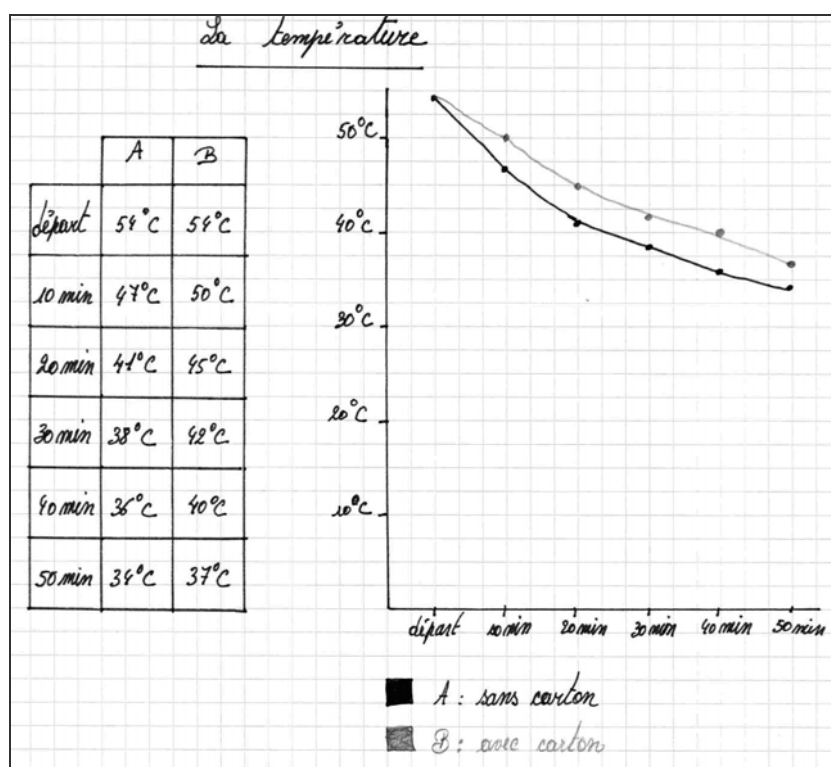
4.4.1. Dans le domaine de la lecture

C'est principalement le traitement global sur les données qui pose problème aux élèves. Comment aider les élèves à dépasser le simple repérage de l'information ?

Outre des discussions avec toute la classe sur les lectures possibles d'un tableau, proposer aux élèves de présenter des données sous une autre forme peut s'avérer un moyen efficace pour les aider à envisager ces données de manière plus globale.

Illustration

Les élèves étaient amenés à recueillir, dans un tableau, des données relatives à la diminution de la température dans deux récipients d'eau chaude (à 54°C) mis dans une pièce à température ambiante, l'un des deux récipients étant isolé par une couche de carton et l'autre pas. Afin d'aider les élèves à traiter plus globalement les données du tableau réalisé, l'enseignant leur a proposé d'élaborer un graphique permettant de visualiser l'évolution des données.



L'analyse de tels tableaux permet aux élèves de mieux comprendre les règles de fonctionnement de ceux-ci (rôle des marges, de la case externe, caractère nécessairement concis de l'information). On peut penser qu'une fois ces éléments précisés, les élèves aborderont la lecture de tableaux avec un regard plus éclairé, celui-ci influençant à son tour les constructions des tableaux et ainsi de suite.

4.4.2. Dans le domaine de la production écrite

Différentes pistes peuvent également être avancées pour aider les élèves à progresser dans ce domaine.

Lors de la mise en œuvre des activités dans les classes, trois démarches se sont avérées particulièrement fructueuses.

- **La mobilisation a priori des connaissances sur le sujet traité**

Cette stratégie d'enseignement permet de focaliser, dès le début de l'activité, l'attention sur des critères de comparaison permettant de définir l'une des marges d'un tableau comparatif.

Dans plusieurs classes, l'enseignant a réalisé un premier débat sur le renard, en proposant aux élèves d'imaginer trois renards : l'un vivant chez nous ; un deuxième, dans le désert et le troisième, dans les grands froids. Les élèves disposaient alors de deux minutes pour réfléchir aux adaptations de ces animaux à leurs milieux de vie respectifs. Un débat a été mené et a débouché sur trois types d'adaptations que l'enseignant a notés au tableau.

- Adaptation physique²⁶ : « *Comme dans un cas il fait très froid et dans l'autre, très chaud, les pelages doivent être assez différents.* ».
- Adaptation liée à l'habitat : « *les terriers du désert sont sûrement creusés dans le sable alors que chez nous, c'est dans la terre qu'ils le creusent.* ».
- Adaptation liée à la nourriture : « *au pôle sud, les renards doivent sans doute manger du poisson alors que chez nous, ce sera plutôt de petits animaux des forêts.* ».

Les élèves ont ainsi démarré la lecture d'informations sur les trois animaux avec des premiers indicateurs de comparaison (physique – habitat – nourriture). Dans plusieurs productions, ces trois types d'adaptations figurent dans l'une des marges du tableau, complétées par d'autres au fur et à mesure des lectures et des débats qui les ont suivis.

- **L'élaboration d'une synthèse comprenant quelques éléments à prendre en compte pour réaliser un tableau.**

Dans une des classes, l'enseignant a organisé la synthèse autour de deux questions, une fois les tableaux des élèves analysés.

Instituteur : Si vous deviez donner des conseils à un élève qui doit faire un tableau, quels conseils lui donneriez-vous ?

Trois conseils ont pu être dégagés :

- 1) comparer toutes les informations et relire les textes après pour voir si on n'a rien oublié ;
- 2) écrire des phrases courtes (ne mettre que ce qui est essentiel) ;
- 3) écrire dans la première colonne ce qu'on compare (par exemple, la nourriture ou l'habitat) ;
- 4) vérifier qu'on peut très vite voir une information sans devoir trop lire.

Instituteur : Et finalement, après avoir discuté autour de tous vos tableaux, qu'est-ce qui selon vous fait qu'un tableau est bon ?

Élèves : *Il faut qu'on voie très rapidement ce qu'on cherche en regardant d'abord la première ligne et la première colonne pour bien comprendre les informations écrites dans les cases.* »

Les réponses apportées par les élèves laissent penser qu'ils ont repéré deux éléments clés du tableau : l'organisation en marge, ainsi que la nécessité de réduire au maximum les informations à écrire dans les cases. Une formulation de ces constats par écrit permet de garder trace des apprentissages métacognitifs réalisés dans le domaine.

²⁶ Les commentaires en italique correspondent aux éclaircissements apportés par les élèves en cours de débat.

- **La critique de tableaux réalisés par des élèves inconnus**

Verbaliser les caractéristiques d'un bon tableau n'est pas toujours une tâche facile pour les élèves. Cette réflexion peut prendre appui sur des propositions de tableaux réalisés par des enfants que personne ne connaît. Cela peut éviter de focaliser l'attention sur une production d'un élève de la classe et ainsi dégager la critique de contraintes affectives qui peuvent parfois entraver une réflexion en profondeur sur les qualités d'un tableau à double entrée.

Différents éléments doivent être retravaillés (l'aspect concis des informations à présenter dans les cases, l'absence de marges ou le caractère imprécis de celles-ci, ...). Ces documents ont été proposés lors d'entretiens individuels avec des élèves de 5^e et 6^e années. On leur demandait de donner à chaque concepteur du tableau un conseil pour améliorer celui-ci. Ce travail pourrait se réaliser individuellement par écrit puis être discuté collectivement de manière à pointer quelques éléments clés dans la construction d'un tableau.

Un exemple a été donné page 61. En voici trois autres :

Exemple 1 : Le tableau ne compare pas réellement les informations. Il comporte des phrases entières qui empêchent un regard global.

<i>Les campagnols</i>	<i>Les faisans</i>	<i>Les sangliers</i>
<i>Ils naissent nus et aveugles. Ils dorment la plupart du temps et se nourrissent de lait maternel. Après 2 ou 3 jours, leurs poils commencent à pousser. Ils sont de couleur brun-gris comme les adultes. Après 7-8 jours, ils sont parfaitement formés et ouvrent les yeux.</i>	<i>A chaque couvée, il y a 16 œufs qui mettent 23 à 24 jours avant d'éclore. La couvée a lieu au printemps. La ponte a lieu dans de simples nids au sol, dans des endroits protégés, par exemple dans des buissons.</i>	<i>Les marcassins âgés de 6 mois sont rayés longitudinalement, puis ils prennent une teinte rousse uniforme jusqu'à l'âge d'un an. Plus tard, le sanglier vivra entre 10 et 15 ans.</i>

Exemple 2 : Les informations sont triées mais il manque une marge verticale structurante.

<i>Le renard</i>	<i>L'écureuil</i>
<i>Yeux fermés à la naissance 3 à 7 petits La mère allaite 2 mois L'animal reste 50 jours dans le ventre de sa mère Naît sourd Naît aveugle Nid aménagé</i>	<i>Yeux fermés à la naissance 2 à 5 petits La mère allaite 2 mois et 1 semaine environ L'animal reste 38 jours dans le ventre de sa mère Naît sourd Naît aveugle Nid aménagé</i>

Exemple 3 : Deux marges structurent le tableau. Celui-ci comporte peu de répétitions, mais certains intitulés de ligne mériteraient d'être clarifiés.

	<i>Pipistrelle</i>	<i>Chevreuil</i>	<i>Campagnol</i>
<i>Cm</i>	<i>19 cm avec les ailes</i>	<i>120 cm de hauteur</i>	<i>8 à 13 cm sans la tête</i>
<i>Vie</i>	<i>8 ans</i>	<i>10 à 12 ans</i>	<i>2 ans</i>
<i>Kg</i>	<i>5 grammes</i>	<i>26 kg</i>	<i>14 à 50 gr</i>
<i>Gestation</i>	<i>2 mois et 15 jours</i>	<i>9 mois et 15 jours</i>	<i>?</i>
<i>Amours</i>	<i>Automne</i>	<i>?</i>	<i>de mars à octobre</i>
<i>Enfants par an</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4 à 6</i>
<i>Sociabilité</i>	<i>Groupe</i>	<i>solitaire</i>	<i>groupe ou couple</i>
<i>Hibernation</i>	<i>oui</i>	<i>non</i>	<i>non</i>
<i>Nourriture</i>	<i>Insectivore</i>	<i>herbivore</i>	<i>granivore</i>

PARTIE 2

PRESENTATION DETAILLEE DE QUELQUES ACTIVITES

- Ch. 1 –** Un curieux mécanisme : une carte animée
- Ch. 2 –** La masse volumique et la miscibilité
- Ch. 3 –** Les leviers
- Ch. 4 –** Les animaux de l'extrême
- Ch. 5 –** Approche de l'isolation

GUIDE DE LECTURE

Contexte général

Dans cette partie du document, nous présentons **cinq activités** testées dans des classes, et pour lesquelles nous disposons d'un ensemble de données d'observation. Dans la plupart des cas, des enfants ont été interrogés après les activités sur leur compréhension des contenus et des démarches concernées. Un débat avec les enseignants a permis de compléter les informations recueillies, d'analyser et d'amender chaque activité afin de la rendre plus pertinente à tous égards.

Nous mettons ici l'accent sur les **réactions des élèves et leurs productions écrites** au cours de travaux scientifiques afin d'illustrer les apprentissages réalisés et de proposer des pistes didactiques prometteuses. Nous complétons l'approche par des **outils** pour la classe : liste du matériel nécessaire, documents pour les élèves, astuces pratiques et, selon les cas, des prolongements possibles et/ou une évaluation.

Sujets abordés

Les thèmes abordés dans les activités présentées ici sont : le mécanisme caché d'une carte animée, l'adaptation des animaux à leurs milieux de vie, la masse volumique et la miscibilité, l'isolation, les leviers.

Ces activités touchent ainsi à des contenus variés à développer à l'étape II du continuum pédagogique, et plus spécifiquement les êtres vivants, l'énergie (les forces) ainsi que la matière.

Pour chaque sujet, le lecteur trouvera :

1. Un bref rappel de l'activité.
2. Les compétences visées.
3. Une suggestion d'organisation de la séquence.
4. Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant.
5. Le matériel nécessaire.
6. Un regard sur l'activité avec des illustrations.
7. Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves.
8. Des documents pour les élèves.
9. Quelques astuces pratiques.

Informations utiles pour l'enseignant

Il arrive que les **concepts scientifiques à la base des activités** paraissent complexes. Chacun se souvient de les avoir abordés aux cours de ses études mais ils peuvent avoir été oubliés. C'est pourquoi, pour chaque activité, un paragraphe rappelle au lecteur quelques informations indispensables. S'y ajoute une référence aux compétences visées (cf. socles de compétences) et aux objectifs poursuivis.

Point de départ des activités

Certaines activités décrites dans ces pages commencent par la proposition aux élèves d'une situation et **d'hypothèses déjà formulées par des enfants fictifs**²⁷. Cette manière de faire permet aux élèves de se positionner face à diverses interprétations d'un phénomène. Parce que chacun peut s'identifier à un personnage et à une idée déjà formulée, cette approche peut s'avérer plus simple d'accès pour certains enfants en difficulté qui auraient tendance à ne rien dire ou à se rallier d'emblée à l'avis des plus rapides. En outre, elle encourage les débats scientifiques. Toutefois, **cette formule pédagogique ne peut être utilisée systématiquement** car elle ne donne pas l'occasion aux élèves de formuler eux-mêmes leurs propres idées et hypothèses explicatives. Elle pourrait, si son usage devenait trop fréquent, engendrer une forme de passivité devant les situations à analyser. Des situations complètement ouvertes à l'expression des enfants sont nécessaires. **Un bon équilibre dans l'abord des problèmes scientifiques est indispensable.**

Place de l'écrit

Chacune des activités vise à développer différents aspects de la démarche scientifique tout en intégrant une dimension de lecture et/ou de production écrite. C'est donc bien au cœur même de la démarche de réflexion sur des phénomènes scientifiques que l'écrit lu ou produit s'insère.

Le schéma proposé à la page suivante illustre cette articulation en précisant le rôle de l'écrit dans le cadre du développement de compétences scientifiques. Deux des activités sont proposées en exemple.

Dans l'activité « Masse volumique, miscibilité », l'écrit apparaît sous différentes formes :

- lors de l'appréhension de la réalité complexe, les élèves sont amenés à lire et interpréter des avis d'enfants sur la problématique envisagée et à reformuler ces avis sous la forme d'hypothèses vérifiables.
- Par la suite, ils investiguent plusieurs pistes de recherche en réalisant une série d'expériences dont ils rédigent un compte rendu.
- Il s'agit enfin de structurer et de communiquer les résultats des expérimentations en formulant par écrit une conclusion.

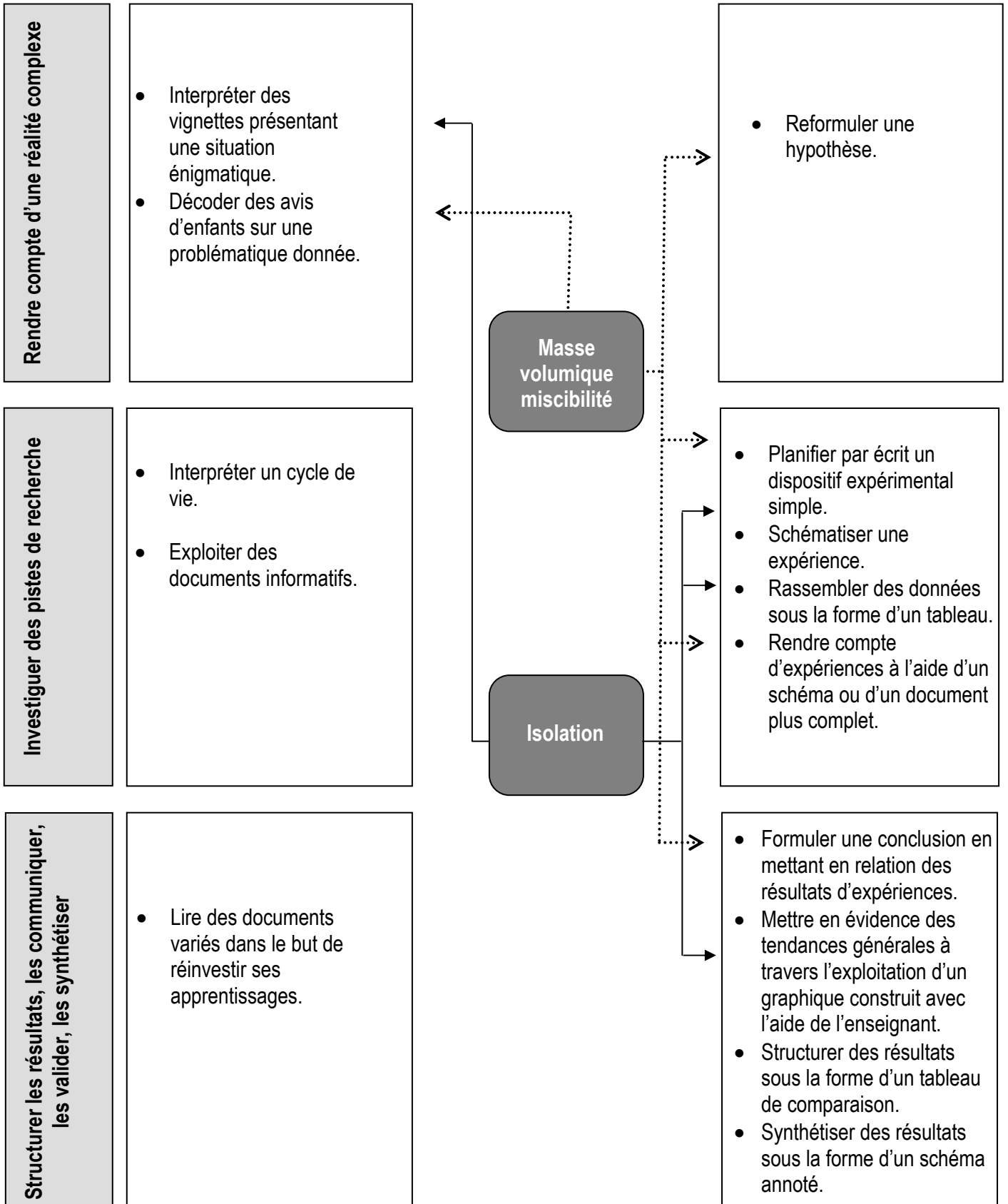
L'activité « Isolation » amène également les élèves à lire et produire des écrits dans le cadre de l'exploitation d'un phénomène scientifique. Comme le signalent les flèches, l'écrit apparaît également aux trois étapes clés de la démarche scientifique : lors de l'appréhension de la réalité, de l'investigation de pistes de recherche et de la structuration des résultats.

²⁷ Cette approche a été étudiée par Keogh B. & Naylor S. (1999),

Développer des compétences scientifiques en intégrant...

La lecture

La production écrite



Durée des activités

Les activités proposées se veulent relativement courtes. Cependant l'expérience a montré que **leur durée varie sensiblement d'une classe à l'autre** et que, de manière générale, il ne faut pas hésiter à y consacrer du temps, l'accélération des démarches se faisant au détriment des élèves en difficulté. **Une demi-journée est une bonne moyenne** pour ces activités sauf si on souhaite approfondir certains aspects ou envisager des prolongements.

Moment des activités

Ces activités ont été conçues pour être **introduites à tout moment** dans le programme de la classe. Mais elles auront plus de poids si elles se situent dans un contexte significatif (un projet, une thématique plus large). Certaines d'entre elles sont plus appropriées à certaines saisons (ex. : l'isolation).

Matériel

De manière générale, les activités demandent un **matériel aisé à réunir** et peu coûteux. Une exception cependant : celle des thermomètres dans l'expérience sur l'isolation. Une solution à la situation est d'envisager l'achat par l'école d'un ensemble de thermomètres solides et pratiques qui pourront être utilisés par toutes les classes selon les besoins. Il est parfois possible de demander un prêt de matériel auprès de certains organismes.

CH. 1. UN CURIEUX MÉCANISME : UNE CARTE ANIMÉE

1.1. L'activité en bref

Le point de départ de l'activité est l'observation d'une carte animée : lorsqu'on tourne une roulette au bas de la carte, une illustration apparaît au sommet de la carte. Les élèves doivent imaginer comment cela fonctionne, quel est le mécanisme caché.

La recherche de celui-ci amène les élèves à élaborer des schémas qu'ils testent ensuite. Ils doivent également identifier les éléments essentiels qui permettent au mécanisme de fonctionner.



Enfin, les élèves observent des objets du quotidien (tire-bouchon, cuillère à glace...) dans lesquels apparaissent d'autres mécanismes impliquant la transmission et la transformation d'un mouvement. Il s'agit de repérer les éléments essentiels permettant le bon fonctionnement de chaque objet analysé et de noter les différences et les ressemblances avec la carte animée.

1.2. Ce qui est visé

Sur le plan des savoirs

- Décoder des systèmes variés de transmission et transformation d'un mouvement initial (initié par une force) en un mouvement final (résultant).

Sur le plan de la démarche scientifique

- Dans le cadre d'une énigme, agencer les indices en vue de formuler une supposition ou une hypothèse.
- Recueillir des informations par des observations qualitatives.
- Analyser, interpréter et organiser les informations recueillies en fonction de l'objet de la recherche.
- Réinvestir dans d'autres situations les connaissances acquises.

Le rôle de l'écrit dans l'activité

Deux types d'écrits sont travaillés à travers cette activité.

Un schéma

- Élaborer un schéma a priori d'un mécanisme inhabituel.
- Une fois le mécanisme construit, retravailler son schéma initial pour rendre compte du fonctionnement du mécanisme.

Un écrit de synthèse

- Ce document s'élabore avec les enfants à partir de la confrontation des schémas. Il s'agit d'identifier les éléments essentiels du dispositif, de les nommer et d'identifier leur fonction respective. Le schéma est accompagné d'un commentaire.
- Ensuite, après l'analyse d'autres mécanismes par observation directe d'objets, il s'agira de retravailler ce premier écrit en vue de dégager les éléments essentiels aux différents dispositifs analysés (mouvement initial → transmission et transformation du mouvement → mouvement résultant).

1.3. Suggestion d'organisation de la séquence²⁸

Les grandes étapes	Le déroulement	Les aides à apporter aux élèves
1. Formulation d'hypothèses. Essais en petits groupes.	<ul style="list-style-type: none"> • Présentation de la carte aux élèves. • Formulation d'hypothèses individuellement et élaboration d'un premier schéma explicatif. • En groupes, test des divers schémas individuels. • Adaptations concrètes du dispositif en vue de faire fonctionner le mécanisme. • Une fois un mécanisme satisfaisant découvert, adaptation ou reconstruction du schéma. 	<ul style="list-style-type: none"> • Un matériel varié permettant de tester différents schémas. • Quelques schémas pour les élèves qui n'auraient pas d'idées ou qui seraient bloqués dans leur réflexion. • Des défis supplémentaires pour les plus rapides.
2. Analyse des schémas présentant des mécanismes jugés efficaces.	<ul style="list-style-type: none"> • Comparaison des différents schémas en vue d'identifier les ressemblances et les différences. • Mise en évidence des éléments communs aux différents schémas ainsi que de leur fonction. 	<ul style="list-style-type: none"> • Des questions d'explicitation formulées par l'enseignant. • Une verbalisation par les élèves de ce qu'ils ont compris. • Une mise en évidence des contradictions éventuelles. • Un débat.

²⁸ Les moments de travail sur l'écrit sont en gras.

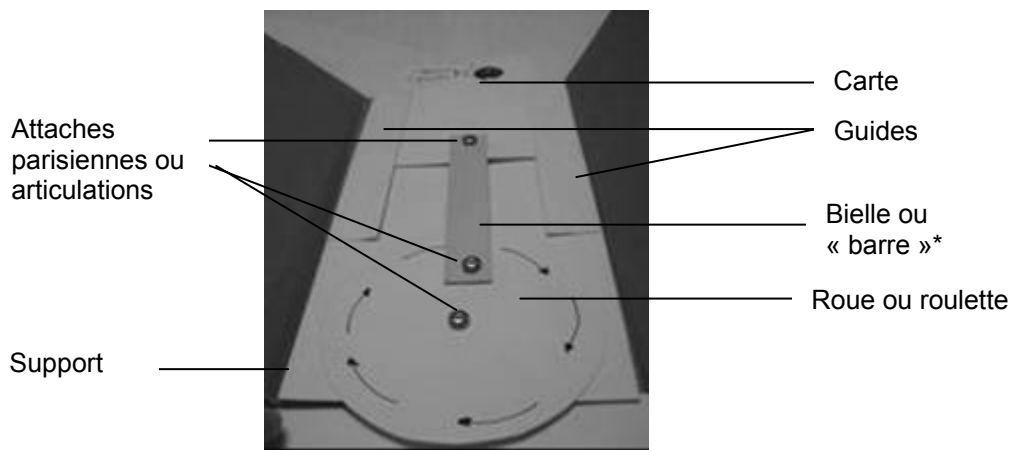
<p>3. Observation d'autres mécanismes de transformation et transmission de mouvements.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Observation d'un objet du quotidien (cuillère à glace) impliquant un mécanisme de transmission et transformation d'un mouvement. • Identification des ressemblances et des différences avec le mécanisme de la carte : en termes d'éléments clés et en terme de fonction. • Observation d'autres objets du quotidien et réplique de la démarche d'analyse de la transformation- transmission du mouvement (cuillère à glace, montage Lego ou K-nex, machine à coudre, ...). 	<p>Prévoir des objets que les élèves pourront observer et manipuler.</p>
---	---	--

1.4. Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant

La notion de **mécanisme** se comprend comme un agencement de pièces mis en mouvement en vue d'un fonctionnement d'ensemble²⁹. L'agencement des pièces est mis en mouvement par un apport d'énergie (par exemple, tourner la roulette de la carte).

Au sein de cet agencement, le mouvement est **transmis** de pièce en pièce et parfois **transformé**. Dans le cas de la carte animée, on passe d'un mouvement de rotation à un mouvement de translation verticale.

Ici, la carte animée fonctionne grâce à un **mécanisme** connu sous le nom de « **système bielle-manivelle** ». Il est utilisé dans diverses situations : moteur de voiture, puits de forage, machine à coudre... Le mot « bielle » désigne la barre qui relie la roue (manivelle) à l'objet qu'on veut faire bouger verticalement. Les caractéristiques de la bielle et son positionnement dans le montage permettent la transmission et la transformation du mouvement.



* Les enfants utilisent volontiers les mots : barre ou tige, roulette, rails ou blocages (pour les guides) et confondent parfois attaches parisiennes et trombones !

D'autres mécanismes sont utilisés pour transmettre et transformer les mouvements. Parmi les plus connus, on trouve les systèmes d'engrenages. Dans tous ces mécanismes, on peut identifier une partie à laquelle on impulse un mouvement, une partie qui transmet et transforme ce mouvement, et enfin la partie mobile à laquelle le mouvement est transmis.

²⁹ Ces informations s'inspirent d'un document élaboré par l'IUFM de Créteil et disponible à l'adresse suivante : <http://stsp.creteil.iufm.fr/article89.html>

1.5. Matériel nécessaire pour l'activité

- une carte animée (voir plus loin le modèle pour en fabriquer une) ;
- cartons souples (on peut utiliser des cartons de récupération comme par exemple ceux des boîtes de céréales) ;
- cartons un peu plus épais³⁰ ;
- feuille de papier de couleur pour la couverture ;
- des attaches parisiennes en nombre suffisant ;
- de la colle ;
- un compas ;
- des ciseaux ;
- des marqueurs ;
- une image à coller si les enfants ne dessinent pas eux-mêmes la carte ;
- du papier collant ;
- latte, crayon, gomme... ;
- quelques éléments complémentaires pour les élèves qui souhaiteraient tester d'autres hypothèses : élastiques, cure-pipes, attaches trombones... ;
- papier blanc pour les écrits des élèves ;
- grandes feuilles pour les affiches ;
- des objets quotidiens : cuillère à glace, clé à molette, tire-bouchon, montage Lego...

1.6. Regard sur l'activité

a) Formulation d'hypothèses. Essais en petits groupes.

La carte (mécanisme caché) est présentée aux élèves et chacun tente d'élaborer un schéma de fonctionnement³¹.

Puis, répartis **en petits groupes**, les élèves testent les différents schémas. Une fois un mécanisme satisfaisant découvert, un schéma est adopté et aménagé ou encore reconstruit totalement.

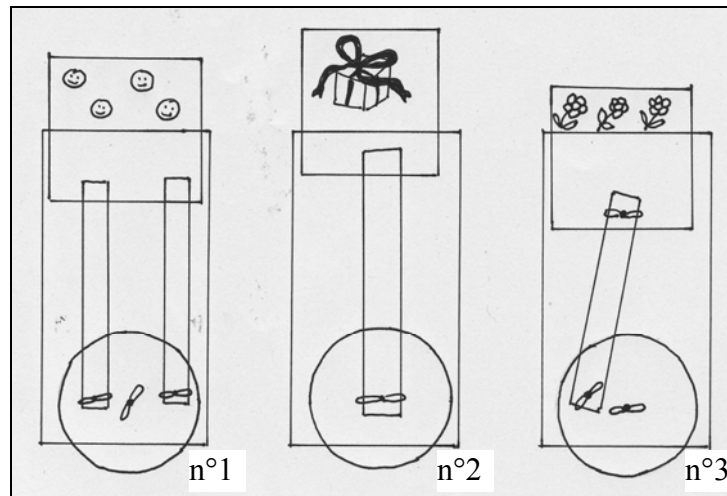


Pour les groupes qui n'auraient pas d'idées ou qui seraient bloqués dans leur réflexion, quelques schémas, efficaces ou non, peuvent être proposés comme « indices ». Les élèves débattent alors entre eux des exemples donnés et choisissent de tester celui qui leur paraît le

³⁰ Cela n'est pas indispensable. Certains élèves envisagent rapidement d'utiliser du carton plus souple en double épaisseur pour la bielle.

³¹ Un modèle de carte animée à construire par l'enseignant est proposé pages 86 à 89.

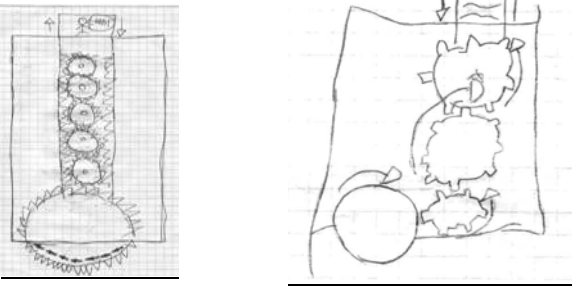
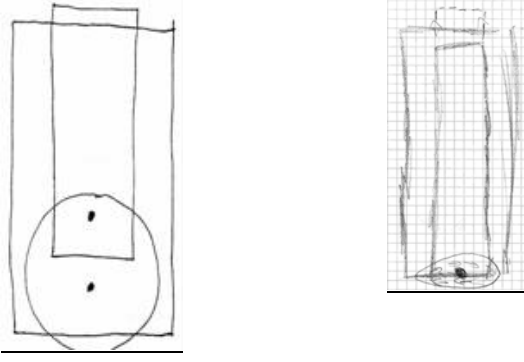
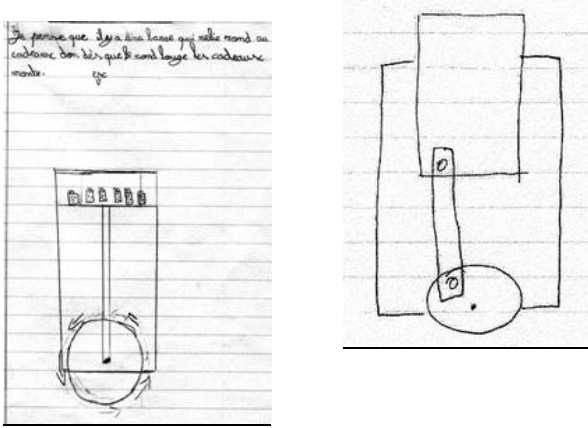
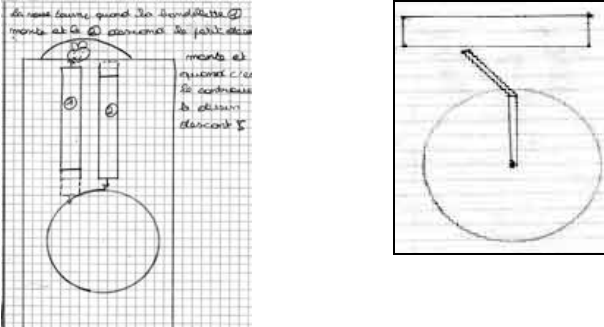
plus plausible. Il arrive qu'un élève du groupe, en raisonnant sur les schémas, découvre le montage le plus approprié. Il est néanmoins essentiel que ses condisciples puissent tester, s'ils le souhaitent, les autres exemples. Il est aussi important que le montage soit réalisé concrètement afin d'ajouter certains éléments (rails par exemple).



En réalisant le schéma 1, les élèves observeront que l'usage de deux « barres » empêche tout mouvement. Il faut en supprimer une et penser à mettre une articulation entre la barre la carte.
 En réalisant le schéma 2, les élèves observeront que la « barre » et l'image ne bougent pas ; seule la roue tourne. Les élèves sont amenés à comprendre que la « barre » doit être fixée de manière décentrée sur la roue. Dans la suite ils devront aussi penser à articuler l'image à la « barre » par une attache parisienne.
 Le schéma 3 est le plus efficace mais il n'est pas totalement satisfaisant car les enfants vont constater que l'image balance d'un côté à l'autre. Un système de rails devra être ajouté.

Des **défis supplémentaires** peuvent être prévus pour les plus rapides : par exemple réaliser le montage avec des dimensions obligatoires (l'illustration doit être présentée sur un rectangle de 5 cm de largeur, la roue doit avoir 8 cm de diamètre, l'ensemble du montage doit entrer dans une enveloppe standard...).

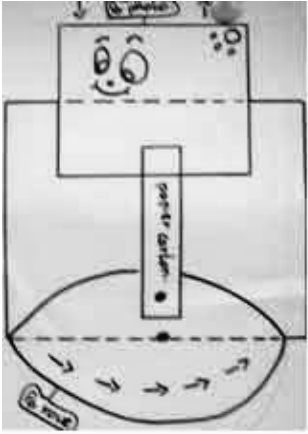
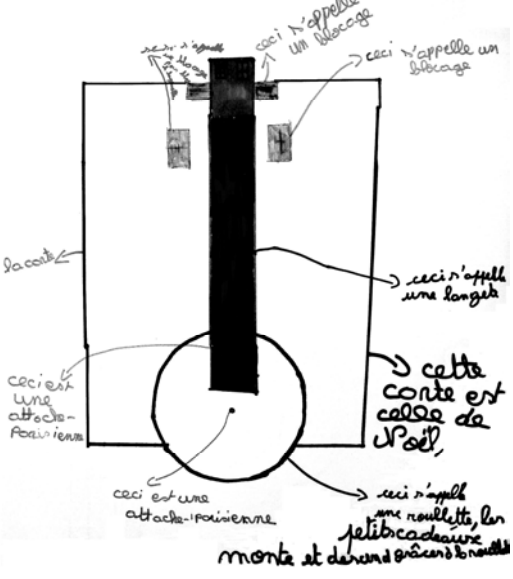
Voici quelques **hypothèses parmi celles les plus fréquemment dessinées par les élèves au début de l'activité** :

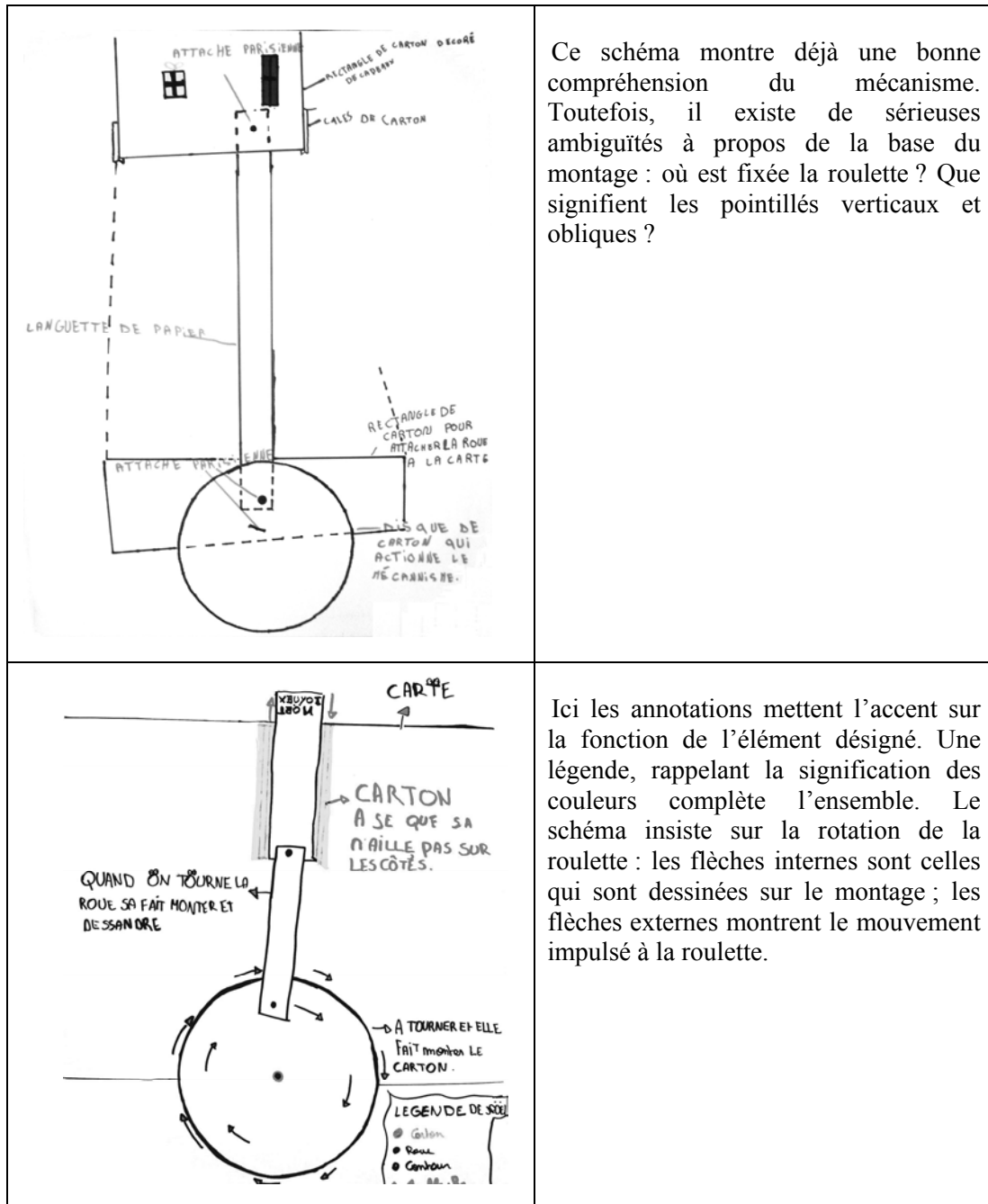
<p>1. <i>Un système d'engrenages</i> :</p> <p>La roue (dont les enfants voient pourtant dépasser une partie) serait dentée et reliée à une ou plusieurs roues d'engrenage ou encore à une crémaillère.</p>	<p>Exemples :</p> 
<p>2. <i>Des systèmes en deux parties</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - La roue serait attachée en son centre sur un support et serait reliée à une longue carte, attachée sur la roue de manière décentrée ou non. - La longue carte pourrait être fixée par de l'adhésif ou par une attache parisienne. - La carte et la roue seraient fixées chacune de leur côté sur un carton, sans liens entre elles. - Etc. 	<p>Exemples :</p> 
<p>3. <i>Des systèmes en trois parties (roue – barre – carte)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - La barre serait attachée à la roue uniquement : elle pousserai à certains moments le dessin vers le haut. - La barre serait un élastique ou un fil de fer. - La barre serait attachée au centre de la roue. - La barre serait attachée de manière décentrée sur la roue et reliée à la carte par le côté. - La barre serait collée sur la carte, ce qui rapprocherai cette solution d'un système à deux parties. - Etc. 	<p>Exemples :</p> 
<p>4. <i>Des systèmes en quatre parties</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Une barre serait attachée à la roue (l'attache est décentrée) ensuite un élastique relierai la bielle à la carte. - Il y aurait 2 barres ou 2 roues. - Etc. 	<p>Exemples :</p> 

b) Analyse des schémas présentant des mécanismes jugés efficaces

Lorsque les élèves ont testé les différentes hypothèses et aménagé leurs schémas, les documents sont affichés et comparés. Les éléments communs sont mis en évidence et leur fonction est précisée. Cette étape est essentielle pour une bonne compréhension du mécanisme. Elle permet également de **dépasser le simple « bricolage » pour aller vers une activité scientifique à part entière** où l'écrit (ici, la schématisation) joue un rôle important (effort de rigueur dans la réflexion). Les qualités de cet écrit sont également analysées.

Quelques affiches :

 <p>A hand-drawn schematic showing a rectangular box with a vertical rod passing through its center. At the bottom of the rod is a circular wheel. A card is attached to the top of the rod. Arrows on the wheel indicate rotation. The drawing is simple and lacks detailed annotations.</p>	<p>Peu d'annotations accompagnent ce schéma. L'attache au niveau de la carte est absente, ainsi que les guides. La roue est quelque peu déformée mais les mouvements sont bien indiqués (roue, carte).</p>
<p><u>La carte de Noël.</u> schéma.</p>  <p>A hand-drawn schematic of a mechanism with a vertical rod passing through a rectangular box. At the bottom of the rod is a circular wheel. A card is attached to the top of the rod. The drawing is more detailed than the first one, with several annotations in French. The annotations include: 'ceci n'appelle un blocage', 'ceci n'appelle un blocage', 'ceci n'appelle une languette', 'ceci est une attache-poussoir', 'ceci n'appelle une roulette, les petits cadavres monte et descend grâce à la roulette', and 'ceci est une attache-poussoir'. The title is 'La carte de Noël. schéma.'</p>	<p>Ce schéma est assez complet. On peut toutefois regretter l'absence de flèches pour indiquer les mouvements. Les annotations reprennent une phrase de présentation, qui répète ce que « dit » la flèche : « ceci est... » ou « ceci s'appelle » : elles sont donc inutiles. Un mot ou deux suffiraient.</p>



Il n'existe pas de schéma idéal de la situation ! L'essentiel est que le schéma soit correct c'est-à-dire qu'il corresponde à un montage qui fonctionne. Les maladresses, les surcharges, les imprécisions... peuvent être progressivement éliminées mais ces améliorations viennent dans un second temps.

Il ne s'agit pas seulement de dessiner **tous les éléments** du montage, ni même de leur donner un nom. Il importe aussi de **comprendre leur rôle respectif dans le mécanisme**. Pour chacun d'eux, il n'est pas inutile de répéter la question : à quoi cela sert-il ? Dans cette démarche, il est souhaitable d'utiliser d'abord les mots des enfants pour désigner l'élément concerné. Le mot « bielle » en particulier est nouveau et difficile.

- **La roue (roulette...)** amorce, initie le mouvement.

Chercheur : A quoi sert la roue ?
Elève1 : *A faire monter et descendre la languette.*
E2 : *Une roulette ça sert à faire tourner.*

- **La barre (languette, tige...bielle)** transforme et transmet le mouvement.

C : A quoi sert la barre ?
E1 : *Si la carte était directement collée à la roulette, ça coïncerait.*
E2 : *La barre, elle peut bouger comme elle veut. C'est la carte qui doit rester bien droite.*
C : En regardant d'autres schémas, j'ai vu que certains élèves ne mettaient pas de barre au milieu. Ils accrochaient directement la carte à la roue. Tu penses que ça peut marcher aussi ?
E3 : *Euh... oui mais il n'y aura plus de mouvement. On n'arrivera pas à ce que la carte ne fasse que monter et descendre.*

- **Les attaches parisiennes (articulations...)** fixent les éléments entre eux tout en permettant le mouvement.

C : A quoi sert l'attache parisienne ?
E1 : *Elle sert à faire tourner.*
E2 : *Elle sert à attacher.*
E3 : *Normalement la barre aurait dû tourner comme ça, mais là avec l'attache parisienne elle peut rester droite.*

- **Les guides (rails, « blocages »...)** dirigent, canalisent le mouvement.

C : A quoi servent les guides ?
E1 : *Ben c'est pour que ça ne bouge pas, que ça reste bien droit. [...]*
E3 : *Je n'avais pas pensé aux rails au début. C'est Monsieur : il a mis ses doigts pendant que je faisais tourner la roue, et là, j'ai compris qu'il fallait des rails pour guider la carte sinon elle tournait un peu.*
E4 : *Des immobiliseurs, pour obliger à rester immobile, enfin à aller de haut en bas sans tourner.*

- **La carte** est l'objet final qu'on fait bouger : cette dernière partie du montage est évidente pour tous : elle porte le dessin et on la fait monter et descendre.

Les mots « **transmettre** » et « **transformer** » méritent une attention particulière. Comme ils sont d'usage courant dans d'autres contextes, les élèves ont l'impression de bien les comprendre. Il n'est pas inutile cependant de les faire utiliser de manière explicite dans le cadre de l'activité.

« Transmettre, c'est juste passer d'une pièce à l'autre tandis que transformer, ça veut dire que ça change. »

« Elle transmet [...] C'est comme si elle disait quelque chose. Par exemple, la flèche veut que (l'élève rit) ... elle veut dire quelque chose « Bonne année » et alors la bielle et bien elle le transmet. Et elle le transforme. [...] Par exemple quand on dit quelque chose et que quelqu'un le répète, il le fait avec d'autres mots. »

« Transmettre, ben c'est peut-être ... si on fait bouger la roue, ça fait transmettre à la barre et elle bouge. Et transformer un mouvement, ben ça peut le changer. [...] »

« Parce que le mouvement au départ, c'est la roue qui tourne. Et à la fin, ça devient la carte qui bouge. Mais pour y arriver, il a fallu que le mouvement passe d'une pièce à l'autre: ça, c'est transmettre. »

(Commentaires d'élèves de 5^e et 6^e années lors d'entretiens individuels)

Enfin, on peut aborder à l'occasion de cette activité la manière de choisir un titre pour un schéma. Sera-t-il imagé, concret, scientifique ? Différentes formules sont possibles selon l'objectif poursuivi par l'écrit. Par exemple, veut-on réaliser un compte rendu scientifique ? Une affiche attractive pour une autre classe ? Selon les cas, on adoptera une formulation adaptée.

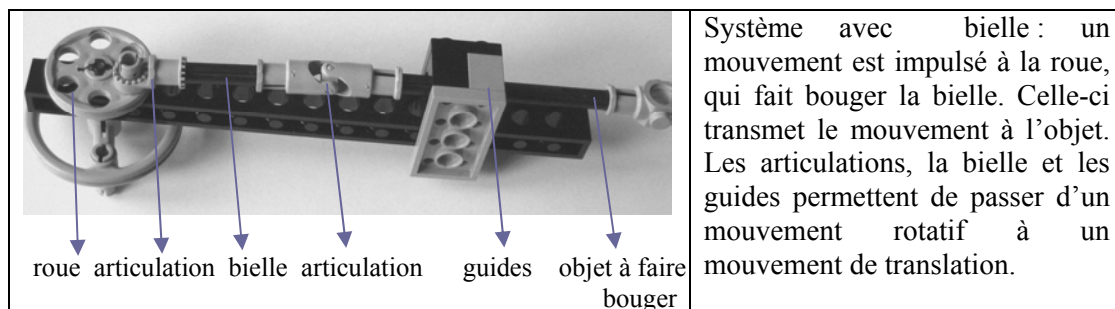
- « Une carte pour Noël »
- « Un curieux mécanisme »
- « Le mécanisme caché d'une carte animée »

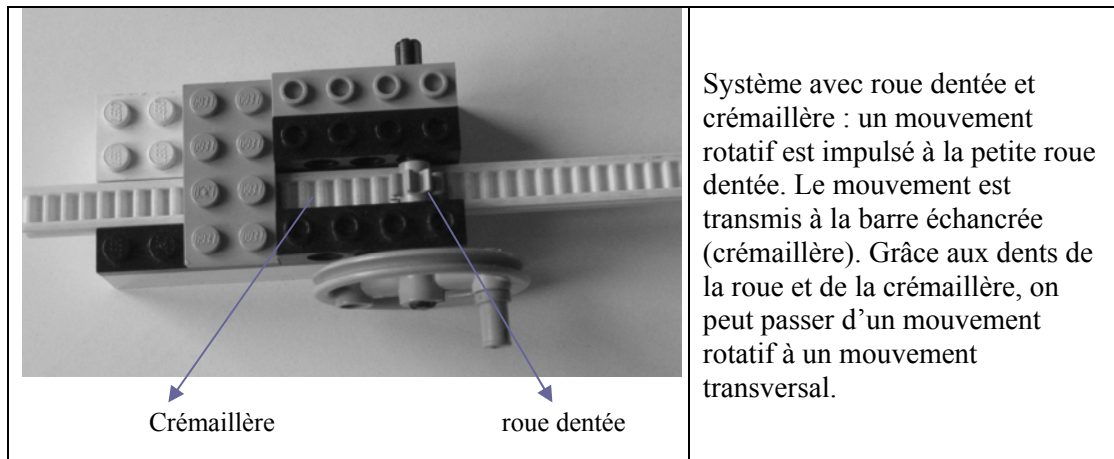
c) **Observation d'autres mécanismes de transmission et transformation d'un mouvement**

Des objets quotidiens sont proposés à l'observation. On y retrouve chaque fois un **mécanisme de transmission et de transformation d'un mouvement**. Les ressemblances et les différences avec le mécanisme de la carte sont analysées en termes d'éléments clés et en termes de fonction. Des montages peuvent aussi être réalisés par les enfants à l'aide de Legos ou de K-nex.

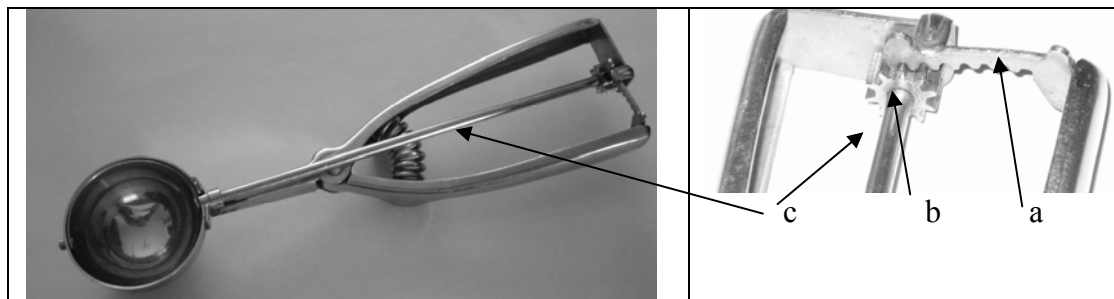
Les objets peuvent s'éloigner du mécanisme de la carte animée mais dans chaque cas, la démarche d'analyse de la transformation - transmission du mouvement est mise en action. Toutefois, il faut bien localiser le mécanisme. L'observation précise des objets et leur manipulation sont indispensables pour comprendre ce qui se passe.

Exemples de montages en Legos :



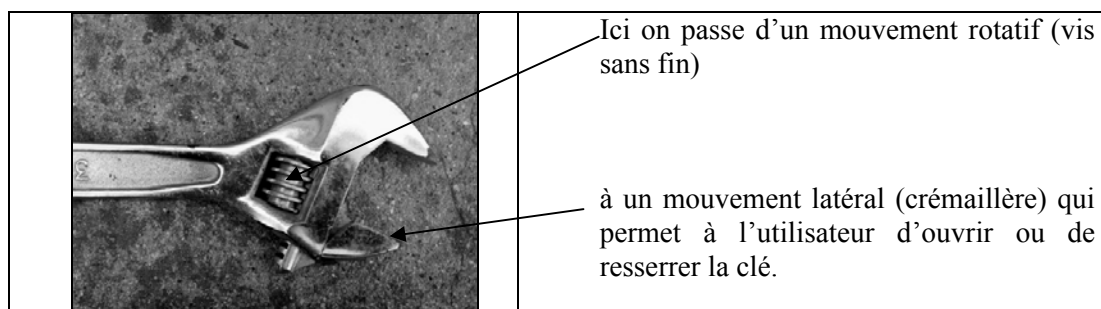


Exemple de la cuillère à glace :



Dans l'observation de la cuillère à glace, il est tentant de penser que la tige (c) qui relie le haut et le bas de l'objet est une « bielle ». Ce n'est pas le cas : le mécanisme de transformation et de transmission du mouvement est en bas de l'objet. C'est un système constitué d'une crémaillère (a) et d'une petite roue dentée (b). Le mouvement est transmis et transformé grâce aux dents de la crémaillère qui s'emboîtent dans celles de la roue. On passe ainsi d'un mouvement transversal à un mouvement de rotation. La longue tige (c) n'est pas une bielle. Elle est soudée à la roue dentée et pivote avec elle. A l'autre bout, elle est soudée à un élément en arc de cercle qui tourne dans la cuillère et permet de détacher la boule de glace.

Exemple de la clé à molette :



1.7. Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves

a) Compréhension du mécanisme ou du rôle de ses éléments

Au départ, certains élèves n'ont aucune idée sur le mécanisme caché, à l'exception peut-être de la présence d'une roue. Ils ne savent pas ce qu'il faut regarder et ne comprennent rien à ce qui se passe. Ils peuvent se sentir complètement perdus. On peut guider leur observation par des questions précises :

- *Qu'est ce que tu vois qui dépasse dans la carte de départ ? Que pourrait-il bien y avoir au-dessus de la roue ?*
- *Regarde un peu tel élément (la carte, la roue), que lui arrive-t-il ?*
- *Quand tu tournes la roue, que se passe-t-il ?*
- *Regarde bien le mouvement de chaque partie.*
- *Etc.*

Au moment du travail concret avec le matériel, des élèves peuvent également s'égarer sur des pistes totalement erronées et ne plus arriver à s'en détacher. Ici encore, des questions peuvent aider à comprendre les erreurs et à essayer d'autres pistes.

Par exemple, de manière générale :

- *Qu'est-ce que tu as fait ? Pourquoi ? Comment ça marche ? Qu'est-ce qui ne va pas ? N'y a-t-il pas quelque chose dans ton montage qui te donne une idée ?*

Ou de manière plus précise :

- *A quoi sert la barre dans ton montage ? Quel est son rôle exact ?*
Souvent, les élèves pensent que la barre ne sert qu'à relier les éléments. Ils ne voient pas d'emblée qu'elle joue un rôle clé dans la transmission du mouvement. On peut les amener à comparer ce qui se passe quand la barre est simplement collée à la roue et quand elle est fixée avec une attache parisienne. Parallèlement on peut aider l'élève à verbaliser la fonction des attaches parisiennes ou articulations.
- *Que faire pour que la carte ne balance pas d'un côté à l'autre ? Comment la guider ? Comment canaliser le mouvement ?*
En mettant les deux doigts de part et d'autre de la carte pendant qu'elle fonctionne, on peut suggérer l'idée de rails ou de guides.
- *La carte doit-elle être collée à la barre ? Ne pourrait-on la fixer autrement ?*
Les mécanismes réalisés par les enfants sont souvent peu précis. Dès lors, il n'est pas d'emblée évident qu'une attache parisienne entre la barre et la carte améliorerait grandement le système. Les enfants pensent souvent qu'il suffit de coller la carte à la bielle.
- *Où fixer la roue ? Et la barre ? Doivent-elles être fixées au même endroit ?*
Les enfants comprennent qu'ils doivent fixer la barre de manière décentrée sur la roue mais ils ne pensent pas à attacher la roue sur un support. Ils fixent uniquement la barre sur la roue et constatent que la roue tourne autour de la barre ! Ou encore, ils attachent la barre au

centre de la roue : une seule attache parisienne sert pour la roue et pour la barre. Et seule la roue bouge ! Ils doivent comprendre que la barre doit être décentrée (« *Ca fait comme dans les trains à vapeur* » disent certains enfants).

b) Choix et utilisation du matériel

Il peut exister des petites erreurs ou maladresses dans le bricolage, qui entraînent des dysfonctionnements du mécanisme alors que le principe est correctement envisagé. Certains enfants se mettent alors à douter de leur compréhension, ne savent plus ce qu'il faut faire.

Voici quelques exemples :

- la roue porte des déchirures qui bloquent son mouvement ;
- une attache parisienne n'est pas assez aplatie ;
- la roue utilisée est de trop faible diamètre ;
- la hauteur de la carte ou de la bielle n'est pas suffisante pour que la carte dépasse du cadre ;
- la bielle est fabriquée dans un carton trop souple et se plie pendant l'usage de la carte.

Dans tous ces cas, l'intervention de l'enseignant peut dissiper les doutes et aider une mise en place correcte des éléments.

c) Schématisation

Une aide individualisée ainsi que la mise en commun et le commentaire des réalisations est indispensable. Ainsi, les élèves peuvent non seulement corriger les erreurs conceptuelles mais aussi améliorer certains points comme par exemple :

- utiliser l'espace disponible ;
- respecter les proportions et les positions relatives des éléments ;
- limiter les annotations au nécessaire ;
- utiliser des signes appropriés : flèches, traits pointillés... et éviter les croisements inutiles ;
- adopter des couleurs qui facilitent la lecture ;
- etc.

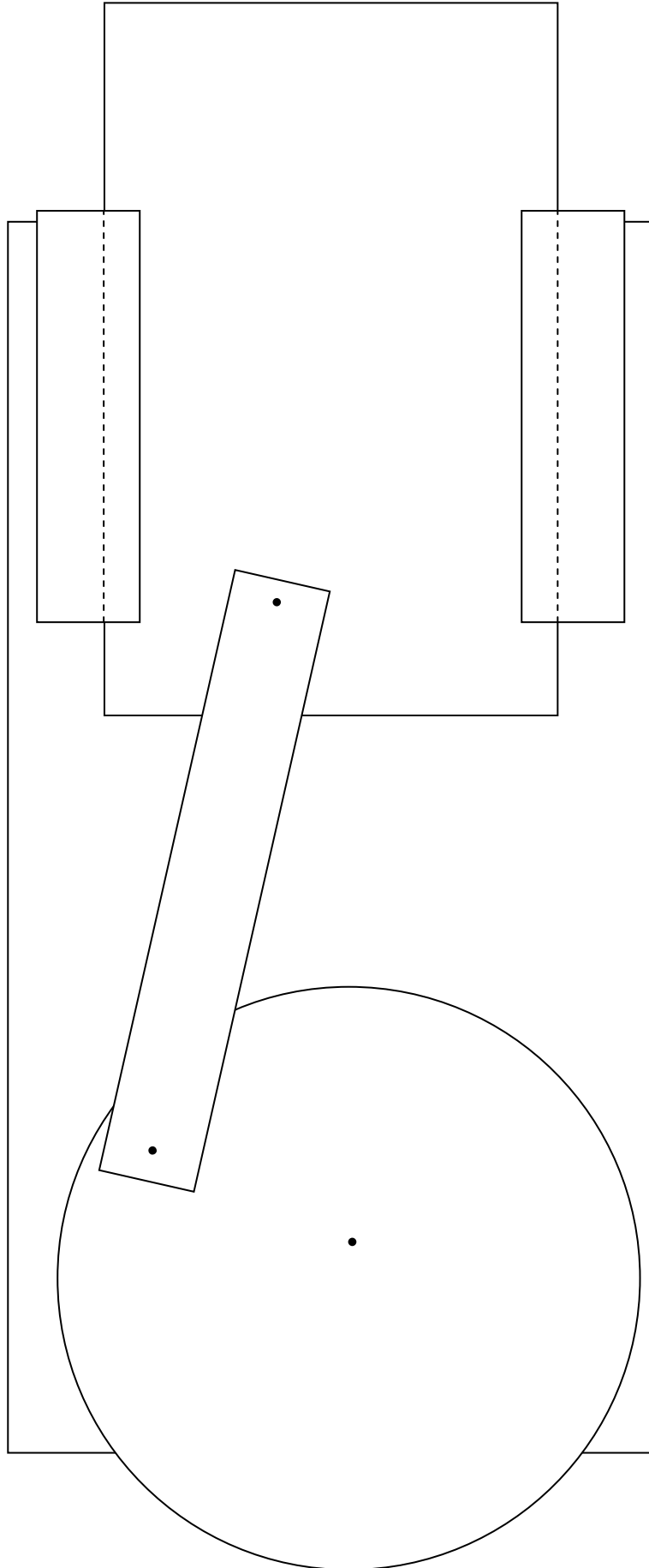
Progressivement l'aide que les schémas peuvent apporter tant à la réflexion qu'à la communication deviendra plus évidente pour les élèves et cet écrit trouvera une place de plus en plus fonctionnelle au sein des activités scientifiques.

1.8. Document pour l'enseignant

Modèle de la carte animée

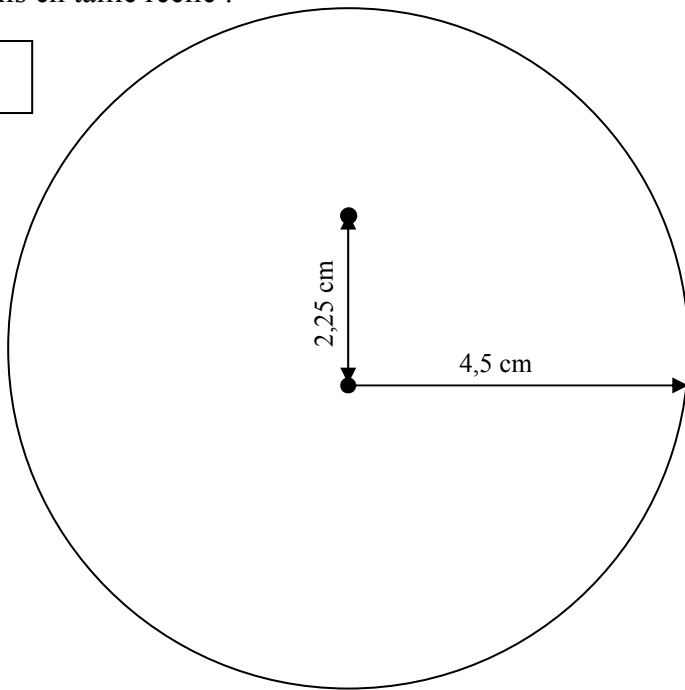
Le document ci-dessous facilitera la construction de la carte qui servira à poser l'énigme aux élèves. Il est réservé à l'enseignant. **En aucun cas, ce modèle ne doit être utilisé par les élèves pendant l'activité scientifique car il empêcherait la recherche et la découverte du mécanisme et de son fonctionnement.**

Schéma d'ensemble :

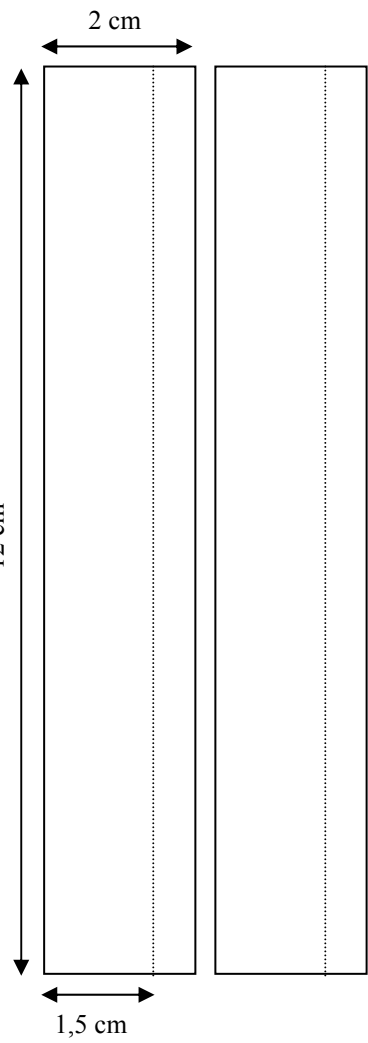


Détails en taille réelle :

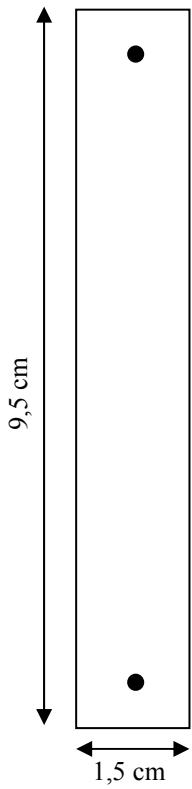
Roue



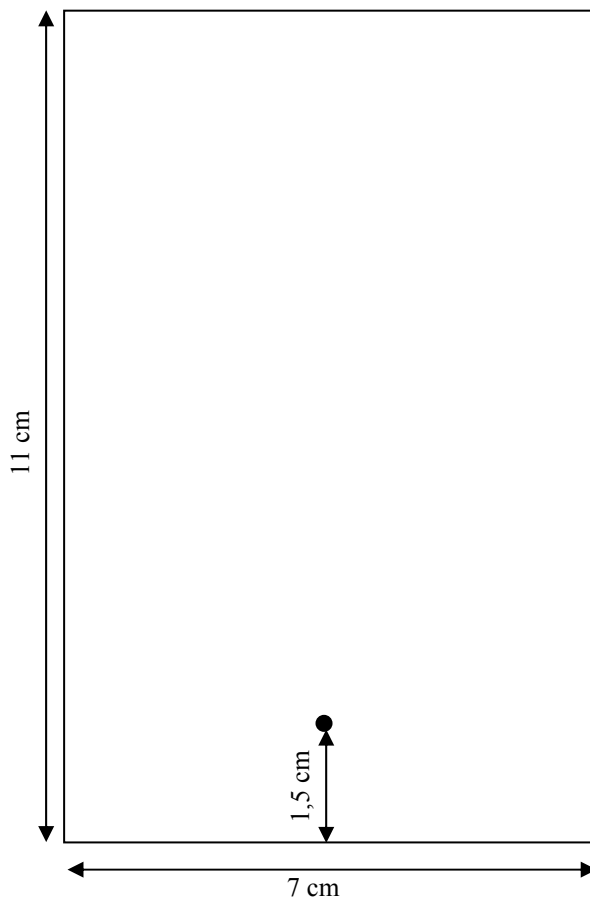
Guides (à plier sur la longueur)



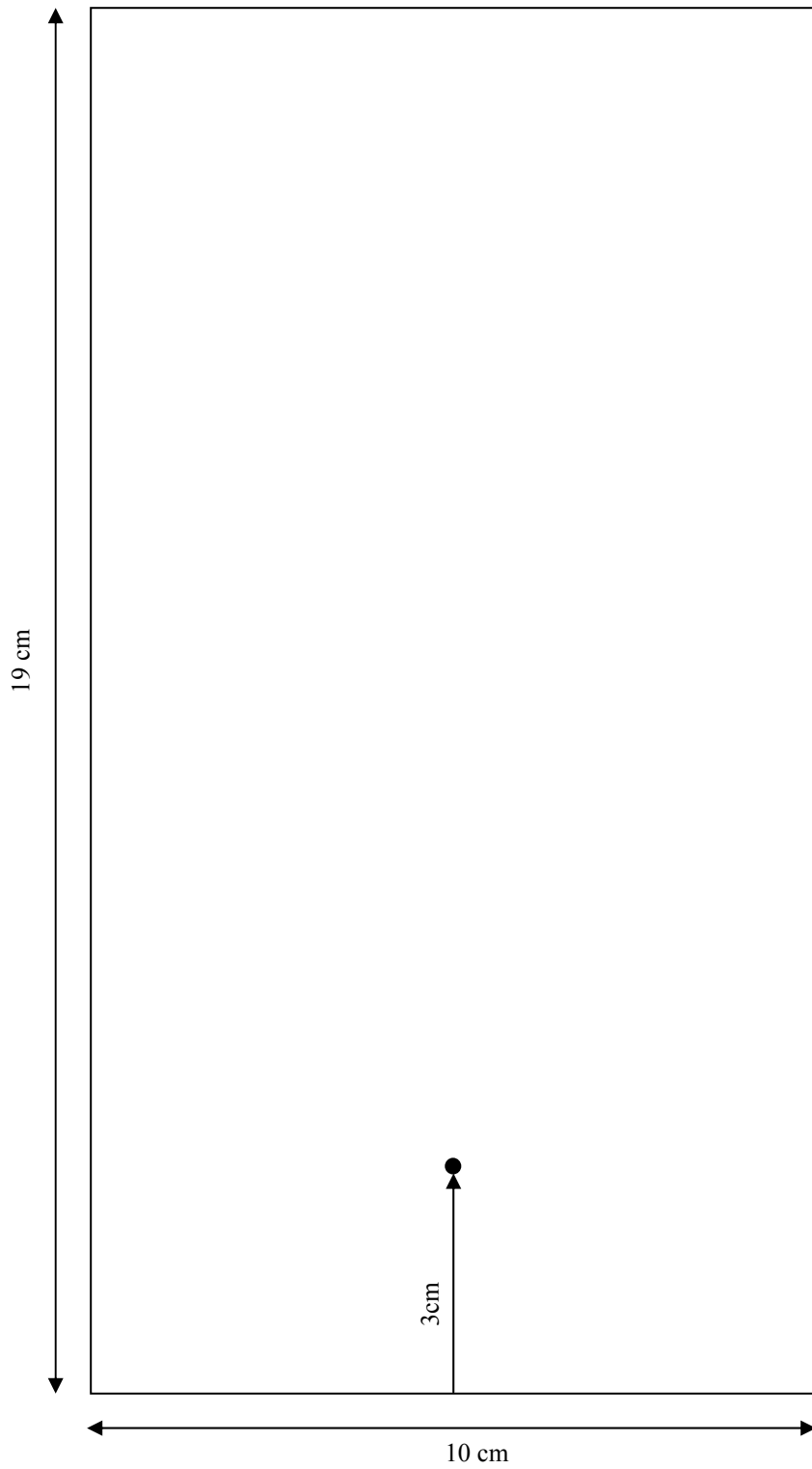
Bielle (double épaisseur si nécessaire)



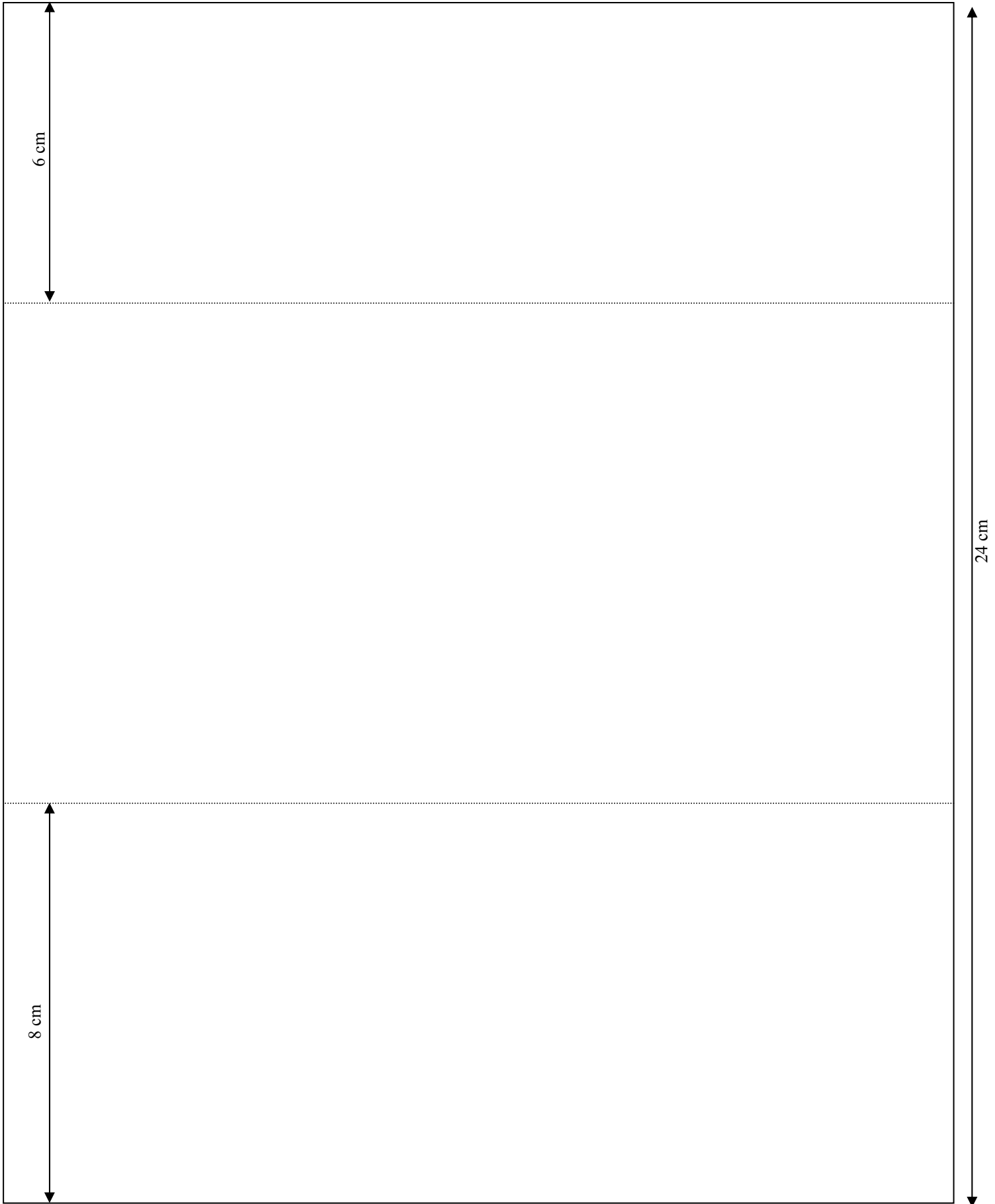
Carte



Base sur laquelle sont fixés la roue et les guides :

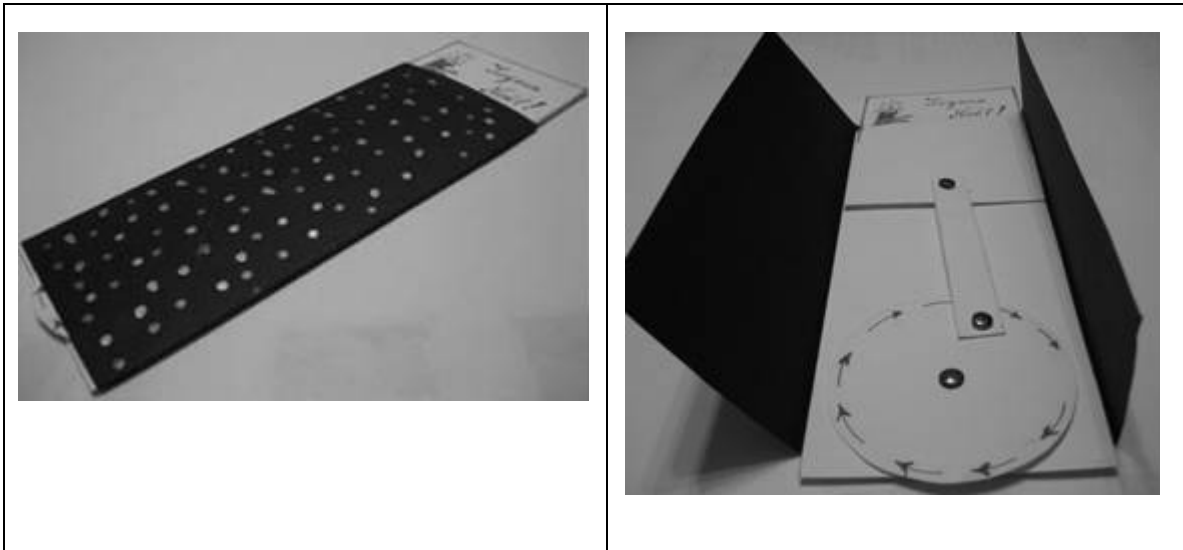


Feuille couvrante :

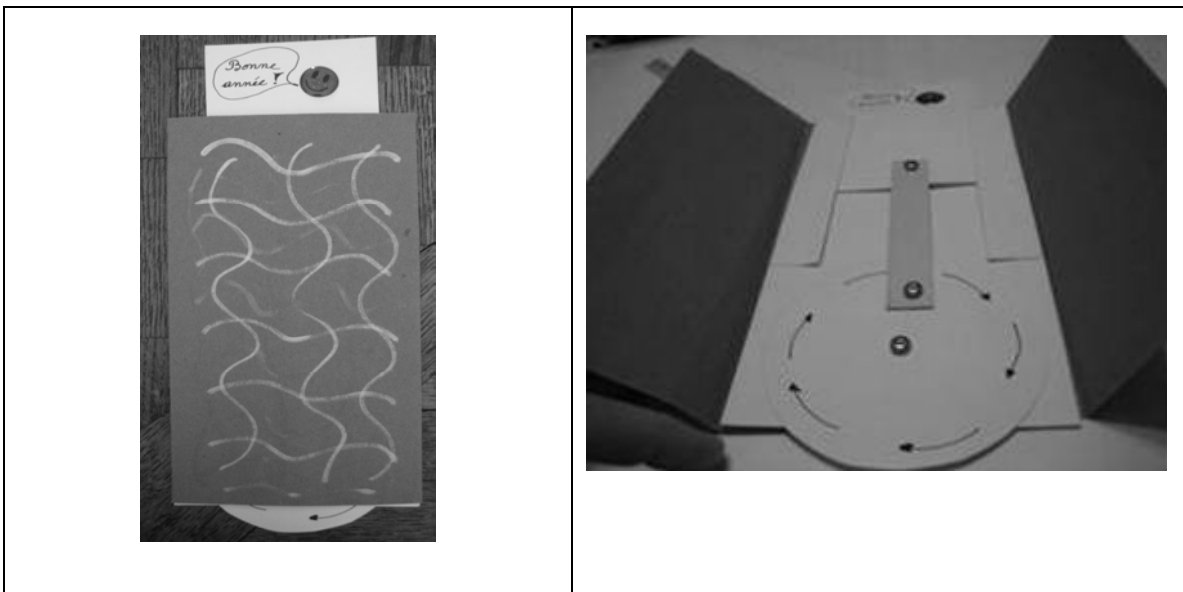


1.9. Quelques astuces pratiques

- 1) Il est utile de **fixer les guides à l'aide de papier collant**, là où la carte doit coulisser : le mouvement se fera alors beaucoup plus facilement et la carte n'ira pas se coincer sous les guides.
- 2) **Présence de guides ou non ?** Voici deux exemples de cartes, ainsi que les photos de ce qui se passe à l'intérieur. Dans la première, les côtés de la feuille couvrante empêchent la carte de partir de tous les côtés. La feuille couvrante ne sert donc pas seulement à cacher le mécanisme : elle joue aussi le rôle des guides.



Dans le second montage, des guides sont collées en haut du support. La feuille couvrante est totalement indépendante du montage : elle sert uniquement à cacher le mécanisme.



CH. 2. LA MASSE VOLUMIQUE ET LA MISCIBILITÉ

2.1. L'activité en bref

Le point de départ de l'activité est la lecture d'un petit texte rappelant les conséquences du naufrage d'un bateau pétrolier³². Les avis de 4 enfants sont rapportés. Le but est de tenter de vérifier (confirmer ou infirmer) les hypothèses formulées :

Lisa : « *Le pétrole flotte parce qu'il y a beaucoup d'eau dans la mer. S'il y avait moins d'eau, le pétrole coulerait au fond.* »
 Yannick : « *Le pétrole reste sur l'eau quand la mer est calme. Si la mer est agitée, le pétrole finirait par se mélanger à l'eau.* »
 Anne : « *Le pétrole flotte parce que la mer est salée. S'il n'y avait pas de sel, il coulerait.* »
 Loïc : « *Le pétrole flotte parce qu'il est plus léger que l'eau de la mer.* »

A l'aide d'un matériel approprié, les élèves vont tester les hypothèses et mettre leurs résultats en commun. Ils vont ensuite réaliser quelques expériences complémentaires pour consolider leur approche intuitive des notions de masse volumique et de miscibilité.

2.2. Ce qui est visé

Sur le plan des savoirs

- Découvrir les notions de miscibilité et de masse volumique à partir de quelques expériences simples.

Sur le plan de la démarche scientifique

- Reformuler les pistes retenues et planifier le travail de recherche.
- Construire un dispositif expérimental simple.
- Recueillir des informations par des observations qualitatives et parfois quantitatives.
- Réinvestir dans une autre situation les connaissances acquises.

Rôle de l'écrit dans l'activité

- Décoder des avis sur une problématique particulière.
- Clarifier ses propres buts et planifier par écrit ses propres démarches expérimentales.
- Noter ses observations et conclusions dans un compte rendu.

³² Voir document pour la classe page 94.

2.3. Suggestion d'organisation de la séquence³³

Les grandes étapes	Le déroulement	Les aides à apporter aux élèves
1. Introduction de la problématique.	Lecture d'un petit texte et bref débat autour de quatre hypothèses.	Proposer directement des hypothèses aux élèves permet à ceux qui ont des difficultés d'envisager différentes pistes qu'ils n'oseraient peut-être pas exprimer face à des élèves plus rapides ou qui ont déjà un acquis. Toutefois, cette formule méthodologique ne peut être utilisée systématiquement ³⁴ .
2. Confirmation/rejet d'hypothèses par des expériences puis mise en commun.	<ul style="list-style-type: none"> - Reformulation des hypothèses, préparation par écrit de courtes expériences et réalisation. L'eau et l'huile sont les liquides de départ. Attention au choix de la variable à observer et à la présence d'une situation témoin. - Notation des résultats dans une forme libre. 	Il faut s'assurer que les élèves ne modifient pas toutes les variables en même temps et prévoient un témoin dans chacune des expériences. Ils doivent comprendre pourquoi c'est important et apprendre à noter leurs observations (textes, dessins).
3. Observation d'un troisième liquide et rassemblement des acquis.	<ul style="list-style-type: none"> - Expérimentation avec un troisième liquide : le sirop (notion de miscibilité). - Notation des résultats. (Possibilité de remplir un tableau préstructuré). 	Cette étape permet d'aborder la notion de miscibilité et de s'assurer que les élèves ont bien compris les rapports qui lient la masse et le volume. C'est aussi l'occasion de renforcer les acquis.
4. Application à une expérience amusante et mise en commun.	<ul style="list-style-type: none"> - Application de l'acquis à une expérience un peu plus complexe faisant intervenir un solide (le sucre). - Groupement des observations par écrit. 	Le renouvellement de l'intérêt est assuré par le type d'expérience (effet joli et curieux) et les élèves peuvent affirmer les acquis en les utilisant dans un contexte proche.
5. Ouvertures vers d'autres observations.	<p>Deux suggestions :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lire et commenter un tableau de masses volumiques ; - tenter de comprendre le fonctionnement d'une lampe à lave. 	Différenciations possibles selon les classes et les élèves.

³³ Les moments de travail sur l'écrit sont en gras.

³⁴ Voir le paragraphe « Point de départ des activités », page 70.

2.4. Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant

Attention ! Dans les socles de compétences, il n'est pas prévu au primaire de calculer la masse volumique ni d'aborder la densité des corps. Seule la notion de masse volumique doit être abordée **de manière intuitive et via des expériences simples**. C'est pourquoi les informations de ce cadre sont à l'usage des enseignants uniquement.

La masse volumique est une caractéristique d'un matériau donné. C'est le rapport entre la masse de ce matériau et le volume qu'il occupe. Ainsi, chacun sait qu'1 kg de plumes prend beaucoup plus de place qu'1kg de plomb ! Ou encore, qu'un litre d'eau et un litre d'huile n'ont pas la même masse.

Au niveau international, la masse volumique est mesurée en **kg par m³** (kg/m³). Mais on peut aussi parler en g/cm³ par exemple. La masse volumique est notée ρ (le rho grec). On dit que $\rho = m/V$, où m représente la masse et V le volume du corps considéré. Ainsi la masse volumique de l'eau est : 1000(kg)/ 1 (m³) soit 1000 kg par m³.

Bien entendu, **le volume d'une masse donnée peut varier** en fonction de différents paramètres : la **chaleur** (qui peut augmenter le volume), la **pression** (notamment pour les gaz), le **degré d'humidité** (par exemple pour le bois), la **quantité d'air incluse dans un solide** (par exemple pour une barque), etc. Dans ce cas la masse volumique varie également.

Ainsi, un bois tendre (résineux) a une masse volumique de 450 kg/m³ environ. Elle est de 900 kg/m³ lorsque le bois contient 50% d'eau. Autre exemple : l'air sec à 20°C a une masse volumique de 1,204 kg/m³. Elle est de 0,972 kg/m³ à 90°C.

La notion de densité ne doit pas être abordée à l'école primaire, bien qu'elle soit proche de celle de masse volumique et que le terme soit parfois utilisé par les enfants.

La densité est le rapport entre la masse volumique d'une matière et celle d'une matière de référence : l'eau pour le calcul de la densité des liquides et des solides. Pour les gaz, c'est la masse volumique de l'air qui est prise comme référence.

La densité s'exprime par un nombre sans unité. Elle suppose le calcul des masses volumiques. On dit que $d = \rho_{\text{corps}}/\rho_{\text{réf}}$. (où d est la densité, ρ_{corps} est la masse volumique de la matière considérée et $\rho_{\text{réf}}$ est la masse volumique de la matière de référence, c'est-à-dire l'eau pour les liquides et les solides).

Par exemple, la densité de l'huile d'olive est 920/1000 soit 0,92.

Lorsqu'on réalise des expériences en superposant **différents liquides**, on est confronté à une autre caractéristique de ceux-ci : **sont-ils ou non miscibles** entre eux ? Ainsi, un colorant se dilue directement dans l'eau. Le sirop de grenadine se diluera également même s'il peut mettre plus de temps. Mais l'huile ne se diluera pas dans l'eau.

Comme la masse volumique de l'huile est plus petite que celle de l'eau et que l'huile et l'eau ne sont pas miscibles, l'huile flotte sur l'eau.

2.5. Matériel nécessaire pour l'activité

- le texte de départ et les hypothèses des quatre enfants fictifs ;
- des gobelets en plastique transparents ;
- des bouteilles d'eau salée préparées à l'avance ;
- de l'huile ;
- du sirop rouge ou vert ;
- du sucre ;
- des cuillères ;
- une balance ;
- du papier journal pour protéger les tables et des vieux tissus pour éponger les débordements éventuels ;
- des bouteilles vides avec un entonnoir pour récupérer les mélanges usagés (ne pas jeter dans l'évier ni dans le WC mais porter au parc à conteneurs !) ;
- les documents pour les élèves (où noter leurs dessins et constats) ;
- si possible des lampes de poche (la dernière expérience est plus jolie à regarder si elle est éclairée).

2.6. Regard sur l'activité

a) Introduction de la problématique

Texte de départ

Du pétrole sur les côtes de Bretagne

Il y a quelques années, le pétrolier « Erika » s'est brisé en deux au large de la Bretagne. 10.000 tonnes de pétrole se sont déversées dans la mer. Tout a été tenté pour éliminer le pétrole avant qu'il n'arrive sur la côte. Des navires ont essayé de pomper le pétrole mais ce n'était pas facile à cause des vagues. Deux autres navires ont commencé à installer 600 m de barrage chacun afin que le pétrole ne se répande pas.

Hélas, tout cela n'a pas suffi. De nombreuses personnes ont dû nettoyer les plages et, à l'heure actuelle, il reste encore des traces de cette catastrophe.

Quatre enfants discutent de ces faits. Ils ont des avis bien différents sur le fait que le pétrole flotte sur l'eau.

Lisa : « *Le pétrole flotte parce qu'il y a beaucoup d'eau dans la mer. S'il y avait moins d'eau, le pétrole coulerait au fond.* »

Yannick : « *Le pétrole reste sur l'eau quand la mer est calme. Si la mer est agitée, le pétrole finirait par se mélanger à l'eau.* »

Anne : « *Le pétrole flotte parce que la mer est salée. S'il n'y avait pas de sel, il coulerait.* »

Loïc : « *Le pétrole flotte parce qu'il est plus léger que l'eau de la mer.* »

La **lecture du texte** et des quatre **hypothèses** motive rapidement les élèves. Un moment peut être ménagé pour que chacun écrive son avis sur les idées émises. Puis un court débat collectif est lancé. Parfois une hypothèse semble avoir plus de poids que les autres mais la plupart du temps les élèves sont partagés entre les quatre points de vue donnés. Certains élèves évoquent d'emblée la nécessité de tester les hypothèses, d'autres tentent d'établir des analogies avec leur vécu.

Voici quelques avis individuels.

- *Je suis d'accord avec Lisa parce que dans la piscine, dans la grande profondeur tout le monde flotte. Dans la petite je ne flotte pas.*
- *Je suis d'accord avec Yannick : si la mer est calme, tout est à sa place. Mais si la mer s'agite, le pétrole risque de bouger dans tous les sens.*
- *Peut-être que ça a aussi à voir avec le sel parce qu'il y a quand même une différence entre l'eau salée et non salée.*
- *Je ne suis pas d'accord avec Loïc parce que moi je trouve que le pétrole est plus lourd que l'eau de mer.*

Quand le débat s'engage, les élèves peuvent s'orienter vers la recherche d'indices objectifs. Ainsi, à propos de l'hypothèse de Loïc (*Le pétrole flotte parce qu'il est plus léger que l'eau de la mer*) :

- Elève** : *Ben non.*
- E1** : *Le pétrole est super lourd.*
- E2** : *C'est un produit chimique.*
- E3** : *Le pétrole va couler plus vite* (un court échange avec l'élève montre qu'il fait un lien avec la viscosité du produit).
- E4** : *Le pétrole est plus léger que la mer parce que la mer, il y en a plus.*
- Instituteur** : *Peut-être que Loïc parle à quantités égales. Par exemple 1 litre d'eau et 1 litre de pétrole : c'est plus ou moins lourd à porter.*
- E1** : *Non le pétrole reste plus lourd.*
- E5** : *Vous pouvez essayer si vous avez une balance.*

b) Confirmation/rejet d'hypothèses par des expériences puis mise en commun

Préparation de l'expérience :

Des groupes sont constitués. Chacun prend en charge une des hypothèses émises, qu'il va devoir vérifier ou contester. Pour cela, il est essentiel de **reformuler avec ses propres mots l'hypothèse** à tester afin de préciser le paramètre à observer (la variable). Cette démarche s'est avérée beaucoup plus complexe que prévu. Que le paramètre à étudier soit trop évident aux yeux des élèves ou au contraire qu'ils ne le repèrent pas, la situation est semblable : à moins d'insister sur la consigne, les élèves négligent la reformulation pour passer d'emblée à la préparation de l'expérience. Parfois les élèves recopient simplement la phrase de départ ou se demandent seulement si l'enfant dont ils testent l'idée a raison ou non.

Exemple à propos de l'hypothèse de Lisa :

Chercheur : Qu'allez-vous essayer de vérifier ?

Elève : On essaie de vérifier si ce qu'elle dit est juste.

C : Essayez de dire ce que Lisa dit avec vos propres mots.

E : Elle dit que s'il y avait moins d'eau, le pétrole il coulerait au fond et s'il y avait plus d'eau, comme il y a plus d'eau, le pétrole, il flotterait.

(Extrait d'observation en cours d'activité en 5^e année)

La **précision des consignes** joue un rôle essentiel. Exemple :

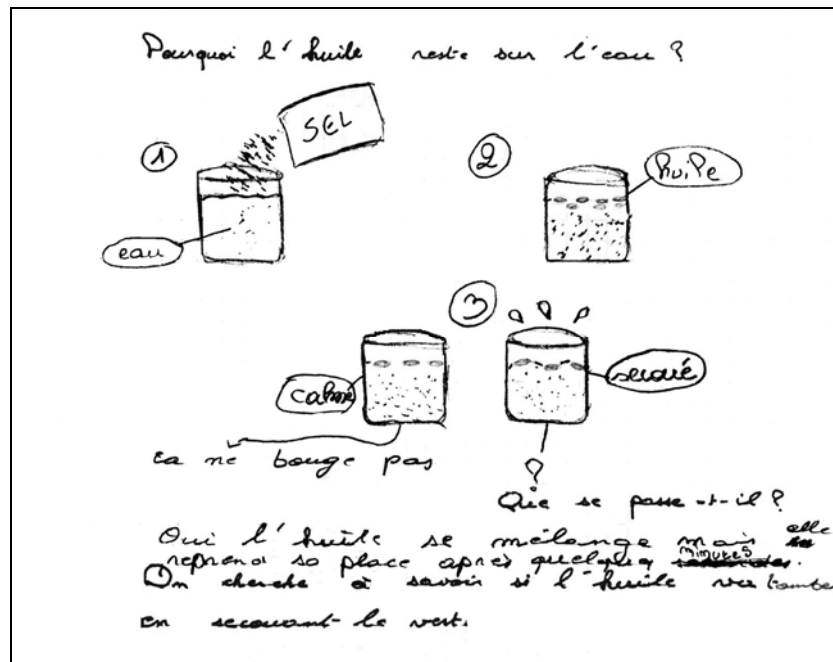
« Je ne vous demande pas si vous êtes d'accord ou non avec l'enfant. Je ne vous demande pas de faire tout de suite l'expérience.

Vous commencez d'abord par dire : « Dans la première expérience, nous allons vérifier si ...

Et voilà ce qu'on va faire pour cela : ... »

Pour faire les expériences, on n'utilise pas de pétrole mais un liquide qui possède certaines de ses caractéristiques : l'huile. Le **remplacement du pétrole par l'huile** pour les expériences soulève peu de réserves car les élèves acceptent volontiers que l'huile remplace un produit dangereux surtout lorsque l'enseignant précise clairement que les deux liquides « se ressemblent un peu ».

Voici un document réalisé par un groupe d'élèves de 6^e année:



La première reformulation donnée par le groupe est : « Pourquoi l'huile reste sur l'eau ? ». C'est évidemment ce qui interpelle d'abord les enfants mais la question reste trop globale et ne permet pas d'identifier clairement la variable que le groupe va explorer. Une deuxième reformulation (« On cherche à savoir si l'huile va tomber en secouant le verre. »), présentée en dernière ligne, est la réponse à une question de clarification posée par l'enseignant : « Que voulez-vous savoir avec cette expérience ? Que voulez-vous vérifier ? ». Un saut qualitatif est manifeste dans cette deuxième expression puisque les élèves évoquent cette fois la variable à étudier, qui fait écho à l'hypothèse de Yannick.

Après avoir reformulé l'hypothèse à tester, les élèves préparent un **dispositif expérimental**. Bien sûr, ils préféreraient entrer le plus vite possible dans l'action et ne se préoccupent pas d'emblée de prévoir un verre « témoin ». Celui-ci permet cependant de montrer clairement ce qui se passe dans deux situations contrastées : eau avec ou sans sel, eau calme ou agitée, beaucoup ou peu d'eau. Pour la dernière hypothèse, la balance sera l'outil indispensable afin de peser une même quantité d'huile et d'eau.

Préparer un **dispositif et un protocole expérimental** (ou, plus simplement pour l'école fondamentale : **un plan d'expérience**) est un travail d'anticipation et d'abstraction qui reste difficile pour beaucoup d'élèves mais qui est indispensable pour bien gérer l'expérience. Les élèves ont tendance à imaginer globalement l'expérience et ont envie d'agir immédiatement. S'il y a des ajustements ou des comparaisons à faire, ils pensent les faire « sur le tas » en recommençant l'expérience. Il est essentiel que ces élèves comprennent le bien-fondé d'un plan d'expérience pour rassembler le matériel utile, prévoir une situation témoin, envisager les étapes nécessaires en vue de tester l'hypothèse, etc.

Mise en commun des préparations

Des questions peuvent aider les élèves à évaluer leur « plan d'expérience ».

- *Avez-vous bien repéré ce que vous devez vérifier/tester ?*
- *Avez-vous prévu de comparer deux situations contrastées ? Lesquelles ? Pourquoi est-ce important de comparer deux situations (par exemple : eau salée ou non salée dans l'hypothèse d'Anne) ?*
- *Tous les éléments présents dans les deux situations sont-ils semblables sauf ce qu'il faut vérifier ? Pourquoi est-ce important ? Pourquoi ne doit-on changer qu'une seule chose à la fois ?*
- *Quelles quantités des liquides allez-vous prendre chaque fois ? (S'assurer que les élèves ne prévoient pas de trop grandes quantités pour chaque liquide et qu'elles sont comparables si l'hypothèse le demande).*

Suite du travail en groupe : réalisation des expériences

Les élèves réalisent les expériences. Au cours et à la fin de celles-ci, il convient de **prendre des notes**. De manière générale, les élèves écrivent peu, même quand l'enseignant demande explicitement de noter ses observations. Cette situation s'explique surtout par l'investissement des enfants dans l'action et par le fait qu'ils ne comprennent pas l'utilité de l'écrit (ils pensent pouvoir tout mémoriser !). Mais dans le cas présent, un autre élément s'ajoute à cela : la manipulation de l'huile impose certaines précautions pour éviter les taches sur les tables, les documents ou les vêtements. Il peut s'avérer plus pratique dans certaines classes de reporter en fin d'activité la production d'un document écrit, même si certains élèves s'accommodent très bien de la situation comme on le voit ci-après :



Les observations peuvent consister en annotations plus ou moins brèves en marge du texte ou du dessin composant le plan d'expérience : « Ça ne remonte pas. » ou « Oui c'est vrai. ». Dans d'autres cas, l'observation est synthétisée dans une phrase de conclusion : « Anne a tort car il n'y a pas de sel et l'huile flotte toujours. », « L'huile ne coule pas lorsqu'on agite le mélange. Donc Yannick a faux. », etc.

Voici l'exemple d'un compte rendu en fin d'activité dans lequel les élèves ont indiqué leurs observations directement sur le protocole en répondant « non » à la question « Est-ce que ça coule ? »

Avant de prendre le matériel, préparez votre expérience par écrit :
- Qu'allez-vous tenter de vérifier ? Ecrivez-le avec vos propres mots.

Si l'huile flotte avec du gel ou dans sel (parce que la mer est salée)

- Comment allez-vous faire ?

On va mettre de l'eau dans un gobelet on va ajouter du sel. et dans le deuxième sans sel pour voir si il coule ou pas

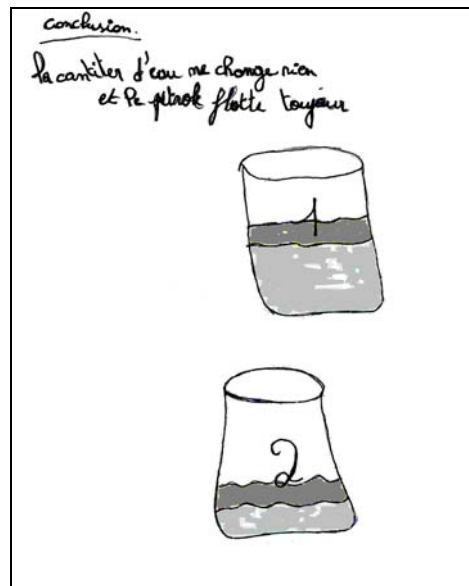
DESSIN

Est-ce-que ça coule ? non

Est-ce-que ça coule ? non

On note que l'hypothèse reformulée est correcte mais approximative et que le protocole est un peu confus. Le texte et les dessins se complètent néanmoins pour donner une vision assez claire du projet. Les dessins présentent deux situations contrastées : avec et sans sel, l'ajout de sel étant symbolisé par une salière. Toutefois, cet ajout semble être fait par-dessus l'huile alors que le texte dit que le sel est ajouté à l'eau. Les deux situations ne sont pas réellement comparables (tailles différentes des gobelets, quantités de liquides ambiguës) et la représentation des liquides dans les gobelets est un peu irréaliste (forme ondulée ou bossue). Deux questions-clés figurent sous les dessins avec la réponse qui a été ajoutée ensuite.

Idéalement le compte rendu devrait se terminer par une **conclusion**. Certains élèves y pensent d'ailleurs spontanément. Par exemple : « *Oui, l'huile se mélange mais elle reprend sa place après quelques minutes.* ». La conclusion peut être accompagnée d'un schéma, comme c'est le cas dans l'exemple suivant.



Le texte est clairement illustré par le schéma. Les deux situations contrastées sont dessinées, l'huile et l'eau étant symbolisées par des couleurs différentes et figuratives (l'eau en bleu, l'huile en jaune). Les quantités utilisées ne sont pas chiffrées mais on voit clairement que la quantité d'huile est identique sur des quantités d'eau différentes.

Un compte rendu scientifique comprend généralement plusieurs parties dont on retiendra pour le niveau primaire :

- la (re)formulation de l'hypothèse (*ce que je vais vérifier, tester*) ;
- le protocole ou plan d'expérience (*comment je vais procéder et ce dont j'aurai besoin*) ;
- les observations (*ce que j'ai vu, remarqué, observé*) ;
- la conclusion (*ce que je retiens de l'expérience et les questions que je me pose encore*).

Une **mise en commun** des conclusions clôturera cette première étape de l'activité. Cette mise en commun est indispensable car elle permet de rassembler les observations de chaque groupe et de répondre à la question de départ : parmi les hypothèses formulées par les enfants, quelles sont celles qu'on peut rejeter ? Ainsi la notion de masse volumique se précise peu à peu.

Les élèves auront pu voir que l'huile flotte sur l'eau. Dans un des groupes au moins, ils auront comparé les masses des 2 liquides en prenant le **même volume** de chacun et en le pesant : 50 ml d'huile est plus léger que 50 ml d'eau. Il est important d'insister et de remonter si nécessaire **qu'on prend des volumes égaux**. On peut dire alors que la masse volumique de l'huile est plus petite que celle de l'eau. Dans « masse volumique », on reconnaît les mots « masse » et « volume » parce qu'on tient compte de ces deux caractéristiques en même temps. Ainsi des chercheurs ont mesuré la masse volumique de 1m^3 d'eau. Ils ont trouvé 1000 kg par m^3 . Ils ont mesuré la masse volumique de l'huile d'olive et ont trouvé 920 kg par m^3 .

c) Observation d'un troisième liquide et rassemblement des acquis

Une fois clarifié le fait que l'huile flotte sur l'eau que cette dernière soit en plus ou moins grande quantité, qu'elle soit salée ou non, agitée ou non, une fois constaté que l'huile est plus légère que l'eau à quantités égales, on peut introduire un nouvel élément pour comprendre la situation : la **notion de miscibilité**.

On présente aux élèves trois récipients contenant chacun 50 ml d'un liquide différent : de l'eau, de l'huile et du sirop. Les quantités des liquides sont semblables. Que va-t-il se passer si on les mélange ? Les enfants se lancent dans diverses prédictions, avec plus ou moins de commentaires et d'hypothèses explicatives.

- Ça ne se mélangera pas avec l'eau mais ça ira au fond.
- La grenadine va se mélanger avec l'eau ou elle va rester coincée à cause de l'huile.
- La grenadine va aller en dessous et l'eau sera au milieu. L'huile sera au-dessus.
- Ça va faire un trou. La grenadine va passer dans l'eau et aller vers le fond et se mélanger quand même.

Comment pourrait-on faire pour être un peu plus certain de son idée mais sans réaliser l'expérience ?

Les suggestions peuvent être réalisées pour autant qu'elles ne demandent pas de mélanger les liquides. Il est probable que les enfants suggèrent rapidement de peser les liquides en disant que « le plus lourd ira au fond, le plus léger au dessus ». On peut alors comparer les masses des 3 liquides en prenant le même volume de chacun et en le pesant. On constate que 50 ml de sirop est plus lourd que 50 ml d'eau et que 50 ml d'huile. On peut dire que la masse volumique du sirop est supérieure à celle de l'eau et à celle de l'huile.

On passe alors à la vérification : le sirop est versé, puis l'eau, puis l'huile. Si on respecte cet ordre de superposition sans trop faire attention à la manière dont on verse l'eau, l'essai montrera que l'eau et le sirop se mélangent assez bien et que l'huile surnage.

- Les hypothèses se vérifient-elles ?
- Quelles questions vous posez-vous ?
- Et si on avait mélangé les liquides avec une cuillère ?
- Et si on les avait superposés dans un autre ordre ?
- Et si on avait attendu longtemps ?

Essais complémentaires

Les différentes idées doivent être testées. Certaines peuvent être mises à l'épreuve immédiatement comme par exemple, mélanger les liquides avec une cuillère. On peut aussi prévoir de mettre des gobelets « en attente » pendant plusieurs jours pour voir ce qui se passera.

Par contre, si on veut tester différents ordres pour le versement des liquides, il faut prévoir une expérience plus organisée. La liste des différents ordres possibles est indispensable.

Faire cet ensemble d'expériences en petits groupes peut être intéressant mais cela prend du temps et surtout, cela nécessite une très bonne organisation des groupes pour gérer les apports de chacun. Il peut donc s'avérer plus simple de faire les 6 expériences face à la classe en s'arrêtant avant de verser chacun des liquides pour demander ce qui va se passer. Il convient toutefois de respecter un minimum de précautions :

- mettre chaque fois les mêmes quantités de liquides,
- les superposer délicatement,
- ne pas agiter le mélange.

Les résultats peuvent être notés dans un tableau récapitulatif :

Ordre de superposition	Observations
Sirop + eau + huile	
Sirop + huile + eau	
Eau + sirop + huile	
Eau + huile + sirop	
Huile + eau + sirop	
Huile + sirop + eau	

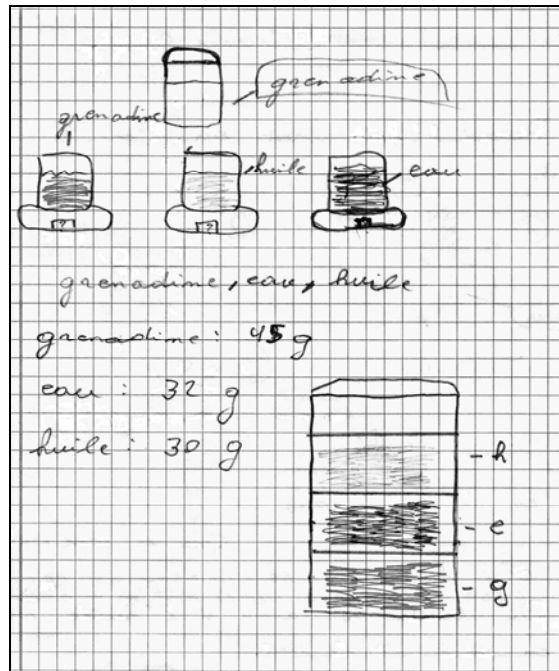
Dans certaines classes, les élèves ont complété l'expérience en mélangeant les trois liquides avec une cuillère puis en les laissant reposer. Ils ont alors observé que le sirop et l'eau se mélangent l'un à l'autre et que l'huile revient au-dessus.

Le sirop et l'eau sont miscibles. Toutefois, ils se mélangent plus ou moins rapidement selon les conditions de l'expérience³⁵. L'huile et l'eau ne sont pas miscibles, l'huile et le sirop non plus. La notion de miscibilité, dont les manifestations pratiques sont vécues quotidiennement par les élèves, s'est avérée simple à saisir même si le terme lui-même n'est pas bien retenu.

La combinaison des notions de miscibilité et de masse volumique est une démarche un peu plus complexe mais relativement bien acceptée dans ses effets observables même si un peu d'aide est parfois nécessaire. Selon l'ordre de superposition des liquides, le sirop se mélange plus ou moins rapidement à l'eau. Dès lors on peut observer soit trois liquides superposés avec une couche indéfinie entre l'eau et le sirop, soit un mélange d'eau et de sirop sur lequel surnage l'huile.

³⁵ L'ordre de superposition, la délicatesse de la manipulation, les quantités respectives des liquides, l'agitation ou non des liquides peuvent influencer le résultat mais tout ne peut être vérifié par les élèves en une seule fois car la combinaison des variables peut devenir très complexe.

Illustration :

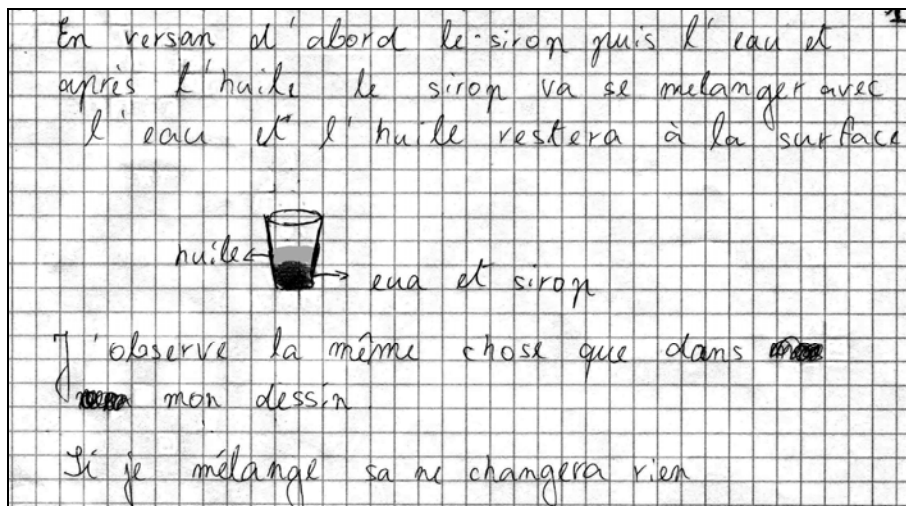


(Production d'un élève de 6^e année.)

Dans cet exemple, on voit que les élèves ont pris le même volume des trois liquides et qu'ils les ont pesés. Ils ont alors dessiné le résultat de la superposition. Celui-ci correspond à ce qu'on pouvait attendre en connaissant les masses volumiques.

Voici un autre exemple :

Dans la première partie, l'élève observe que l'eau et le sirop se mélangent immédiatement et dans la seconde, que ces liquides se superposent. Toutefois, l'élève ajoute dans l'encadré à droite « si on mélange il n'y a que l'eau et le sirop qui vont se mélanger ».





Un rassemblement de toutes les observations clôture cette deuxième étape de l'activité. Il conduit à **combiner les notions de masse volumique et de miscibilité**.

d) Application à une expérience amusante

Pour **conforter les acquis des élèves** en élargissant quelque peu le contexte d'application, l'expérience suivante peut être proposée : on superpose délicatement de l'eau, de l'huile et du sirop. L'huile reste au-dessus de l'eau et le sirop descend au fond, se diluant à peine dans l'eau. On verse délicatement deux cuillères de sucre sur l'huile. Il descend d'un coup au fond du gobelet entraînant une partie de l'huile. Celle-ci remonte en bulles d'abord rapides puis plus lentes à la surface. La lumière d'une lampe de poche (ou plus simplement du soleil !) rend l'expérience plus jolie à regarder car cela imite un peu une « lampe à lave ».

Les élèves observent le phénomène et le décrivent en quelques mots en tentant une explication. Cette troisième phase de l'activité apporte une confirmation de ce que les élèves ont appris tout en les obligeant à dépasser dans leurs commentaires le cadre strict des expériences précédentes. L'intérêt est renforcé par l'effet esthétique obtenu et par la fierté de pouvoir l'expliquer.



Comment expliquer ce phénomène ?

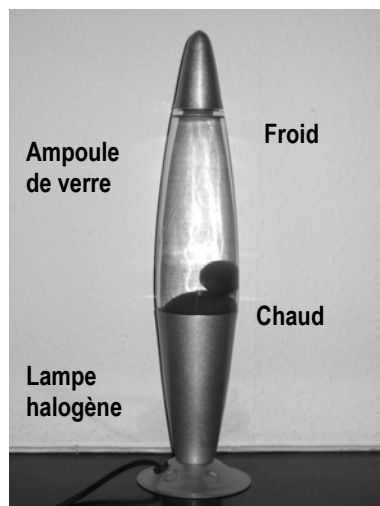
L'huile flotte sur l'eau parce que sa masse volumique est plus petite que celle de l'eau. En outre, elle ne se mélange pas à l'eau. Le sirop tombe au fond parce que sa masse volumique est la plus grande. Il est possible qu'il se dilue un petit peu dans l'eau³⁶. Le sucre a une masse volumique plus grande encore que celle du sirop. Il descend au fond du gobelet en entraînant de l'huile. L'huile se dégage du sucre et remonte en bulles à travers l'eau.

³⁶ Le mélange n'est pas direct. On peut formuler l'hypothèse que le sirop entraîne un peu d'huile au fond de l'eau et que l'huile se dégagerait lentement. Mais il est difficile de vérifier cette hypothèse à l'œil nu.

e) Ouvertures vers d'autres observations

Cette activité peut engendrer de nombreux prolongements. En voici deux parmi bien d'autres.

La première se situe dans la ligne directe des expériences et consiste à expliquer le fonctionnement d'une vraie lampe à lave. Cette explication est plus complexe que ce que les élèves ont vu en classe mais intéresse beaucoup d'entre eux.



Dans la lampe à lave la chaleur joue un rôle en changeant la masse volumique de la cire colorée. Au départ, la masse volumique de la cire froide est plus grande que celle du liquide et donc la cire est dans le fond de la lampe.

Lorsque la lampe chauffe, la masse volumique de la cire chauffée devient plus petite que celle du liquide et la cire monte dans la lampe.

Quand elle arrive au dessus, elle n'est plus chauffée et elle se refroidit. Elle redescend alors dans le fond de la lampe.

NB : Une vraie lampe à lave est l'affaire de spécialistes car elle présente des dangers (le liquide utilisé est très toxique). C'est aussi pourquoi la lampe à lave ne doit jamais être ouverte.

La seconde est la lecture d'un tableau des masses volumiques de quelques matières. Ce tableau permet à certains élèves de clarifier la notion de masse volumique en percevant mieux la notion de « volume constant ».

Matières	Masses volumiques en kg/m ³
Eau	1000
Eau de mer	1030
Lait	1030
Sirop de grenadine	1300
Huile d'olives	920
Pétrole	800
Sable	1600
Or	19300
Bois de sapin bien sec	450

- Quel volume de chaque matière a-t-on pris chaque fois ?
- Quelle matière est la plus lourde ? La plus légère ? (A volume égal !)
- Cite une matière qui coulera sûrement au fond de l'eau.
- Cite une matière qui flottera sûrement sur l'eau.

Le tableau est de structure simple et tous les élèves comprennent qu'on donne une même information à propos de différentes matières. Mais quelle est cette information ? Le titre n'est pas très éclairant. Beaucoup d'élèves ne savent pas comment lire l'expression « kg/m³ » et lui donnent difficilement un sens.

Si on leur explique qu'on a pesé 1 m³ d'eau et que les 1000 kg observés correspondent au nombre indiqué en face de l'eau, certains élèves perçoivent rapidement l'intérêt de comparer les données chiffrées entre elles. D'autant qu'ils peuvent faire - avec une satisfaction visible - un lien avec l'activité vécue en classe. Ils ont observé que l'huile flotte et que le sirop coule, et cela correspond aux différences dans les données du tableau !

Chercheur : Est-ce que tu peux lire cette expression-là ?

Élève : *Masse volumique en Kg cube, donc 3 c'est le volume.*

C : Ça se lit masse volumique en kg par m³.

E : *Donc c'est un kilo au m³.*

C : Oui si on veut, mais pas pour tout. Ici par exemple quand on écrit devant l'eau 1000, ça veut dire quoi ?

E : *Ça veut dire que c'est 1000 kg au m³.*

C : C'est à dire qu'on a pris quel volume ?

E : *On a 1m³, donc 1 cube de 1 m avec de l'eau remplie dedans, on l'a mis par exemple sur une balance, on voit que ça fait 1000 kg, donc 1 tonne.*

C : Et, par exemple, quand on dit que l'huile d'olive c'est 920.

E : *Ça veut dire que l'huile d'olive, on a pris 1m³ d'huile d'olive, on a mis sur la balance et on a vu que ça faisait 920 kg.*

(Extrait d'entretien avec un élève de 6^e année)

L'utilisation pragmatique du tableau semble aisée et certains élèves atteignent déjà un très bon niveau de compréhension.

2.7. Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves

a) *Conceptualisation des expériences*

Les expériences sur la masse volumique se sont avérées complexes non pas dans leur réalisation mais dans la conceptualisation qu'elles impliquent. Les notions abstraites qui sont liées aux observations ne peuvent qu'être approchées, même si certains élèves atteignent un niveau de compréhension déjà remarquable. Il faut également signaler que des notions plus simples comme le volume, la capacité ou la masse sont loin d'être maîtrisées alors qu'elles sont indispensables à une bonne compréhension de la masse volumique.

Une grande difficulté pour les élèves est d'admettre que si la masse volumique de l'huile est inférieure à celle de l'eau, l'huile flottera sur l'eau « *même si on prend un peu d'eau et beaucoup d'huile* ». Il est donc tout à fait contre-intuitif de penser qu'1 kg d'huile est susceptible de flotter sur ½ kg d'eau ! Cette difficulté conceptuelle est accentuée par le fait que l'huile est un liquide visqueux, caractéristique associée intuitivement mais erronément à une augmentation de la masse.

Chercheur : Ça n'a pas d'importance la quantité ?
Élève : *Si.*
C : Pourquoi ?
E : *Parce que s'il y a plus d'huile ça coulerait.*
C : Tu as l'impression que si on met plus d'huile ça va couler ?
E : *Oui.*
C : Il n'y a pas un groupe qui a essayé ça ?
E : *Si.*
C : Et qu'est-ce qui s'est passé ?
E : *Ça n'a pas coulé.*

(Extrait d'entretien avec un élève de 6^e année)

On ne peut donc être surpris par le fait qu'au terme de l'activité, des doutes subsistent chez les élèves. Certains n'hésitent pas à remettre en cause ce qu'ils ont observé au cours de l'activité. Des expériences similaires devraient être répétées avec des matières différentes, dans des contextes différents, afin qu'au début du secondaire les élèves aient une première idée de ce que peut être la masse volumique, même si cette idée reste intuitive et liée à l'expérience concrète³⁷. Il ne peut s'agir en aucun cas de mémoriser des mots sans signification. Les activités offrent aussi l'occasion de raffermir les notions de capacité, de masse et de volume.

Par ailleurs, dans ce type de situation on utilise souvent des expressions telles que « plus lourd » ou « plus léger ». Ces mots se révèlent ambigus car les enfants oublient volontiers le volume de référence. Ils risquent alors de penser que si on met beaucoup plus d'huile que d'eau, l'huile coulera. Le concept en jeu est le caractère relatif de la masse volumique.

b) Cohérence entre le récit et les expériences

La question qui se pose ici est le degré de proximité des expériences menées en classe avec le récit qui a motivé le travail. Si les élèves acceptent volontiers que le pétrole soit remplacé par de l'huile pour des raisons de sécurité et d'hygiène, ils sont plus réticents à utiliser de l'eau sans sel : faut-il que tout le monde teste son hypothèse une première fois avec de l'eau salée, une seconde fois avec de l'eau douce ? Quelle quantité de sel faut-il mettre dans l'eau ?

E : *Le sel, ça pèse quand même !*
E : *Le sel, c'est difficile parce qu'il y a des mers plus salées et d'autres moins salées... On va mettre combien de sel ?*

(Réactions d'élèves de 6^e année)

Afin que les élèves ne soient pas arrêtés par cette difficulté dès le départ et pour rester cohérent avec le récit, il est suggéré de proposer d'emblée à tous les élèves de l'eau salée (« eau de mer »). Un groupe comparera l'utilisation de cette eau avec celle de l'eau douce. Cette cohérence entre le récit de départ et les expériences aide fortement certains élèves.

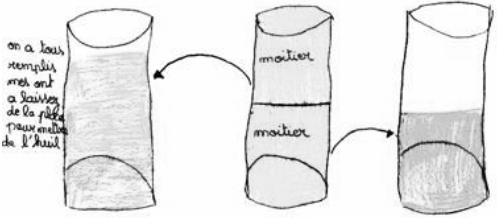
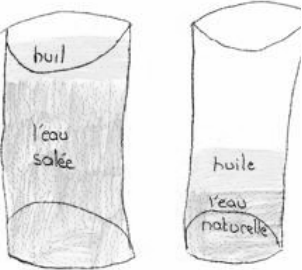
c) Outils d'écriture

En cours d'activité, il est demandé aux élèves d'écrire tantôt leurs hypothèses, tantôt un protocole, tantôt des observations ou des conclusions. Nous avons noté déjà que ces démarches ne sont pas toujours spontanées. Cependant elles permettent de prendre du recul, de garder une trace écrite de ses découvertes, de dialoguer avec les autres groupes.

³⁷ Pour rappel, aucune certification à ce sujet n'est attendue au terme de la 6^e année.

C'est aussi l'occasion pour les élèves d'utiliser des outils de base : textes, schémas ou dessins plus ou moins annotés. Voici quelques illustrations commentées.

Exemple 1 :

<p>L'enfant rapporte l'expérience qu'il a faite en classe. Dessin 1 : l'expérience</p>  <p>Dessin 2 : le résultat</p> 	<p>L'enfant fait le premier dessin qui décrit l'expérience. Chercheuse : Est-ce que tu peux maintenant me dessiner le résultat final ? (El. dessine le dessin 2) C : Là, tu as dessiné beaucoup d'eau salée avec l'huile au-dessus et puis là tu as mis de l'eau naturelle, un petit peu, avec l'huile au-dessus. Comment cela se fait-il ? Élève³⁸ : <i>Tant que je sais bien que les deux, une grosse partie d'eau salée, la petite partie d'eau salée, toujours l'huile elle monte. Alors j'ai fait le contraire et ça monte aussi avec l'eau naturelle.</i> C : Si quelqu'un arrivait dans la pièce, est-ce qu'il comprendrait bien ce qui s'est passé ? E : <i>Non, je ne crois pas.</i> C : Qu'est-ce qu'il faudrait pour qu'il comprenne ? E : <i>Je gomme l'eau naturelle, je mets l'eau salée et je vais faire encore 2 gobelets avec l'eau naturelle.</i></p>
---	---

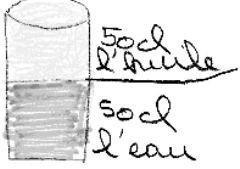
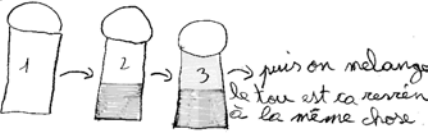
(Extrait d'entretien avec un élève de 6^e année).

Dans cette représentation, l'enfant a d'abord montré ce qui a été fait en classe. Son dessin exprime bien qu'on a mis la même quantité d'huile dans chaque gobelet puisqu'on a mis les deux moitiés d'un même récipient. Il s'agit d'une représentation purement symbolique car dans les faits, les quantités d'huile ont été mesurées séparément dans deux gobelets différents. En outre, les proportions sont irréalistes : il est impossible de verser l'huile dans les gobelets sans que le liquide déborde. L'élève l'a bien compris puisqu'il a annoté son dessin : « On a tout rempli mais on a laissé de la place pour mettre de l'huile ». Le dessin a pour but de traduire une idée précise : on a pris deux quantités différentes d'eau auxquelles on a ajouté deux quantités identiques d'huile.

Quant aux résultats de l'expérience, ils englobent deux hypothèses : celle liée à la quantité d'eau et celle liée à la présence de sel. Le but de l'élève était de montrer que les résultats sont similaires. Mais l'économie recherchée dans le schéma va trop loin et ne permet plus au lecteur de comprendre qu'il y a eu en fait 2 expériences successives. L'enfant l'admet volontiers et propose une solution plus pertinente.

³⁸ Cet élève s'exprime difficilement en français. Son explication peut se comprendre comme suit : « Je sais bien que l'huile remonte toujours, qu'on prenne une grande ou une petite quantité d'eau salée. Alors j'ai pris « le contraire de l'eau salée » (à savoir de l'eau naturelle) et cela marche aussi. »


Exemple 2 :

<p>L'élève rapporte l'expérience proposée.</p> <p>Dessin 1 :</p>  <p>Dessin 2 :</p> <p>on a pris un verre en plastique, ensuite on a pris de l'eau de mer puis de l'huile</p> 	<p>(E. dessine uniquement le verre avec l'eau et l'huile.)</p> <p>C : Si quelqu'un arrive ici et voit ton dessin... Il va comprendre de quoi il s'agit ? Tu es sûr ?</p> <p>E : <i>Oui, parce que l'eau est plus lourde que l'huile.</i></p> <p>C : Oui mais si quelqu'un arrive dans la pièce, qu'il ne parle pas avec toi, et qu'il voit ça, est-ce qu'il va comprendre ?</p> <p>E : <i>Ben...</i> (Il ajoute les 2 annotations)</p> <p>*****</p> <p>C : Maintenant, tu me dessines ce que vous avez fait.</p> <p>E : <i>Je peux écrire ?</i></p> <p>C : Tu peux écrire, tu dessines, tu fais tout ce que tu veux pourvu qu'une personne qui entre ici comprenne. (Il dessine et écrit) Voilà. Donc, tu as écrit : "on a pris un verre en plastique, on a pris de l'eau de mer puis de l'huile". Puis tu as fait ton petit dessin... Pourquoi as-tu mis des flèches entre les 3 ?</p> <p>E1 : <i>Pour montrer qu'on a pris une première chose...</i> (L'enfant ajoute des numéros.)</p> <p><i>On a pris un verre, ensuite on a pris de l'eau, un verre avec de l'eau...</i></p>
--	---

(Extrait d'entretien avec un élève de 6^e année)

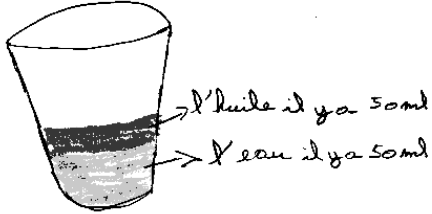

Dans ce deuxième exemple, on voit que, avec un peu d'aide, le premier schéma est court et bon : il donne de manière synthétique les informations indispensables (y compris les quantités) pour décrire le résultat de l'expérience. La procédure décrite ensuite est également précise. Le schéma utilise les ressources picturales pour décrire les étapes de la procédure et le texte fournit des informations utiles complémentaires.

Exemple 3 :

<p>L'enfant rapporte l'expérience proposée.</p> 	<p>C : Tu peux me commenter un petit peu ton dessin... ?</p> <p>E : <i>Il a mis 50 ml d'huile et 50 ml d'eau. Il a mis quoi d'abord ?</i></p> <p>C : Il a mis l'huile pour commencer.</p> <p>E : <i>Je crois qu'au début l'eau va prendre de l'huile puis l'huile va remonter par bulles, rapidement. Et alors comme résultat final, il y a l'eau en dessous qui est plus lourde que l'huile et l'huile au-dessus.</i></p> <p>C : Et pourquoi as-tu fait des petites bulles là, dans l'huile ?</p> <p>E : <i>Parce que la dernière fois quand on avait mis l'huile et l'eau, il y avait quelques petites bulles pendant quelques temps.</i></p> <p>C : Et après quelques temps, elles étaient toujours là ?</p> <p>E : <i>Non. Après c'était tout calme.</i></p>
---	--

Dans cette troisième production, on note le petit détail réaliste des bulles d'huile, dont l'enfant sait qu'elles finiront par disparaître. Son observation à ce sujet est très précise et se reflète dans sa production. Par contre, les quantités d'eau et d'huile (50 ml précise-t-il dans ses annotations) ne sont pas semblables dans le dessin.

Exemple 4 :

<p>L'enfant rapporte l'expérience proposée.</p>	<p>C : Si quelqu'un d'extérieur vient ici, sait-il ce que c'est ? Comprend-il tout ? E : <i>Non.</i></p>
<p>Dessin 1 :</p> 	<p>C : Sait-il combien il y en a ? E : <i>L'eau il y a 50 ml et l'huile 50 ml mais il y a un petit peu moins d'huile en fait.</i> C : Pourquoi est-ce qu'il y a moins d'huile ? E : <i>Parce que l'eau est plus lourde que l'huile et l'huile est moins lourde que l'eau.</i> C : Mais si je mets 50 ml d'eau et 50 ml d'huile ? E : <i>Ça ne va pas être la même...</i> C : La même quoi ? E : <i>Capacité.</i></p>
<p>Dessin 2 :</p> 	<p>[...] C : Ca prend la même place 50 ml d'eau et 50 ml d'huile ? E : <i>Non</i> C : 50 ml c'est un volume, que ce soit l'huile ou l'eau. 50 ml c'est 50 ml. Ca prend la même place mais ça ne pèse pas la même chose. E : <i>Oui.</i> C : Qu'est-ce qui est le plus lourd ? E : <i>L'eau.</i> C : Dans la balance, ça pèse plus mais quand je mets dans un récipient, ça prend exactement la même place. Est-ce que tu les as dessinés qui prenaient exactement la même place ? E : <i>Non, voilà.</i></p>

Lorsqu'on regarde le schéma proposé, on s'aperçoit que l'enfant a représenté moins d'huile que d'eau alors qu'il précise clairement qu'il s'agit de 50 ml dans les deux cas. On pourrait penser qu'il a tenu compte de l'élargissement du verre. Ce n'est pas le cas, comme le montre le dialogue. Il est persuadé qu'il faut un peu moins d'huile. Quant à la notion de capacité, elle ne semble pas stabilisée.

Ces quelques exemples montrent combien les écrits sont révélateurs des incompréhensions et des doutes des élèves. Les interroger, autant que possible, sur leurs productions écrites permet de clarifier certains points, de corriger des erreurs et de les aider à construire un apprentissage plus solide.

2.8. Documents pour les élèves

Carnet de route pour l'organisation des expériences

1. L'eau et l'huile : préparation de l'expérience

Vous aurez à votre disposition :

- des gobelets gradués,
- de l'eau salée,
- de l'eau douce,
- de l'huile,
- une balance,
- des marqueurs pour écrire sur les gobelets.

Avant de prendre le matériel, préparez votre expérience par écrit :

- Qu'allez-vous tenter de vérifier ? Écrivez-le avec vos propres mots.

- Comment allez-vous faire ? (Un petit dessin peut-être)

2. L'eau et l'huile : réalisation de l'expérience

Allez chercher le matériel utile et réalisez l'expérience prévue. Notez les résultats observés (dessin et texte)

Quelles sont vos conclusions ?

3. Rassemblons toutes les informations

Combien pèse chaque liquide ?

	Masse
50 ml d'eau	
50 ml d'huile	
50 ml de sirop	

Les liquides se mélangent-ils ? (miscibilité)

Liquides	Miscibilité
Sirop + eau	
Sirop + huile	
Eau + huile	

L'ordre de superposition des 3 liquides joue-t-il un rôle ?

Ordre de superposition	Observations
Sirop + eau + huile	
Sirop + huile + eau	
Eau + sirop + huile	
Eau + huile + sirop	
Huile + eau + sirop	
Huile + sirop + eau	

Conclusion :

4. Une expérience jolie et curieuse

- 1) Superposez délicatement de l'eau (environ 2dl), puis de l'huile (environ 50ml), puis du sirop (environ 50ml). Laissez reposer 30 secondes.
Préparez du sucre (environ 2 cuillères à café) et une lampe de poche
- 2) Allumez la lampe de poche et tenez-la au-dessus du gobelet. Ne remuez pas la table.
Verser délicatement le sucre sur l'huile en visant le centre du gobelet (évitez les bords).
Observez ce qui se passe pendant quelques minutes.
- 3) Décrivez ce que vous avez observé.
- 4) Comment expliquez-vous ce phénomène ?

2.9. Quelques astuces pratiques

Avant de commencer les expériences, il peut être utile de rappeler aux élèves que l'huile est une matière grasse et visqueuse. D'où :

- 1) Bien dégager la table sur laquelle se font les expériences et la recouvrir de papiers journaux.
- 2) Les « résidus » des expériences peuvent être une source de pollution si on les vide dans l'évier. Une bouteille (ou autre récipient) doit être prévue pour récolter les « restes » qui seront alors déposés au parc à conteneurs.
- 3) Pour mesurer les volumes de liquides, il est difficile d'utiliser un même cruchon mesureur. En effet, dès qu'on y aura mis de l'huile, il sera difficile d'y mettre de l'eau ou du sirop. Il peut donc s'avérer utile de marquer des gobelets avant ou pendant l'activité. Par exemple, des repères pour 50 ml, 1dl et 2 dl de liquide.

CH. 3. LES LEVIERS

3.1. L'activité en bref

Le point de départ de l'activité est de proposer à un élève de soulever le coin d'une armoire (ou tout autre meuble lourd) en vue d'y glisser une cale, en utilisant une barre solide et un plot de bois.

Ensuite, les élèves sont invités à vivre le même type de situation mais cette fois en utilisant un matériel plus petit (un « modèle réduit »). Avec ce matériel, ils sont amenés à relever deux défis dans le but de mieux comprendre le fonctionnement des leviers.

A différents moments de l'activité, les élèves sont encouragés à noter leurs observations à l'aide de schémas annotés.

3.2. Ce qui est visé

Sur le plan des savoirs

- Comprendre le principe des leviers.

Sur le plan de la démarche scientifique

- Formuler des questions à partir de l'observation d'un phénomène pour préciser une énigme à résoudre.
- Observer de manière ciblée, structurée, organisée en fonction de critères préalablement définis.
- Schématiser une situation expérimentale et rédiger le compte rendu d'une manipulation.
- Réinvestir dans d'autres situations les connaissances acquises.

Le rôle de l'écrit dans l'activité

C'est principalement le schéma qui est envisagé dans cette activité. Il a essentiellement pour but de communiquer une démarche permettant de relever un défi (soulever un poids lourd).

Un des prolongements possibles de l'activité amène les élèves à décoder des documents à caractère historique. Il y a là une facette de lecture-décodage d'un document photo ou d'une illustration.

3.3. Suggestion d'organisation de la séquence

Les grandes étapes	Le déroulement	Les aides à apporter aux élèves
1. Introduction de la problématique.	<ul style="list-style-type: none"> Recherche d'un moyen pour soulever légèrement une armoire lourde de la classe en ayant à sa disposition une barre métallique solide et un objet pouvant servir de pivot. Emission des suggestions et approfondissement de celle qui se rapproche le plus du principe des leviers. 	
2. Analyse du problème à l'aide d'un modèle réduit. Quelques défis à réaliser.	<ul style="list-style-type: none"> Utilisation d'une latte, d'un point d'appui (prisme ou rouleau) et d'un petit bac rempli d'objets (ex : des billes) fixé à l'aide d'un élastique à l'une des extrémités de la latte (il symbolise l'armoire lourde). Exploitation en petits groupes des défis suivants : <ul style="list-style-type: none"> soulever la boîte contenant 25 billes en utilisant une boîte contenant un nombre décroissant de billes ; soulever la boîte de 25 billes de plus en plus haut. Communication de la solution à l'aide d'un schéma éventuellement annoté. 	<p>La manipulation du matériel peut poser quelques problèmes pratiques : un suivi est nécessaire.</p> <p>Au moment de réaliser le 2^e défi, une difficulté pourrait être la prise de mesure en ce qui concerne la hauteur de la charge → se mettre d'accord sur la manière de mesurer cette hauteur.</p>
3. Moment de synthèse.	<ul style="list-style-type: none"> Mise en commun des schémas en les analysant tant au niveau du fond que de la forme. Amélioration de la précision et la clarté des schémas. Formulation du principe général des leviers. 	<p>Un questionnement approprié est indispensable.</p> <p>La formulation finale peut nécessiter une aide pour certains élèves (choix du vocabulaire et des connecteurs grammaticaux adéquats).</p>
4. Quelques prolongements possibles.	<ul style="list-style-type: none"> Analyse de quelques objets de la vie courante, de dessins ou de documents historiques. 	

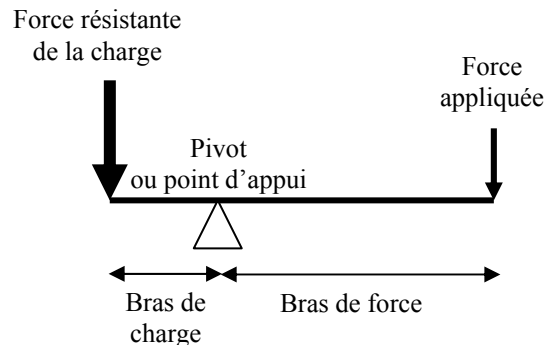
3.4. Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant

Il existe trois types de leviers, mais un seul est abordé ici³⁹.

Ce levier est **une barre rigide** pouvant tourner autour d'un point fixe (point d'appui ou pivot) et ayant pour rôle principal de faciliter le levage d'une charge. En réalité, il s'agit aussi d'un principe physique intervenant dans de nombreux systèmes mécaniques.

La barre de levier est décomposée en deux parties situées de part et d'autre d'un pivot : le **bras de levier moteur (aussi appelé bras de force)** et le **bras de levier résistant (aussi appelé bras de charge)**. Les forces sont exercées de part et d'autre du pivot.

Une application intéressante de ce principe est de soulever une charge en appliquant une force inférieure à celle qui serait nécessaire pour soulever la charge à main nue (dans ce cas, la force nécessaire serait égale à la force résistante exercée par l'objet lui-même).



Quelle que soit la force résistante exercée par la charge, la force appliquée sera d'autant plus faible que le bras de force sera long et le bras de charge court.

Autrement dit, **on soulèvera d'autant plus facilement la charge que**

- **le pivot sera proche de la charge**
- **la barre utilisée sera longue (et rigide et solide !!)**

Toutefois, plus le pivot est proche de la charge, moins la charge est déplacée en hauteur (soulevée).

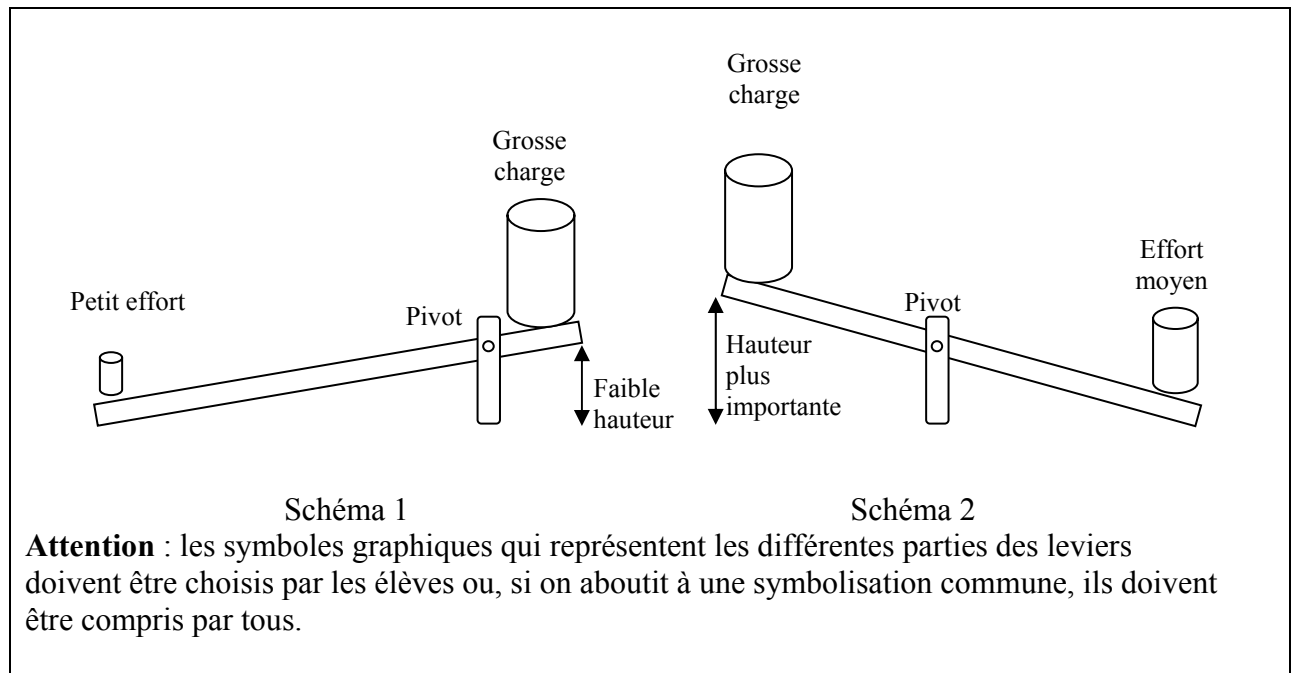
Avec les élèves, après diverses manipulations, on pourrait aboutir à des formulations qualitatives du type :

- « *Pour soulever une charge lourde sans faire trop d'effort, il faut placer le pivot près de la charge et appliquer une force le plus loin possible du pivot.* »
- « *En approchant le pivot de la charge, on fera moins d'effort mais on ne pourra pas soulever la charge très haut. Si on éloigne le pivot de la charge, on pourra la soulever plus haut mais la force à appliquer sera plus importante.* »

³⁹ On distingue trois types de leviers selon les positions relatives du point d'appui, de la force appliquée et de l'effet obtenu :

- le levier inter-appui dans lequel le point d'appui se situe entre la force appliquée et l'effet obtenu (exemples : tenailles, pince coupante, pied de biche...);
- le levier inter-moteur dans lequel la force appliquée se situe entre le point d'appui et l'effet obtenu (exemples : pince à épiler, pince à sucre...);
- le levier inter-résistant dans lequel l'effet obtenu se situe entre le point d'appui et la force appliquée (exemple : casse-noix, brouette...).

Des schémas peuvent être construits, comme par exemple :



3.5. Matériel nécessaire pour l'activité

Pour le défi de départ :

- un plot de bois
- une barre métallique très solide

Pour le « modèle réduit » et par groupe d'élèves :

NB : beaucoup de variantes sont possibles dans les objets choisis. Voici un exemple :

- un objet pour le pivot (petit bloc de bois...),
- une barre rigide (latte, barre en bois ou en plastique solide...),
- deux petits récipients semblables,
- des élastiques pour fixer les récipients,
- des petits objets à mettre dans les récipients : écrous, billes...,
- du ruban adhésif,
- un mètre ruban,
- des feuilles blanches et du matériel d'écriture et de dessin.

Pour les prolongements :

- Quelques objets quotidiens : pied de biche (ou arrache-clous)...
- Images, photos ou dessins d'objets illustrant le principe de fonctionnement des leviers.

3.6. Regard sur l'activité

a) Introduction à la problématique

Pour lancer l'activité, les enseignants ont proposé différents défis selon les classes. Tous avaient pour but d'intriguer et de solliciter la recherche et les questions.



Ici les élèves ont tenté de soulever deux de leurs condisciples à l'aide d'une barre solide et d'un plot de bois. Même si quelques élèves ont une idée de ce qu'il convient de faire, beaucoup d'entre eux ont tendance à approcher les mains du pivot plutôt qu'à s'en éloigner. En outre, certains élèves estiment que la position du pivot n'a pas d'importance.

Il est important que chaque élève ait l'occasion d'essayer de soulever l'objet même si une solution a été trouvée. En effet, certains d'entre eux ne croient pas à ce qu'ils voient faire par d'autres. Le ressentir dans son corps est une étape qui aidera la compréhension et la mémorisation des faits.

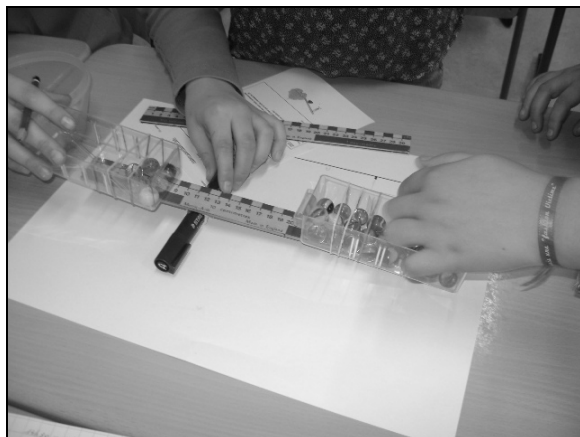
b) Analyse du problème à l'aide d'un modèle réduit. Quelques défis

Des groupes sont constitués pour travailler sur un **modèle réduit**. Cette étape permet aux élèves de se dégager du cas vécu pour atteindre une première forme de généralisation avant de passer à l'écrit. Le fait de travailler en petits groupes permet de réaliser plusieurs fois les expériences. En rassemblant les observations, les enfants peuvent ainsi constater que la chance ou le hasard n'explique pas les résultats.

De nombreuses variations sont possibles dans la gestion de l'activité. Un élément essentiel est le **choix du matériel**. Celui-ci doit permettre aux élèves **d'identifier clairement la charge et la force**. Comme ce vocabulaire n'est pas encore bien installé, il peut y avoir des confusions surtout lorsque les objets utilisés sont identiques.

Par exemple, on peut utiliser deux petites boîtes dont une contient 20 billes et représente la charge à soulever. L'autre boîte contiendra 1, 2, 5, 10... billes selon la force qu'on veut imprimer à la barre de levier (une latte par exemple). Or les enfants sont parfois tentés de modifier la charge (en retirant des billes) ou de la changer de place, ce qui complique le

raisonnement. Le plus simple est d'expliquer aux élèves que la boîte de 20 billes représente la charge à soulever et qu'on ne peut y toucher (on peut l'entourer de ruban adhésif). Si les élèves ne peuvent utiliser qu'une seule bille de l'autre côté (force très faible), ils seront obligés de jouer sur la position du pivot ou sur celle de la force appliquée.



Souvent, les manipulations faites par les élèves manquent de précision. Ils veulent tous toucher les objets en même temps et ne tiennent pas compte des interventions des uns et des autres. Cependant, chacun devrait pouvoir tester ses hypothèses et exprimer son point de vue : faut-il changer le pivot de place ? Changer la force de place ? Appliquer une force plus petite ou plus grande (en ajoutant des écrous ou des billes dans la boîte « force » par exemple) ? L'activité permet donc aussi de développer l'apprentissage du travail en groupe.

Il arrive aussi que les élèves se contentent d'un effet immédiat : soulever la charge. Pourquoi, se demandent-ils, approfondir la question en cherchant différentes méthodes ou en essayant de comprendre ce qui se passe ? Il faut alors relancer l'intérêt par un nouveau défi ou de nouvelles questions : et si tu n'avais qu'une seule bille à ta disposition ? Et si tu voulais soulever la charge plus haut ? Et si ton pivot était plus petit ? Etc.

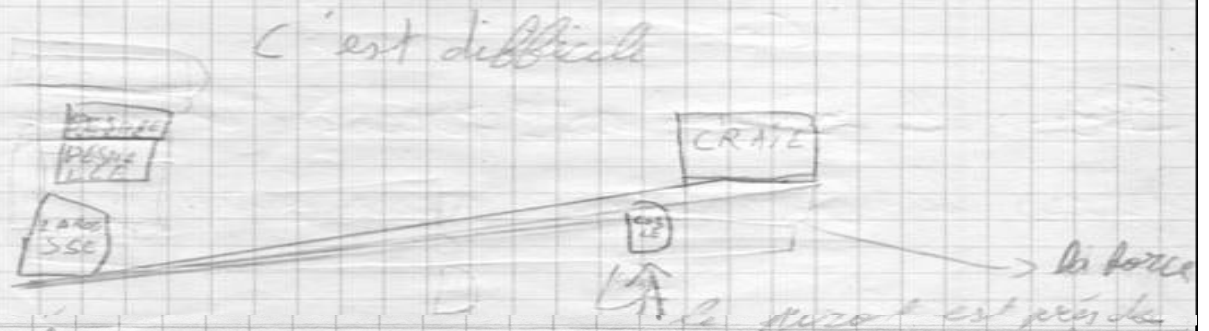
Le passage à l'écrit peut être envisagé de diverses manières : dessiner un des montages réalisés, représenter les résultats observés pour chaque défi, montrer comment une hypothèse a été confirmée ou infirmée, rédiger un compte rendu plus global, etc. Voici **quelques réalisations commentées**.

Exemple 1 : L'élève explique comment le groupe a procédé et pour quelle raison ils ont fait un dessin.

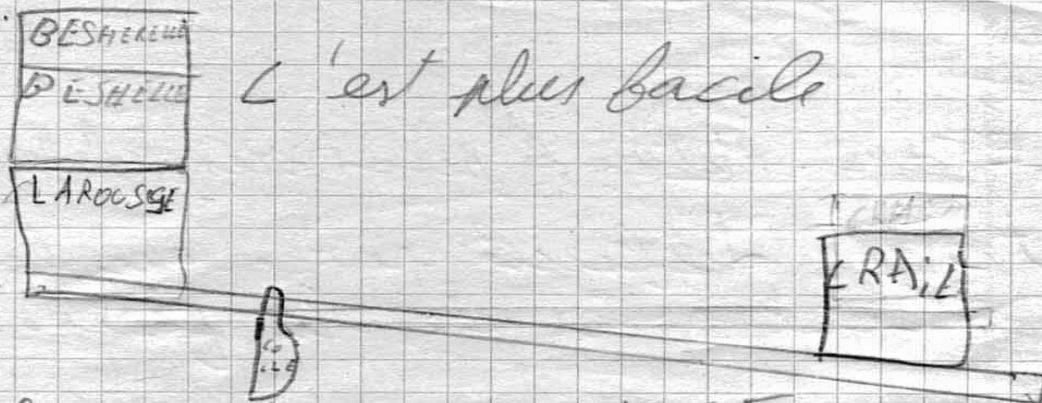
« On nous avait dit de faire un schéma. Nous, notre groupe, on a fait des étapes, la première étape on devait mettre le pivot près de la force pour voir si c'était plus facile ou plus difficile et on a conclu que c'était plus difficile parce que le pivot était près de la force. On a fait un dessin pour prouver que c'était plus difficile. Après on a fait une deuxième étape, on a mis le pivot près de la charge pour voir si c'était plus facile ou plus difficile et c'était plus facile parce que le pivot est près de la charge. »

(Extrait d'un entretien avec un élève de 6^e année)

1^{er} ÉTAPE : Mettre le pivot près de la force
 C'est plus difficile parce que le pivot est près de la force.



2^{ème} ÉTAPE : Mettre le pivot près de la charge

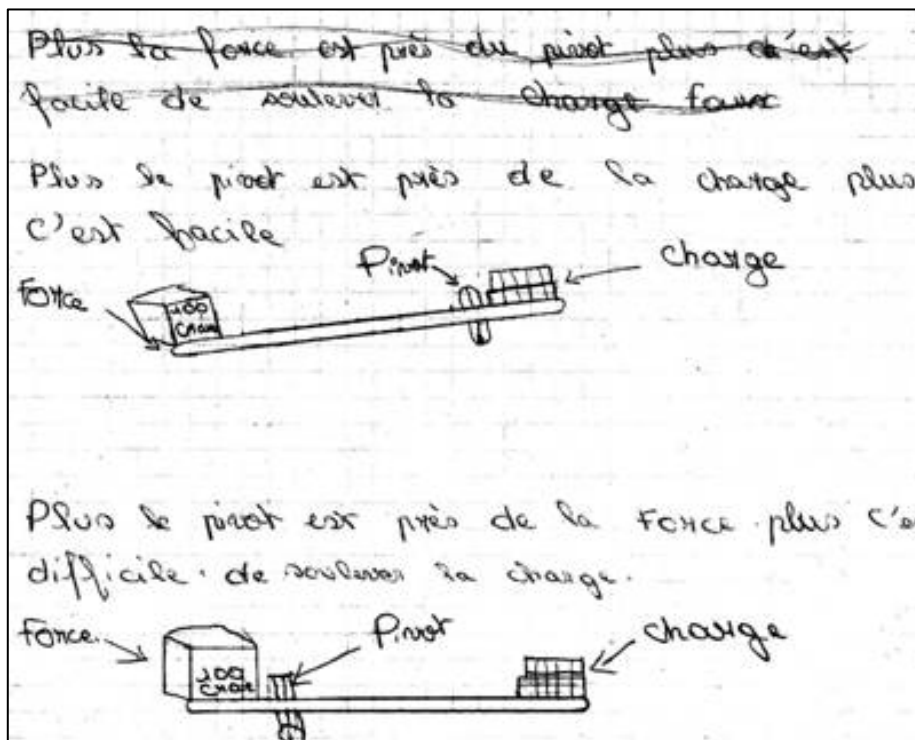


le pivot est plus près de la charge

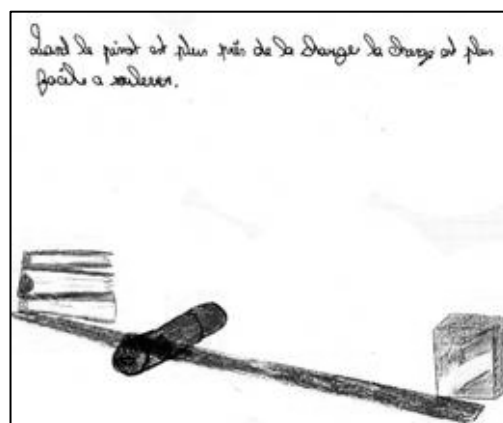
CONCLUSION

Plus le pivot est près de la charge,
 plus la force sera plus facile de soulever
 la charge.

Exemple 2 : Le schéma et les textes accompagnent un travail de réflexion pour soi, pour comprendre, pour expliquer.



Exemple 3 : Les élèves ont été invités à dessiner le montage de manière précise et complète⁴⁰. Le dessin est très réaliste : la charge est un ensemble de livres et la force appliquée une boîte de craies. Le pivot est un tube de colle. L'utilisation d'une boîte de craies permet de « doser » assez finement la force en ajoutant ou retirant des craies.

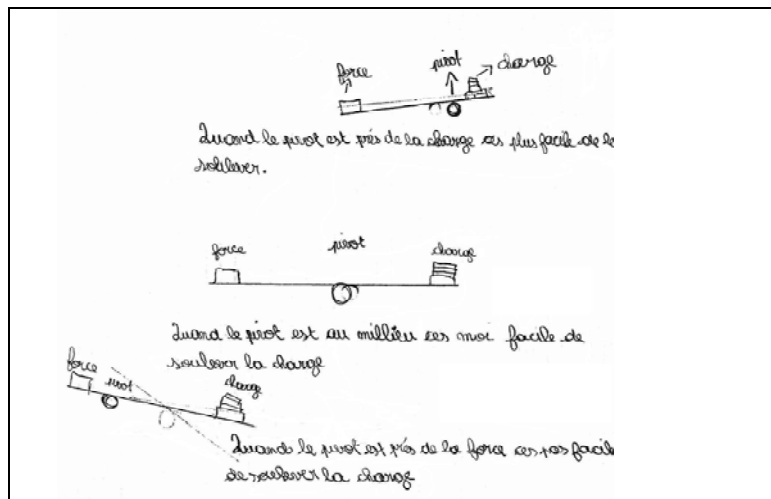


L'observation des leviers entraîne l'usage de termes tels que : « plus facile, plus loin, plus de force, etc. ». Il y a donc **comparaison**. Mais certains élèves ont tendance à ne dessiner que « ce qui marche le mieux ». Ces élèves n'ont pas pour but d'expliquer un principe de

⁴⁰ On parlera plutôt de dessin d'observation (représenter l'objet tel qu'on le voit en gardant un maximum de précisions). Dans un schéma, le scripteur tente de se détacher au moins partiellement de l'objet pour atteindre une forme plus ou moins grande de généralisation et d'abstraction.

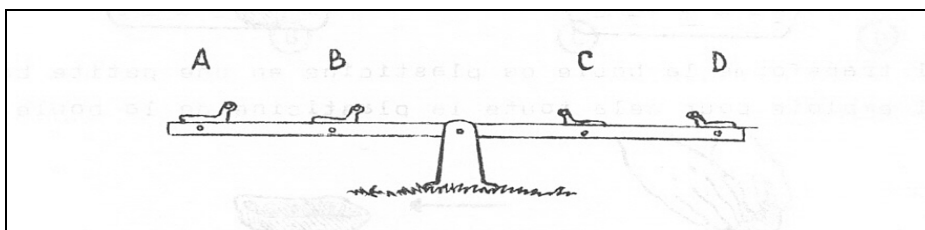
fonctionnement mais bien de montrer la solution qu'ils apportent au défi. Au contraire, d'autres enfants ressentent la nécessité de dessiner des situations contrastées pour montrer le fonctionnement des leviers. Mais ce faisant, ils peuvent dessiner des montages tellement semblables que, sans une petite phrase explicative, il serait impossible de comprendre ce qu'ils ont représenté.

Les **consignes données par l'enseignant** sont ici de première importance : Que veut-on montrer ou expliquer au lecteur ? Comment faire pour que celui-ci puisse bien comparer les situations, puisse bien comprendre comment cela fonctionne ?

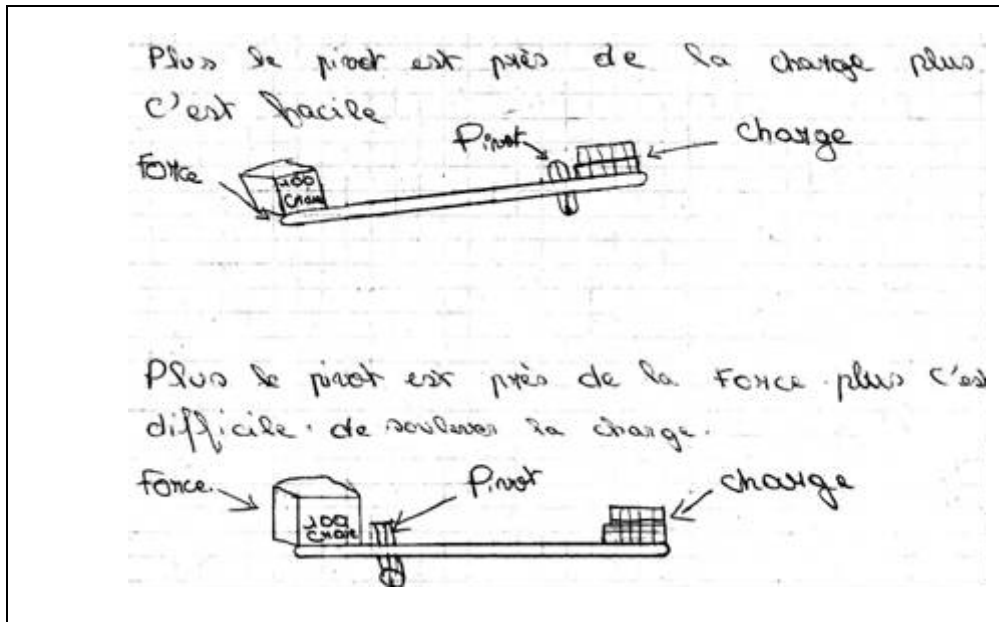


Ici, les élèves ont bien exprimé, tant dans le texte que dans les schémas, les différences entre les trois situations. Dans cet ensemble, les termes de comparaison (plus facile, moins facile) prennent un sens précis.

Une observation particulière concerne la **représentation horizontale** des leviers qu'adoptent spontanément certains enfants. Dans beaucoup de livres en effet, le principe des leviers est illustré par une balançoire en équilibre.



Dans la situation vécue par les enfants en classe, il ne s'agit pas d'établir un équilibre mais de soulever un objet. On est donc dans un **mouvement** dont il n'est pas facile de représenter les « moments ».

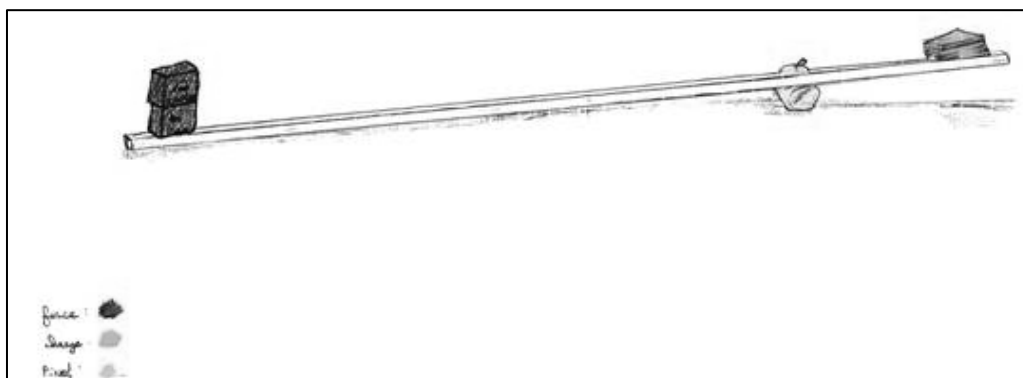


Interrogé sur son dessin, l'élève explique que dans le premier cas, il a mis le pivot près de la charge et que c'était facile de la soulever. Dans le second cas, c'était plus difficile. A priori on pourrait penser que le second dessin représente la barre de levier en équilibre. Ce n'est pas le cas. Simplement, l'élève a voulu montrer qu'on arrivait à peine à soulever la charge et dès lors, il ne l'a pas dessinée à son point le plus élevé.

Il est aussi utile d'aborder avec les élèves le **point de vue auquel ils se placent** pour représenter la situation : est-elle vue d'en haut ? Vue de profil ? L'élève a-t-il pris en compte les conséquences de son choix ? Jusqu'à quel point respecte-t-il la place des objets ?

Le point de vue adopté change la présentation du dessin mais aussi sa clarté et sa justesse. Aider les élèves à comprendre les différents points de vue auxquels on peut se placer pour décrire la situation est essentiel pour la comparaison des schémas produits dans les groupes mais également pour la lecture de documents où le lecteur doit entrer dans la pensée du scripteur.

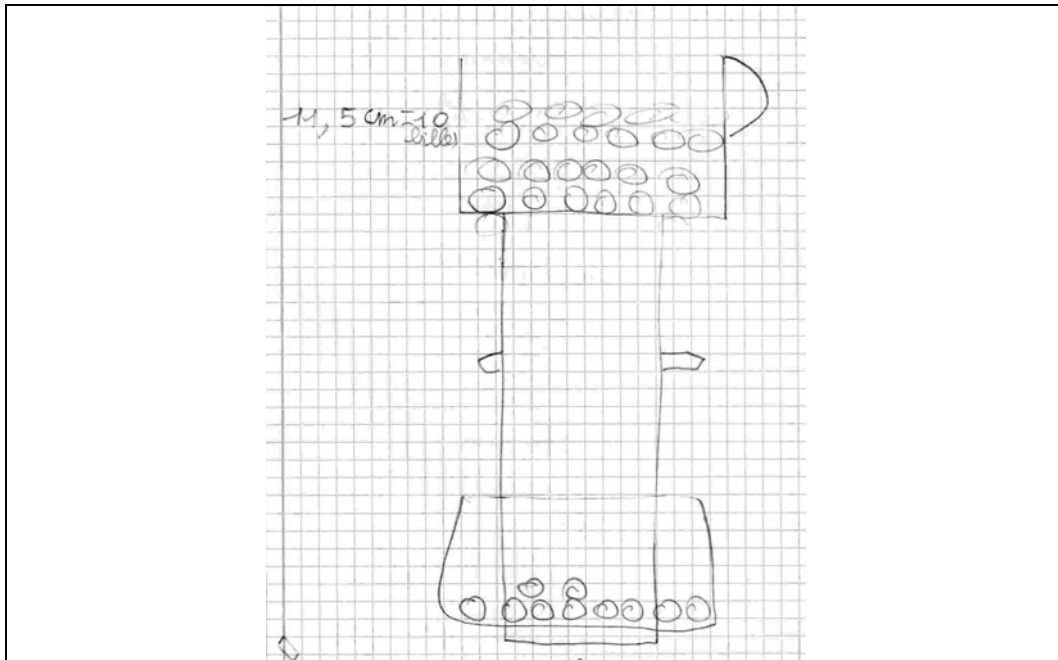
Exemple 1 :



La représentation est faite de profil. La barre ne peut descendre plus bas que la taille du pivot ne le permet. Pour le montrer, les élèves ont dessiné un « plancher », une « base ».

On note en passant l'utilisation d'une légende désignant 3 éléments clés : la force, la charge, le pivot.

Exemple 2 :

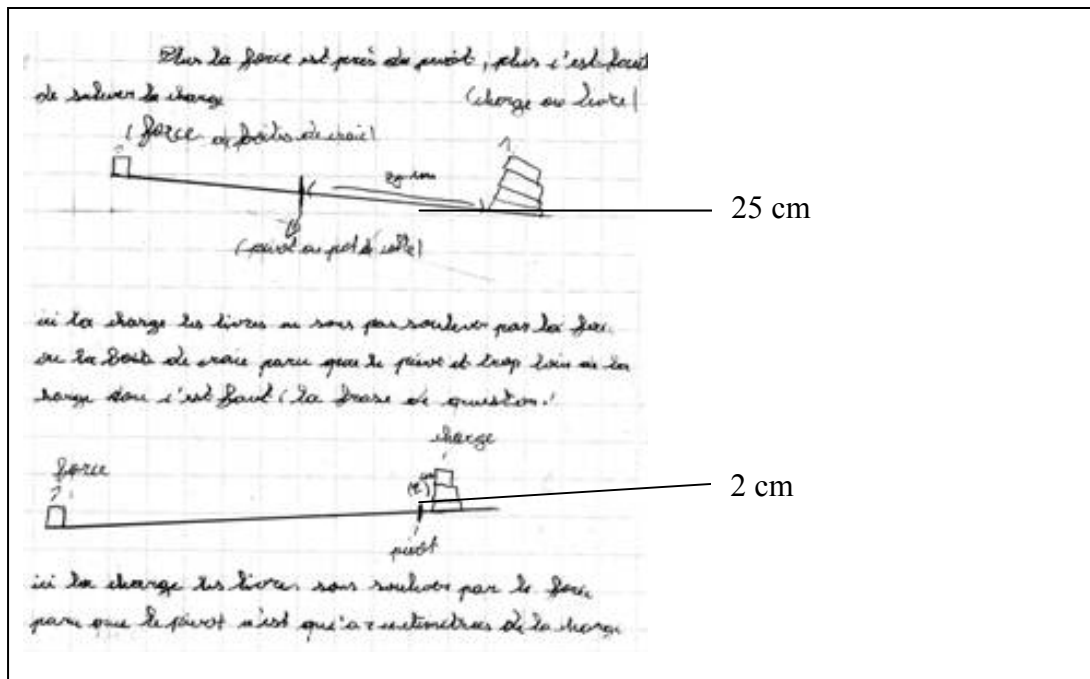


Le montage est vu d'en haut. L'élève a bien tenu compte de ce point de vue et on voit le pivot dépasser de part et d'autre de la barre de levier. Dans cette classe, très peu d'élèves ont représenté la situation de cette manière. Un commentaire oral peut être nécessaire pour que chacun comprenne bien ce qui est dessiné.

Enfin, dans cette activité, **diverses mesures peuvent être demandées** par l'enseignant ou prises spontanément par les élèves. Elles sont bien entendu tributaires du matériel utilisé. Ainsi : les distances relatives du pivot à la charge et/ou à la force, le nombre d'éléments qu'il est possible d'enlever à la « force » lorsque le pivot est loin de cette force, la masse nécessaire pour déplacer la charge selon la position du pivot.

Mesurer, c'est l'occasion d'être plus précis mais aussi de comparer des résultats entre les groupes si le matériel est identique et si les mesures sont prises de la même façon.

Exemple 1 : Les élèves ont spontanément mesuré la distance séparant la charge du pivot.

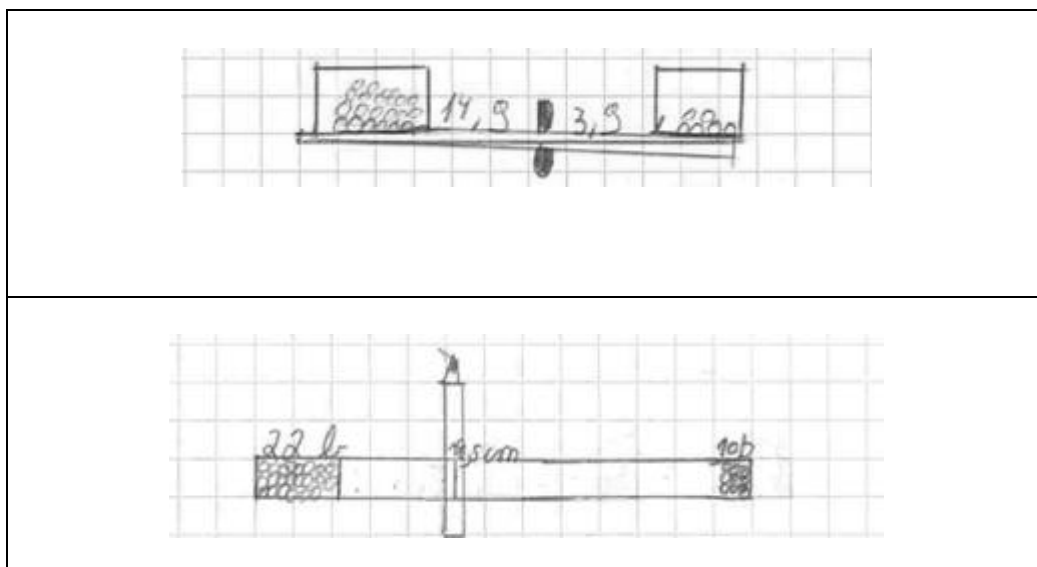


Exemple 2 : Voici deux schémas spontanés produits dans une même classe.

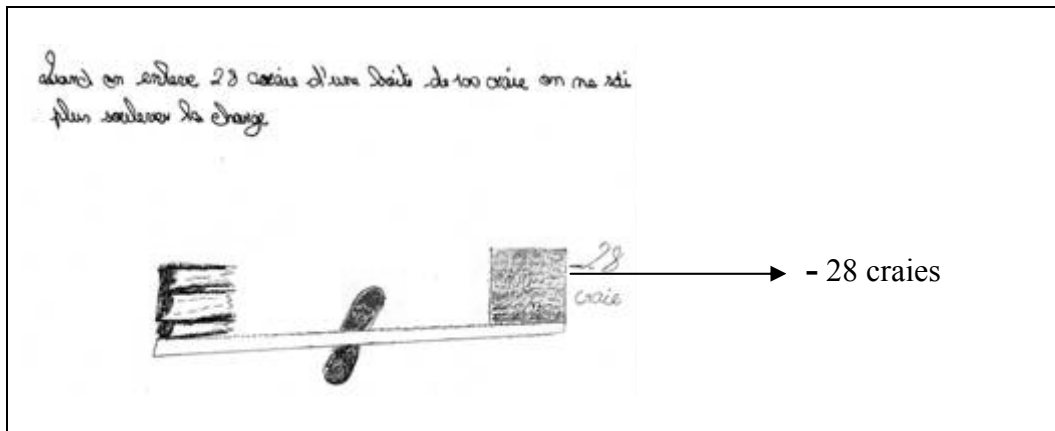
Dans le premier, les élèves ont indiqué clairement les mesures prises mais curieusement, les longueurs des bras de levier et de charge sont semblables. Par ailleurs, la barre est représentée en équilibre.

Dans le second schéma, les élèves ont représenté le montage vu de haut. Ils ont mesuré une distance et l'ont indiquée au niveau du pivot : 9,5 cm. Mais à quoi correspond cette indication ? S'agit-il du bras de force ? Du bras de charge ? Ou les élèves, qui utilisaient une latte comme barre de levier, ont-ils tout simplement indiqué l'endroit de la latte où se situait le pivot ?

Dans les deux cas, un dialogue avec les élèves est indispensable.



Exemple 3 : Les élèves ont expérimenté que la force nécessaire était moins grande si on en éloignait le pivot. Ils ont pu retirer 28 craies de la boîte de 100. Il s'agit ici d'un autre type de mesure : une évaluation en « nombre de craies » de la force nécessaire pour soulever une charge dans des situations données comparées les unes aux autres.



c) Moment de synthèse

Une conclusion, un moment de synthèse sont importants tant d'un point de vue didactique que d'un point de vue scientifique : cela permet de prendre du recul par rapport aux expériences vécues. En effet, au cours de l'action, les élèves se trouvent devant des situations diverses qui peuvent engendrer des confusions. Rassembler les découvertes, utiliser un vocabulaire correct, reformuler l'acquis, le dessiner, construire un référent pour toute la classe (affiche ou feuille pour la farde)... sont autant de démarches de synthèse qui donneront des points de repère aux élèves et encourageront la mémorisation.

Les synthèses et conclusions peuvent revêtir différentes formes. Parfois, il est nécessaire de passer par des reformulations partielles et d'accepter certaines limites afin de respecter le rythme des élèves. Ces premières conclusions constituent alors une étape qui sera enrichie à l'occasion d'activités complémentaires. L'essentiel n'est pas d'aboutir d'emblée à une synthèse complète, mais de construire un document qui a du sens pour les élèves et ne contient pas de savoirs « morts ».

Exemple 1 : La conclusion constitue une réponse à la question de départ. Elle est ainsi limitée à la situation concrète sans recherche de généralisation.

Comment soulever le congélateur ?

« Pour soulever le congélateur, il faut mettre la barre en dessous du congélateur et le morceau de bois juste à côté. Il faut pousser sur la barre. »

Exemple 2 : La conclusion peut se référer au modèle réduit.

Comment soulever la charge avec une seule bille ?

« Rapprocher le pivot des 22 billes »

« Placer le pivot le plus proche possible de la boîte de 22 billes »

Exemple 3 : La conclusion peut tendre vers une première forme de généralisation.

Comment fonctionnent les leviers ?

« Plus le pivot est près de la charge, plus la force aura facile de soulever la charge. »

La conclusion peut être accompagnée d'un schéma plus ou moins proche de la situation concrète. Elle peut aussi revêtir la forme d'un rapport scientifique parfois très élaboré.

Séverin

Rapport scientifique:
comment soulever un adulte
sans faire d'effort?

Il faut utiliser le levier.

$BC < BF$

$CP < PF$

En conclusion, pour soulever un adulte sans faire d'effort
il faut avoir un petit bras de charge et un grand bras de force,
donc le pivot doit être tout près de la charge c l'adulte.

légende-

P = pivot en
c = charge en
F = force en
BF = bras de force en
BC = bras de charge en
A = adulte
f = enfant
b = billes

Il est intéressant de comparer ce compte rendu avec celui présenté ci-dessous. Dans les deux cas, ces élèves de 6e année expliquent l'expérience réalisée mais le second utilise la voie du récit littéraire et raconte, non sans humour, ce qui s'est passé.

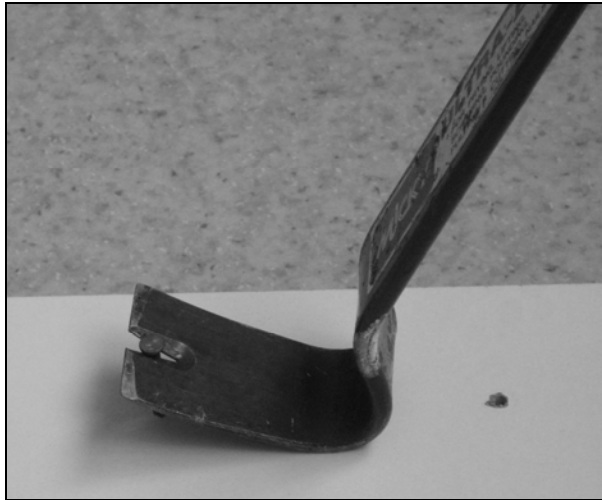
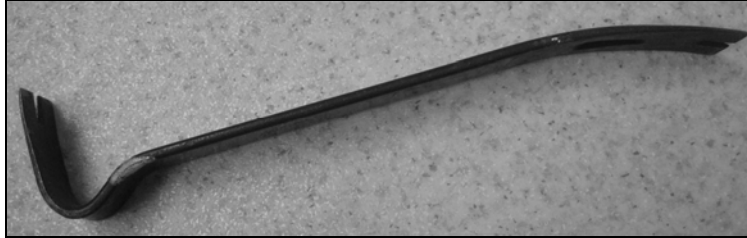
Le dimanche matin, papa et moi avons fait l'expérience avec une pelle. Papa est monté dessus et j'ai essayé de le soulever en passant la manche. Je n'ai pas réussi à le soulever. Après j'ai essayé de mettre la manche à bonne hauteur pour faire levier et avoir plus de force. Mais la manche a cassé. Papa est trop gros. Papa a plus de pelle.

Travailler ces deux écrits avec les élèves en observant les différences et les ressemblances permet d'approcher progressivement la notion de « rapport scientifique » et de ses exigences.

d) Ouverture vers d'autres observations

Observer des objets de la vie quotidienne

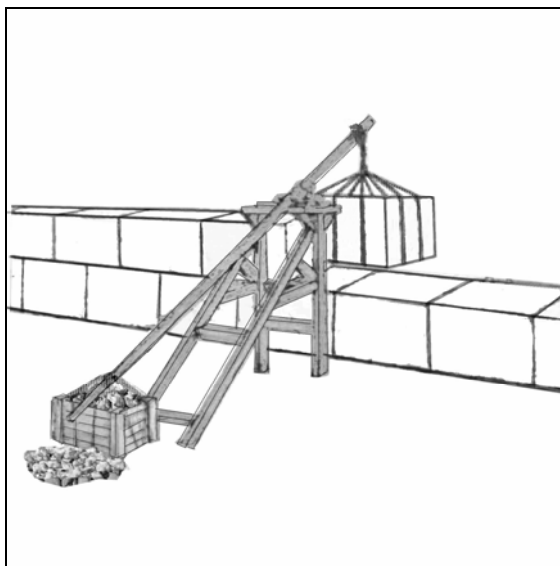
Par exemple : le pied-de-biche (arrache-clous)



Remarque : dans le pied de biche, le pivot (ou point d'appui) est intégré à l'outil : c'est la partie arrondie touchant le sol qui joue ce rôle.

Analyser un document historique, une image, une photo.

Exemple de la construction d'un mur dans l'antiquité.



3.7. Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves

a) Passage d'un niveau d'abstraction à un autre et notion de force

Le principe de fonctionnement des leviers est rapidement compris dans ses aspects concrets. Cependant, les passerelles possibles entre la situation de départ (soulever une armoire par exemple) et les essais sur un modèle réduit ne sont pas évidentes pour tous. L'intervention de l'enseignant peut s'avérer indispensable : « *Si on compare ce qu'on a observé à propos de l'armoire et ce que tu es en train de faire ici avec les billes, on pourrait dire que l'armoire à soulever est à quel endroit ? On pourrait dire que tu appuies à quel endroit ? Mais ici ce n'est pas toi qui appuies, alors qu'est-ce qui joue le rôle de la force ?* »

On peut alors s'apercevoir que la notion de force reste un peu confuse : pour beaucoup d'élèves une force est exercée par une personne et non par un objet ! La charge n'est pas vue non plus comme une force. Il peut aussi y avoir confusion entre masse et force. Ainsi, certains élèves disent que la charge devient « *plus légère* » quand on approche le pivot. Imprécision dans les concepts et confusions des mots peuvent subsister pendant toute l'activité, si on n'y prend garde.

b) Les mesures

Prendre des mesures en cours d'expérience est une démarche dont l'intérêt n'est plus à démontrer. Mais sa concrétisation peut poser des problèmes aux élèves. Il s'agit de bien choisir ce qu'on va mesurer et de préciser comment on va le faire. Or dans le travail sur les leviers, les élèves ne savent pas toujours comment choisir les points de repère appropriés. Ils aboutissent alors à des données contradictoires dont ils ne savent que faire.

« Le plus dur c'était les mesures, parce que souvent ce n'était pas les bonnes mesures. Tu croyais par exemple que tu avais monté la charge de 6 cm, tu mesurais la longueur du levier, tu te disais que c'était bon ; puis tu vérifies encore avec ta latte et c'était que 5 cm donc tu dois reprendre les mesures... »

(Témoignage d'un élève de 6^e année.)

Ainsi, lorsqu'il s'agit d'une boîte contenant des billes, prendra-t-on comme repère une de ses extrémités ou son centre ? Si on mesure la hauteur jusqu'où on peut faire monter la charge, où commencera et finira la mesure ? Faut-il utiliser une latte, une équerre, un mètre ruban ?

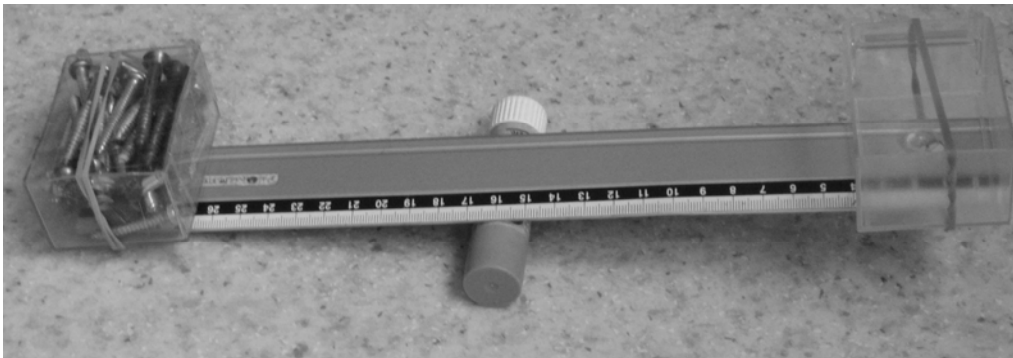
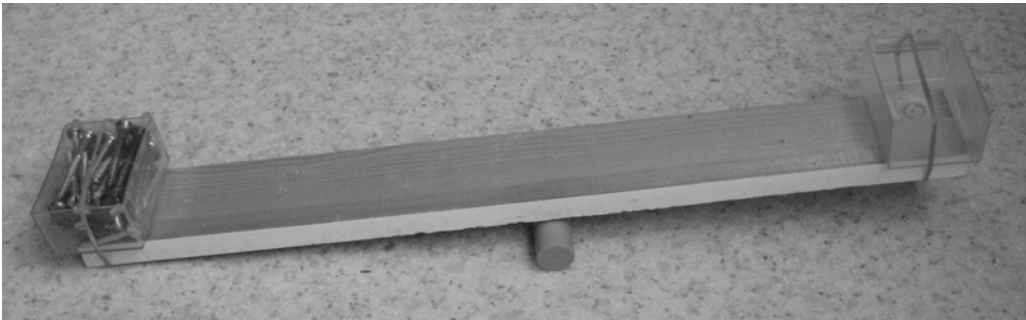
3.8. Documents pour les élèves

Remarque importante : le contenu de la fiche doit absolument être ajusté au matériel utilisé !

Défi 1

Remplissez un des bacs de billes (écrous, vis...) et fermez-le par du scotch. Ce bac représente la charge que vous devrez soulever.

Disposez les objets de la manière suivante :



Essayez de soulever la boîte qui représente la charge en mettant dans l'autre boîte :

- a) 10 billes (ou 10 petits écrous, ou 10 vis...);
- b) 6 billes (ou 6 petits écrous, ou 6 vis...);
- c) 1 seule bille (ou un seul petit écrou ou une seule vis...).

Vous pouvez modifier la place de tous les objets sauf la charge qui doit rester à sa place.

Faites un schéma de votre levier lorsque la charge est soulevée. A quelle hauteur êtes-vous parvenus à soulever la charge ?

Défi 2

Tentez maintenant de soulever la charge le plus haut possible.

Vous pouvez modifier la place de tous les objets, en ajouter ou en enlever, mais attention, la charge doit rester la même et être fixée au même endroit sur la barre !

Réalisez le schéma de votre montage. Indiquez la hauteur atteinte par la charge. Indiquez aussi comment vous avez fait.

3.9. Quelques astuces pratiques

Le **matériel nécessaire** pour l'activité sur les leviers est relativement simple et permet beaucoup de souplesse. Toutefois, les documents remis aux élèves doivent être ajustés en fonction du matériel adopté.

Si on utilise comme pivot un objet lisse ou rond (tube de colle par exemple), la barre (ou la latte) risque de glisser ou le pivot de rouler, et la tâche sera rendue très difficile voire même impossible. Pour éviter cet inconvénient, il suffit d'entourer le tube de colle d'un élastique à l'endroit où la latte est posée ! Le caoutchouc « retient » la barre.

Si on utilise une latte graduée en plastique, il faut veiller à ce qu'elle soit suffisamment solide non seulement pour qu'elle ne se brise pas mais aussi pour qu'elle ne prenne pas une forme arquée. En outre, la latte graduée induit souvent chez les élèves l'envie de « mesurer » l'endroit où se trouve la charge ou la force par rapport au pivot. Ce faisant, ils ne mesurent pas la distance réelle entre les deux points, mais ils notent l'endroit de la graduation où se trouve par exemple le pivot.

CH. 4. LES ANIMAUX DE L'EXTREME

4.1. L'activité en bref

Cette activité vise à sensibiliser les élèves aux adaptations étonnantes dont font preuve les animaux pour survivre dans des conditions de vie extrêmes. Ainsi, on retrouve le renard dans diverses régions du globe, tant dans les régions polaires où la température avoisine les -70°C que dans les déserts d'Afrique où la température du sable peut aller jusqu'à 70°C . Comment un mammifère devant garder une température corporelle proche des 37°C parvient-il à s'adapter à des climats si différents ?

A travers l'exploitation de documents informatifs d'une demi-page chacun, les élèves sont amenés à comparer, sous la forme d'un tableau, trois mammifères appartenant à une même famille - le fennec, le renard roux et le renard polaire – en vue de mettre en évidence les adaptations dont ont dû faire preuve ces animaux pour pouvoir survivre dans des régions si contrastées.

4.2. Ce qui est visé

Sur le plan des savoirs

- Être sensibilisé à la manière dont un mammifère peut s'adapter aux caractéristiques de son milieu de vie.

Sur le plan de la démarche scientifique

- Lors de la lecture des documents scientifiques.
 - Discerner l'essentiel de l'accessoire dans le cadre d'une recherche.
 - Repérer et noter correctement une information issue d'un écrit à caractère scientifique.
- Lors de l'élaboration d'un tableau comparatif des animaux.
 - Analyser, interpréter et organiser des informations recueillies en fonction de l'objet de la recherche.
 - Comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique.
 - Rassembler des informations sous la forme d'un tableau.

Le rôle de l'écrit dans l'activité

La compréhension de textes (l'analyse de documents informatifs sur les trois renards) et la production écrite (la réalisation d'un tableau comparatif) sont au cœur de cette activité.

4.3. Suggestion d'organisation de la séquence⁴¹

Les grandes étapes	Le déroulement	Les aides à apporter aux élèves
1. Introduction de la problématique.	<ul style="list-style-type: none"> - Echange d'idées autour de la problématique de l'adaptation des animaux à l'environnement en envisageant la vie dans des milieux très contrastés comme le désert et les régions polaires. - Clarification avec les enfants de l'objectif de la séance : découvrir les caractéristiques de renards vivant dans trois milieux de vie contrastés et comprendre comment ils se sont adaptés à leur environnement. 	<p>Les aides présentées ici ont pour but d'amener les élèves à lire activement les documents qui servent de base à l'élaboration du tableau comparatif :</p> <ul style="list-style-type: none"> - lors de l'introduction de la problématique, faire le point sur les conceptions des élèves concernant les trois renards ; - clarifier le but de la lecture avec les élèves : il s'agit bien de devenir expert de la vie d'un renard, de manière à pouvoir comparer ses caractéristiques avec celles d'autres renards ; - une fois la lecture réalisée, inciter les élèves à rédiger des questions à poser à ceux qui se sont intéressés à d'autres renards pour mettre en évidence les points communs et les différences entre les trois animaux. <p>Plusieurs pistes permettent d'accompagner les élèves dans cette tâche complexe sans « résoudre » le problème à leur place. Exemples :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leur proposer de se référer à un tableau déjà élaboré dans un autre contexte (ex : référentiels familiers : tableau de conjugaison, tableau reprenant les formules d'aires de quadrilatères...) en vue de dégager quelques caractéristiques essentielles. - En cours de réflexion, confronter entre elles les premières ébauches de tableaux. - Sur les aspects formels de la construction de tableau, il semble utile de réaliser une synthèse écrite des constats pointés lors des débats, afin de garder trace de l'analyse réalisée.
2. Analyse d'un document informatif.	<p>Répartition dans la classe des documents informatifs à analyser :</p> <p>Chaque élève deviendra « expert » d'un renard.</p>	
3. Élaboration d'un tableau comparatif des animaux.	<p>Organisation de la classe en groupes de trois élèves (un « expert » par animal) et réalisation d'un tableau permettant de comparer les trois renards.</p>	
4. Exploitation des documents élaborés.	<p>Exploitation des tableaux centrée sur deux aspects :</p> <ul style="list-style-type: none"> - sur les informations proprement dites amener les élèves à émettre des hypothèses explicatives des différences constatées entre les trois animaux ; - sur leur organisation en tableau éviter d'orienter les débats sur le choix « du » bon tableau dans les propositions des élèves et les amener plutôt à réfléchir aux critères permettant de réaliser un tableau pertinent. 	

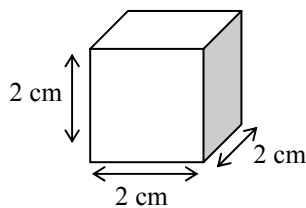
⁴¹ Les moments de travail sur l'écrit sont en gras.

4.4. Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant

Le renard est souvent pointé, dans la littérature scientifique, comme un bel exemple d'adaptation des homéothermes à leur milieu de vie. Contrairement à d'autres animaux, les homéothermes présentent la caractéristique de devoir conserver une température corporelle constante, quel que soit le climat des zones qu'ils occupent.

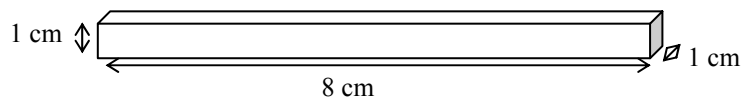
Dans des climats froids, les renards polaires ont des extrémités courtes (nez – oreilles) et un corps trapu. Cette morphologie s'explique par la nécessité de limiter les échanges avec l'extérieur. Ainsi, les renards polaires peuvent éviter au maximum les pertes de chaleur et donc d'énergie, pour conserver une température interne (environ 37°C) bien supérieure à la température ambiante (qui peut descendre jusqu'à -70°C, soit une différence d'environ 107°C !).

Pour s'en convaincre, il suffit de comparer un cube et un parallélépipède rectangle de même volume (par exemple 8 cm³). On observe une différence de 10 cm² entre les aires des deux volumes.



$$V = 1 \text{ cm}^3 \times 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ cm}^3$$

$$A = 4 \text{ cm}^2 \times 6 = 24 \text{ cm}^2$$



$$V = 1 \text{ cm}^3 \times 1 \times 8 \times 1 = 8 \text{ cm}^3$$

$$A = (2 \times 1 \text{ cm}^2) + (4 \times 8 \text{ cm}^2) = 34 \text{ cm}^2$$

Dans les climats chauds, le phénomène est inversé. Un animal aura besoin d'une surface corporelle plus grande pour évacuer la chaleur, les échanges avec l'extérieur étant plus faibles à cause de la plus faible différence de température entre le corps (37°C) et l'environnement (jusqu'à +70°C, soit une différence d'environ 33°C). Le fennec a donc de grandes oreilles et un corps svelte.

Le renard a également développé d'autres adaptations au milieu de vie comme par exemple la couleur du pelage : blanc comme la neige, beige comme le sable... (mimétisme).

4.5. Matériel nécessaire

- Feuilles de brouillon, panneaux, marqueurs, latte.
- Documents servant de support à l'activité.

Renard Roux


Taille :

Longueur : 58-90 cm

Poids : 3-11 kg

Mode de vie : groupes

Durée de vie : environ 3 ans (jusqu'à 10 ans en milieu protégé)

Le renard roux vit dans un terrier qu'il peut avoir creusé lui-même. Il occupe également souvent d'anciens terriers de lapins ou de blaireaux. Il peut également s'installer entre des rochers, des racines ou sous une remise.

Dans la campagne, la nourriture du renard est constituée en partie de lapins et de jeunes lièvres. Le renard se régale aussi de coléoptères, de vers, de grenouilles, d'oiseaux, d'œufs, de souris, de campagnols, de fruits, d'animaux morts et de détritux.

Contrairement à ce que l'on croit parfois, le renard roux n'est pas un animal strictement nocturne.

Il l'est surtout près des zones habitées ; mais en pleine nature, lorsqu'il n'est pas dérangé, il peut être diurne.

On retrouve des renards roux dans l'ensemble de l'hémisphère nord. On compte plus de 40 sous-espèces de renards roux.

Les renards roux mesurent en moyenne 75 cm pour un poids moyen 6,5 kg. La couleur de son pelage varie du roux foncé au presque gris, avec



en général du noir derrière les oreilles et sur la queue. Il a des oreilles de taille moyenne. La vue du renard est peu performante; il ne perçoit pas les couleurs. En revanche, son ouïe et son odorat sont extrêmement développés. Ses oreilles sont de taille moyenne.

Fennec


Taille :

Longueur : 20 cm (+15 cm pour les oreilles)

Poids : 1-1,5 kg

Mode de vie : groupes

Durée de vie : 10 ans

Le fennec peuple les déserts du nord de l'Afrique, allant du Maroc aux abords de l'Arabie Saoudite. De couleur sable avec de grandes oreilles, cet animal est la mascotte de l'équipe de football d'Algérie. Il vit dans un terrier creusé dans le sable ou dans de petites grottes.

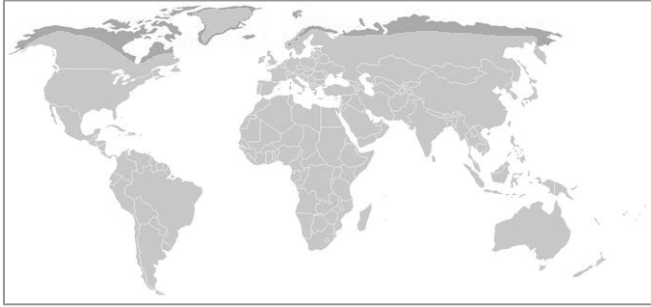
Il vit principalement la nuit. Contrairement à sa vue, son ouïe et son odorat sont très développés, ce qui lui évite de faire de longues recherches inutiles dans le désert. Cet animal est parfaitement adapté aux conditions climatiques extrêmes du désert : le jour, la température au sol du sable peut avoisiner les 70°C. Le fennec peut alors creuser jusqu'à 2 mètres de profondeur là où la température est d'environ 30°. La nuit, la température chute pour atteindre les 20 à 25°C environ.



Le fennec est omnivore : il mange des végétaux, des fruits des petits animaux comme des souris, des oiseaux, des lézards et des insectes. Le fennec s'abreuve parfois dans des points d'eau, bien que ce ne soit pas absolument nécessaire : certains insectes qu'il mange sont constitués à 70% d'eau. De plus, le fennec a des urines bien plus

concentrées que celles de l'homme : ce qui a pour effet une élimination maximale des déchets pour un minimum de perte d'eau.

Renard polaire


Taille :

Longueur : 53-55 cm

Poids : 4 kg

Mode de vie : groupes

Durée de vie : environ 10 ans

Le renard polaire a de petites oreilles, un museau aplati, des pattes et une queue courtes. Toutes ces caractéristiques lui permettent de garder sa propre chaleur en faisant en sorte que les extrémités les plus exposées au froid soient les plus petites possible. Il peut vivre à des températures très basses (jusqu'à -70°C). Sa fourrure est épaisse et change de couleur selon les saisons:

- La fourrure d'hiver est blanche, longue et dense. Elle lui donne une silhouette dodue.
- Le pelage d'été est beaucoup plus court. Le dos et les membres sont bruns, le ventre et les flancs d'un blanc jaunâtre.

Il vit dans un terrier souvent creusé dans des pentes et composé de nombreuses galeries.

Cet animal est nocturne: il vit principalement la nuit.

L'alimentation des renards polaires est large et variée : en hiver, il suit volontiers les ours polaires pour "finir" les carcasses d'animaux abandonnés par ceux-ci. En été, il se nourrit d'oiseaux, d'œufs d'oiseaux, d'insectes et autres invertébrés, de poissons, de petits mammifères (comme les lemmings qui sont des genres de petits cochons d'inde sauvages) ainsi que de baies.

Pour chasser, il se sert principalement de son odorat et de son ouïe particulièrement développés. En hiver, il parvient ainsi à repérer les animaux qui se déplacent dans les tunnels creusés sous la neige.



4.6. Regard sur l'activité

a) Introduction de la problématique

Un premier débat a pour but d'amener les élèves à mobiliser leurs conceptions (correctes ou erronées) sur le thème des adaptations dont font preuve les animaux en fonction de leur lieu de vie.

Lors des essais de l'activité dans les classes, les débats ont été menés de manière assez variée : certains ont axé la réflexion sur la problématique du renard et d'autres, de l'adaptation, comme l'illustrent les deux exemples suivants.

- *Quand on dit « renard », à quoi pensez-vous ? Que savez-vous ?*
 → L'enseignant réalise un brassage d'idées exprimées sous forme de mots clés autour du thème en vue d'activer un vocabulaire spécifique avant d'entamer la lecture des documents.

- *Les animaux, selon qu'ils vivent dans le grand nord, chez nous ou dans le désert vont devoir s'adapter à leur milieu. De quels genres d'adaptations vont-ils devoir faire preuve ?*
 → Très vite, les élèves évoquent le problème de la nourriture qui ne sera pas la même. D'autres envisagent également l'habitat, en précisant que les « nids » ne seront pas faits de la même manière et certains parlent également du physique des animaux en exprimant cette idée que dans les régions très froides, les animaux ont un pelage très épais.

b) Analyse d'un document informatif

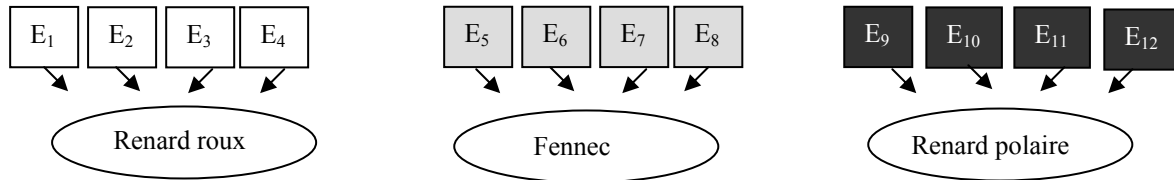
Le but de cette deuxième étape est d'amener les élèves à disposer d'informations fiables sur les trois animaux. Ces informations serviront de base pour permettre la comparaison.

Afin de permettre un maximum d'échanges lors de l'élaboration du tableau comparatif, il paraît important de s'assurer que les élèves ne disposent pas d'emblée de toutes les informations nécessaires à la construction du tableau.

Pour y parvenir, nous proposons d'organiser une classe « puzzle ». Cela consiste à répartir les trois fiches dans la classe de sorte que les élèves ne disposent que d'une seule fiche chacun. Le but de la lecture est de devenir « expert » d'un animal particulier : le fennec, le renard polaire ou le renard roux. Une fois cette tâche réalisée, les élèves seront répartis différemment dans les groupes de telle manière que, dans chaque groupe, on retrouve un expert de chaque animal.

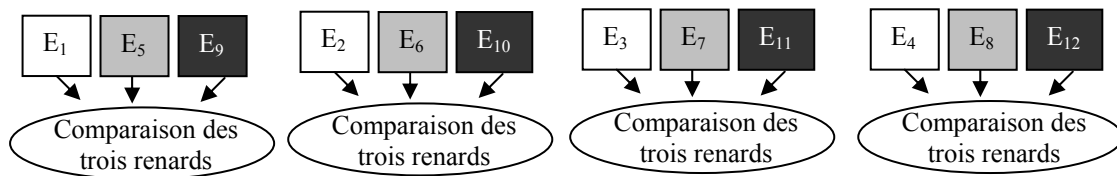
Cette proposition de fonctionnement peut se schématiser comme suit :

Étape 1 : devenir expert d'un animal particulier (soit le renard roux, soit le fennec, soit le renard polaire) :



Chaque groupe d'experts lit le document qui le concerne et tente de s'approprier au mieux les informations qui y figurent.

Étape 2 : faire état du fruit de son travail pour comparer son animal avec celui des autres élèves



Les élèves sont répartis autrement dans les groupes de telle manière que, dans chaque groupe, on retrouve un « expert » de chaque renard.

Dans une telle logique, on espère que chaque élève s'impliquera pleinement dans la lecture du document car il sera seul par la suite à devoir rendre compte de ses découvertes aux autres élèves.

Dans le but d'aider les élèves à se focaliser sur le but de l'activité (à savoir comparer les trois renards polaires), certains enseignants ont demandé qu'après la lecture de leur animal, les élèves listent une série de questions qu'ils souhaiteraient poser à ceux qui se sont occupés d'autres animaux.

Quelques exemples de questions posées par les enfants qui se sont intéressés au fennec :

- *Qu'est-ce que vos renards mangent ? Il n'y a pas d'insectes au pôle nord...*
- *Est-ce que vos renards ont des grandes oreilles comme nous ?*
- *Quand est-ce qu'il vit ? La journée ? La nuit ?*
- *Est-ce que vos renards voient bien ?*

Certains élèves ont toutefois eu des difficultés pour bien comprendre le but de la lecture : pourquoi poser des questions aux autres ? Comment être expert de son animal ? Faut-il souligner toutes les informations intéressantes ? Doit-on étudier par cœur ce qu'on nous dit de l'animal ?

Il semble donc essentiel de prendre le temps de bien expliquer ce qu'on attend de chacun. L'extrait suivant illustre cet aspect.

Élève : *Ça veut dire quoi « expert » ? On doit étudier notre animal ?*

E : *Je ne sais pas ce qu'il faut souligner dans ma fiche, tout est important*

Instituteur : Être expert de son animal, c'est pouvoir répondre à des questions que les autres pourraient vous poser. La fiche, vous pourrez la conserver lorsque vous irez comparer les animaux. Soulignez donc, si ça vous aide, quelques mots clés qui vous permettront de retrouver rapidement la réponse aux questions que les autres vous poseront. Essayez aussi de prendre du temps pour bien comprendre le type d'informations que vous avez...

E : *Ah oui, la photo, elle permet de voir son physique, comment il est. Là on parle de ce qu'il mange.*

c) Élaboration d'un tableau comparatif des trois animaux

Comme expliqué dans le schéma ci-avant, l'élaboration du tableau comparatif se réalise en groupes de trois élèves, un expert par animal. Le travail sur feuille de brouillon évite d'engager trop vite les élèves sur des réflexions d'ordre esthétique au détriment du contenu même des tableaux. Dans les diverses classes, les tableaux ont donc été réalisés sur feuille de brouillon avant d'être recopiés sur des affiches.

Lors de l'explication de cette phase du travail aux élèves, il s'agit de bien préciser l'enjeu de ce tableau : mettre en évidence les ressemblances et les différences entre les trois animaux de manière à analyser comment ils s'adaptent chacun à leurs lieux de vie.

Voici un exemple d'explication de cette phase et des questions posées par les élèves.

I : On vous demande de dresser à votre manière, comme vous le souhaitez, un tableau qui comparerait les animaux et qui permettrait de voir comment ils se sont adaptés, quelles sont les différences et quels sont les points communs entre eux.

E1 : *On doit faire un tableau par animal ?*

E2 : *Ben non, sinon on ne pourra pas les comparer : il faut mettre les trois renards dans un tableau et les comparer.*

I : Oui, c'est ça, vous avez dit tout à l'heure qu'il y a des adaptations physiques, des adaptations au niveau de l'habitat et des adaptations au niveau de la nourriture. Si vous avez raison, vous n'aurez aucune difficulté à trouver des informations qui prouvent notamment que, pour l'habitat, il y en a un qui dort sur la glace, l'autre qui dort sur le sable et un qui s'enterre dans un terrier ou sous les feuilles ou que sais-je, d'accord ?

Lors des essais de cette activité dans les classes, il est apparu que cette étape du travail a été particulièrement riche pour amener les élèves à mieux comprendre le fonctionnement du tableau et ce, pour au moins deux raisons :

- 1) Les échanges entre élèves leur permettent de confronter leurs conceptions respectives.
- 2) Les interventions de l'enseignant au sein des petits groupes permettent de relancer les débats sur ce qui pose réellement question aux élèves.

1) Les échanges entre élèves : des occasions de confronter des conceptions variées

Durant cette phase, des débats variés entre enfants ont pu être observés. Ces débats portaient tant sur la forme que sur le fond.

A titre illustratif, voici deux exemples de débats entre enfants.

- **Exemple 1** : Le contenu des cases : des croix ou des petites unités textuelles ?

Le débat suivant porte sur le contenu de chaque case : faut-il mettre des croix ou peut-on y voir des informations écrites ?

E1 : On va d'abord faire 3 colonnes avec le renard roux, le renard arctique et le fennec puis on va marquer les genres d'adaptations, on va faire des petits carrés avec les mots nourriture, habitat, physique et on va faire une croix dans celle qu'il ne s'est pas adapté.

E2 : C'est quoi, le genre d'adaptation ?

E1 : Ben par exemple la nourriture, si elle est la même entre les trois, on ne met rien dans la case et si elle est différente, on fait une croix.

E2 : Ah oui, on pourrait mettre comme titre, « s'adapter » et comme sous-titre on met « conditions », par exemple habitat, nourriture...

E3 : Je ne comprends pas parce que tu mets des croix, c'est mieux d'écrire à la place de mettre des croix. Ca veut dire quoi tes croix ?

E1 : Si on met une croix par exemple dans le renard arctique pour « adaptation physique », ça veut dire qu'il s'est adapté et s'il n'a pas d'adaptation physique on va laisser blanc. S'il a des adaptations dans « habitation », on va faire une croix, s'il n'a pas d'adaptation on va laisser vide comme ça.

E2 : Oui mais ils ont souvent des adaptations différentes...

E3 : A la place de mettre des croix on écrirait.

E1 : Je ne comprends pas ce que tu veux dire ?

E2 : A la place de mettre tes croix on écrirait par exemple habitat là et on voit que pour le fennec il dort sur le sable, le renard roux sur la terre et le polaire il dort sur la glace et après on écrirait tout.

E3 : Oui, et à la fin, dans une autre colonne, on pourrait mettre une croix : si on a mis des trucs différents, c'est qu'ils se sont adaptés...

- **Exemple 2** : La sélection d'informations utiles à placer dans le tableau

Dans certains groupes, la réflexion a démarré autour des questions que les élèves avaient formulées lors de la lecture individuelle. Comme l'illustre l'extrait suivant, ce point d'entrée peut permettre d'affiner la prise d'informations et de réfléchir à celles qui sont le plus pertinentes pour le tableau.

Chercheur : Comment vous y êtes-vous pris dans votre groupe pour débiter les échanges ?

Elève : On a d'abord essayé de trouver des données qu'on allait remplir dans les cases, en essayant de répondre aux questions qu'on avait écrites avant.

C : Tu peux m'expliquer un petit peu ?

E : On se posait les questions alors on disait : Ça on pourra mettre dans le tableau c'est important ou ça, on pourra s'en passer.

C : Il y a des choses que tu as trouvées compliquées ?

E : Trouver les informations pour le renard roux.

C : Ah oui pourquoi ?

E : Parce que tout ce qu'ils mettaient pour le fennec et le renard polaire il n'y avait pas pour le renard roux.

C : Et finalement vous avez trouvé ?

E : Oui. En regardant les images.

C : C'est important de regarder aussi l'image ?

E : Oui.

C : Pourquoi ? Qu'est-ce que vous avez vu dans l'image ?

E : Les poils. Et ils nous disaient la caractéristique. Par exemple ils nous disaient : il a un museau aplati, on savait voir : oui c'est vrai il a un museau aplati.

2) Les interventions de l'enseignant ou comment guider sans faire à la place ?

La qualité des échanges au sein des groupes peut également être influencée par des interventions de l'enseignant en cours de travail. Voici deux exemples d'interventions qui ont permis aux élèves d'affiner leur réflexion.

- Le retour sur un tableau affiché au mur de la classe.

Si la présence de trois colonnes (une par animal) s'impose d'emblée dans la plupart des groupes, bon nombre d'élèves ne pensent pas à envisager une marge reprenant la liste des caractéristiques. Pourtant, ils organisent les informations en écrivant sur une même ligne des informations comparables (par exemple, la taille ou la nourriture). Leur proposer d'analyser un tableau réalisé dans d'autres circonstances peut les aider à prendre conscience de l'intérêt de construire la marge verticale du tableau.

Dans une des classes, l'enseignant s'est basé sur un tableau de conjugaison affiché sur un mur de la classe pour aider les élèves à structurer leur tableau :

Tableau de conjugaison pour l'indicatif présent

Sujet	1 ^{er} groupe	2 ^e groupe	3 ^e groupe				
je / j'	aim-e	fini-s	ouvr-e	dor-s	met-s	veu-x	prend-s
tu	aim-es	fini-s	ouvr-es	dor-s	met-s	veu-x	prend-s
il / elle / on	aim-e	fini-t	ouvr-e	dor-t	met	veu-t	prend
nous	aim-ons	fini-ss-ons	ouvr-ons	dorm-ons	mett-ons	voul-ons	pren-ons
vous	aim-ez	fini-ss-ez	ouvr-ez	dorm-ez	mett-ez	voul-ez	pren-ez
ils	aim-ent	fini-ss-ent	ouvr-ent	dorm-ent	mett-ent	veul-ent	prenn-ent

Il a attiré leur attention sur l'aspect concis des informations présentées dans chaque case et également sur le rôle de la première colonne, qui évitait de devoir répéter chaque fois de quel sujet on parle dans chaque case du tableau.

- Les synthèses orales partielles

Ces premières synthèses orales peuvent être l'occasion de permettre à la classe de tirer profit d'apprentissages réalisés par quelques-uns, sans complètement dévoiler le contenu des tableaux.

Voici un exemple de synthèse orale réalisée dans une classe après une vingtaine de minutes de travail en petits groupes.

Après être passé dans chacun des groupes, voici comment un des enseignants a géré ces premières exploitations collectives.

I : C'est peut-être utile de faire le point et d'un peu partager ce qu'on a fait. Il y a chez tout le monde de très bonnes idées et puis de moins bonnes idées. Ce qui serait intéressant, c'est que chaque groupe partage la manière dont il a fait ce travail en nous expliquant quelles sont vos bonnes idées et quelles sont vos moins bonnes idées. Je pense que si un groupe nous dit « Nous, Monsieur, on a commencé de cette manière-là et puis on s'est rendu compte que ce n'était pas une bonne idée parce que ... », c'est le genre d'information très utile pour tout le monde. Quel groupe a une bonne et une moins bonne idée à partager, quelque chose que vous trouvez bien fait dans votre tableau et quelque chose que vous trouvez moins bien ?

E : *Dans notre tableau on a mis tout, je ne sais pas comment expliquer... Mais au début, on voulait mettre trop d'informations dans les cases du tableau...Et puis, on a ajouté une colonne au début pour écrire la comparaison qu'on faisait comme la fourrure par exemple.*

[...]

E : *Nous, au début on a écrit des phrases et puis après par exemple pour les oreilles on a mis taille moyenne pour le renard roux, pour le renard polaire on a mis « petites » et pour le fennec on a mis « grandes ».*

d) Exploitation des affiches élaborées

Cette dernière étape du travail a pour objectif de confronter entre elles les productions des élèves. L'exploitation peut porter tant sur le contenu des affiches que sur leur présentation sous la forme de tableaux.

Voici deux exemples de tableaux réalisés dans une même classe, ainsi qu'une exploitation qui pourrait s'en dégager.

	POIDS	LONGUEUR	LONGÉVITÉ	NOCTURNE	MILIEU NATUREL	PELAGE	NOURRI-TURE	MODE DE VIE	PREDATEUR	TERRIER
RENARD POLAIRE	4 kg	DE 53 À 55 CM	10 ANS ENVIRON	OUI	LES PÔLES	IL VARIE SELON LES SAISONS	OISEAUX, INSECTES, CHARO-GNÉS	EN GROUPE	INCONNUS	OUI
Fennec	DE 1 à 15 KG	30 cm + 15 cm POUR LES OREILLES	10 ANS	principale-ment	des déserts du nord de l'Afrique	couleur sable	des végétaux, des petits animaux	EN GROUPE	Inconnus	OUI, DANS LE SABLE
RENARD ROUX	DE 3 À 11 KG	DE 58 CM À 90 CM	DE 3 À 10 ANS	NOCTURNE ET DIURNE	EMISPHÈRE NORD	IL VARIE SELON LES SAISONS	GRENAILLES OISEAUX, SOURIS...	EN GROUPE	AIGLE	OUI

Mode de vie	taille	Poids	Durée de vie	Nourriture	taille des oreilles	couleur pelage	habitat
Fennec en groupe	35cm (avec les oreilles)	1-1,5kg	10 ans	omnivore	15 cm	blanc beige	désert nord Afrique
Renard polaire en groupe	53-55cm	4 kg	10ans	omnivore	petite taille	blanc brun	Pôle Nord
Renard roux en groupe	59 90cm	3-11kg	3-10ans	omnivore	taille moyenne	noir moyen	Pôle Nord

• Sur le plan du contenu, certaines informations sont traitées de manières différentes. Cela apparait particulièrement pour le régime alimentaire. Le premier tableau envisage une liste non exhaustive des aliments consommés qui varie d'un animal à l'autre. Le deuxième tableau précise que les trois animaux sont omnivores. Mener un débat sur cette question pourrait aider à clarifier dans quelle mesure le renard s'est ou non adapté en matière de régime alimentaire.

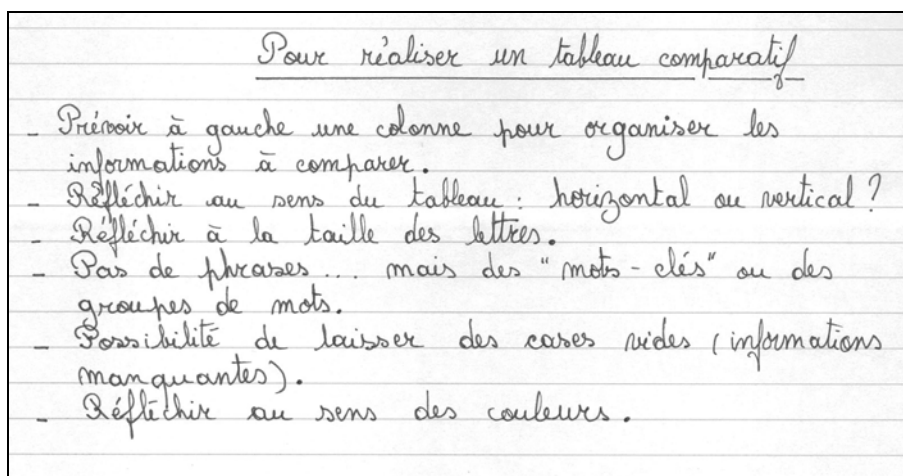
• Un autre regard sur le contenu pourrait permettre d'émettre des hypothèses sur certaines différences mises à jour dans les tableaux : le pelage, le caractère diurne ou nocturne... : comment expliquer les différences observées ?

Enfin, sur le plan de l'organisation des informations en tableau, ces documents sont déjà très élaborés : deux listes structurantes apparaissent (les animaux et les caractéristiques envisagées) ainsi qu'une présentation concise des informations dans chaque case du tableau.

Cette exploitation ne doit pas viser à dégager le seul bon écrit que l'on attendait des enfants, mais plutôt de mettre en évidence deux aspects essentiels d'un tableau, à savoir :

- l'organisation des données à l'aide des marges qui précisent tant les animaux que les caractéristiques envisagées ;
- la présence d'informations concises dans chaque case, garantissant une lecture rapide et la possibilité d'une vue d'ensemble sur les trois animaux envisagés.

Voici un exemple de synthèse réalisée dans une classe de cinquième primaire :



4.7. Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves

a) La compréhension des documents informatifs de départ

Une des difficultés rencontrées par les élèves concerne la lecture parfois approximative des informations présentées dans les documents.

Ainsi, trois passages des documents ont nécessité des explications complémentaires auprès de quelques élèves.

« Le renard polaire a de petites oreilles, un museau aplati, des pattes et une queue courtes. Toutes ces caractéristiques lui permettent de garder sa propre chaleur en faisant en sorte que les extrémités les plus exposées au froid soient les plus petites possible. »

→ Certains élèves ne comprennent pas le terme « extrémités » et dès lors ne font pas le lien entre les deux phrases.

« De plus, le fennec a des urines bien plus concentrées que celles de l'homme : ce qui a pour effet une élimination maximale des déchets pour un minimum de perte d'eau. »

→ La notion de concentration est floue pour certains élèves : ils ne comprennent pas que les urines permettent d'éliminer les déchets et la nécessité, pour le fennec de réduire au maximum les pertes en eau.

« Contrairement à sa vue, son ouïe et son odorat sont très développés, ce qui lui évite de faire de longues recherches inutiles dans le désert »

→ Certains élèves estiment qu'on ne donne aucune information sur la vue.

b) L'organisation des informations sous la forme d'un tableau

Si l'importance du caractère concis des informations à placer dans le tableau est vite comprise par les élèves, certains regrettent de ne pas pouvoir mentionner des informations qui leur semblent pourtant primordiales par rapport à la question de l'adaptation au milieu naturel.

	Couleur pelage ?	V.E. Quel ?	Aliment habituel	Terrain	Taille adulte #	de Pelage	Taille de	Reprod. habit.
Fennec	Couleur sable	Principalement la nuit	Légère	2 m de profondeur	15cm	Petit	non	non
Renard Polaire	Blanc	Principalement la nuit	Poisson	Terrain en pente	Petite	Grand	oui	oui
Renard roux	Couleur rousse et gris	Jour et nuit	Lapin	de pique	Taille moyenne	cote du deux	non	non

* Pq : Pour mieux cerner.
 * Pq : Pour avoir mieux fait.
 * Pq : Pour mieux cerner.

(5)

L'exemple ci-contre illustre une manière originale de régler ce problème. Les élèves font figurer en dessous du tableau l'explication de la caractéristique envisagée.

Certains élèves éprouvent des difficultés à concevoir la case comme croisement de deux informations : animal concerné et caractéristique envisagée.

Voici un exemple de production d'un groupe d'élèves qui illustre cette difficulté.

Adaptations physiques	
Renard roux	La fourrure est moyenne à cause du climat moyen.
Renard polaire	La fourrure est épaisse à cause de son climat.
Fennec	La fourrure est courte à cause du climat chaud.
Adaptations alimentaires	
Renard roux	Petits animaux, fruits et légumes.
Renard polaire	Hiver: carcasses abandonnées. été: baies, petits mammifères...
Fennec	Fruits, petits animaux, insectes, vers et lézards.
Adaptations habitat (terrestre et rochers).	
Renard roux	Dans l'hémisphère nord, il occupe d'anciens terrains de lapins, ou il vit entre des rochers...
Renard polaire	
Fennec	

Les élèves ont organisé leur tableau en fonction des types d'adaptations qu'ils ont repérées dans les documents : adaptations physiques, adaptations liées à la nourriture et adaptations liées à l'habitat.

Un autre élément structurant est bien présent dans leur tableau (le renard envisagé), mais ces élèves répètent pour chaque adaptation la liste des renards.

A travers l'analyse d'un tableau affiché dans la classe comme référentiel, l'enseignant a amené ces élèves à chercher un moyen pour éviter les répétitions inutiles.

Une autre difficulté concerne la manière de structurer l'information lorsqu'un même thème est envisagé sous différents aspects. C'est par exemple le cas de la fourrure.

ou rit. il ?	Dans la forêt	au Jôlé Nord	au désert
La couleur de la fourrure ?	roux	blanche ou blonde jaunâtre	couleur sable
épaisseur de la fourrure ?	épaisse	épaisse	non épaisse
Taille de la fourrure ?	grand fourrure	grand fourrure	court
Toujours ?	Pacino, Roche	tanier petit	dans le sable
oreilles ?	de, oreilles moyennes	Petit oreilles	oreilles de 15 cm

Les documents évoquent la couleur de la fourrure, son épaisseur ainsi que son éventuel changement en fonction des saisons.

Sur certains panneaux, ces informations sont concentrées dans une seule colonne et sur d'autres, trois colonnes sont envisagées (comme c'est le cas dans la production ci-contre).

CH. 5. APPROCHE DE L'ISOLATION

5.1. L'activité en bref

Pour démarrer une réflexion sur l'isolation, les situations ne manquent pas dans la vie quotidienne. Dans cette activité, nous proposons de partir de réflexions d'enfants autour d'une situation donnée : faut-il mettre ou non une veste sur un bonhomme de neige pour le conserver le plus longtemps possible.

Les débats sont suivis d'expériences d'abord qualitatives puis quantitatives à propos des deux thématiques suivantes : « *garder froid* », « *garder chaud* ». Les qualités isolantes de deux matériaux seront explorées : la laine et le carton.

Par la suite, des analogies avec la vie quotidienne peuvent être envisagées : vêtements, thermos, isolation des murs, boîtes en « Frigolite »⁴² pour garder les glaces, boîtes en carton pour les pizzas chaudes....⁴³

5.2. Ce qui est visé

Sur le plan des savoirs

- Appréhender le concept d'isolation en explorant les qualités isolantes de deux matériaux (la laine et le carton) et vérifier ou infirmer des conceptions telles que : « la laine chauffe », « la laine peut garder froid », « il faut des matériaux différents pour garder chaud et pour garder froid », « un carton ne suffit pas pour garder chaud », etc.

Sur le plan de la démarche scientifique

- Recueillir des informations par des observations qualitatives et quantitatives.
- Schématiser des situations expérimentales.
- Rassembler des informations sous la forme d'un tableau et les communiquer à l'aide d'un graphique⁴⁴.
- Réinvestir, dans d'autres situations, les connaissances acquises.

Le rôle de l'écrit dans l'activité

L'écrit apparaît à divers moments de l'activité et sous des formes variées : élaboration de schémas d'expériences, construction d'un tableau permettant de rassembler des données quantitatives, communication éventuelle des résultats sous la forme d'un graphique. Il accompagne les réflexions personnelles des élèves par la mise en ordre et la confrontation des informations recueillies.

⁴² « Frigolite » est une marque. Il s'agit en réalité de polystyrène expansé.

⁴³ Des prolongements plus larges peuvent être découverts dans les documents de l'asbl Hypothèse (« Les glacières » et « Une brique dans le cartable »).

⁴⁴ Le graphique a pour but de mettre en évidence l'évolution de la température de l'eau chaude mise dans un récipient isolé ou non isolé. Les élèves pourront ainsi être sensibilisés à l'intérêt et à la construction d'un graphique évolutif qui sera travaillé de manière plus approfondie dans l'enseignement secondaire (la construction d'un tel type de graphique n'est en effet pas à certifier au terme de l'étape 2 du parcours scolaire).

5.3. Suggestion d'organisation de la séquence⁴⁵

Les grandes étapes	Le déroulement	Les aides à apporter aux élèves
1. Introduction de la problématique.	<ul style="list-style-type: none"> • Observation d'une vignette présentant des avis d'enfants sur l'intérêt de revêtir ou non un bonhomme de neige d'une veste pour qu'il fonde le moins vite possible. 	
2. Expérience qualitative sur le thème « conserver le froid ».	<ul style="list-style-type: none"> • Présentation devant la classe de trois récipients identiques contenant la même quantité de glaçons de même taille, l'un isolé par une écharpe en laine, le deuxième, par du carton ; le troisième récipient est laissé à l'air libre. • Observation de ce qu'il advient des glaçons dans les trois situations après 30 puis 60 minutes. • Réalisation individuelle d'un schéma présentant l'expérience et les résultats obtenus. 	
3. Expérience quantitative sur le thème « conserver le chaud ».	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation collective de l'expérience. <ul style="list-style-type: none"> - Préparation avec les élèves d'un tableau de recueil des températures que chaque groupe utilisera pour noter ses observations. - Familiarisation avec l'utilisation du thermomètre : lecture des degrés, manière de le mettre dans le récipient,... - Constitution des groupes, répartition des tâches et du matériel. • Réalisation de l'expérience (voir détails dans le point « Regards sur l'activité ») en groupes, de manière à répliquer plusieurs fois l'expérience dans des délais raisonnables de temps. • Compte rendu écrit de l'expérience <ul style="list-style-type: none"> - Schématisation de l'expérience. - Présentation des résultats obtenus. 	<p>L'utilisation du thermomètre ne doit pas être considérée comme acquise a priori car souvent, certains éléments ne sont pas pris en compte : par exemple, va-t-on lire la température en laissant le thermomètre dans l'eau ou en le retirant ? Quelles précautions prendre ?</p> <p>Il est intéressant d'insister sur</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>le rôle du témoin</u> permettant la comparaison de deux situations contrastées sur le plan de l'isolation ; • <u>l'intérêt de répliquer les expériences</u> (chaque groupe ne réalise qu'une expérience mais au total, chaque expérience est réalisée plusieurs fois). <p>L'élaboration commune d'un tableau de recueil de données facilitera tant la tâche des groupes que la comparaison des résultats entre groupes lors de l'exploitation collective (étape 4).</p>
4. Confrontation des résultats de l'expérience quantitative.	<ul style="list-style-type: none"> • Mise en commun des résultats et interprétation des éventuelles convergences et des divergences dans les résultats. • Réalisation d'un ou plusieurs graphiques reprenant les résultats de l'expérience quantitative. 	La présentation des données sous la forme d'un graphique peut aider les élèves à visualiser des tendances générales observables dans chaque situation.
5. Prolongements.	<ul style="list-style-type: none"> • Exploitation de quelques situations de la vie quotidienne. 	

⁴⁵ Les moments de travail sur l'écrit sont en gras.

5.4. Ce qu'il faut savoir en tant qu'enseignant

a) A propos des conditions expérimentales

Il est intéressant d'aborder avec les élèves la maîtrise des conditions expérimentales, même si on ne peut dans les faits tout contrôler. Ainsi, on ne peut couvrir parfaitement les récipients, on n'a pas une bonne maîtrise de l'épaisseur des éléments couvrants, il n'est pas possible d'éviter la présence d'air entre l'élément couvrant et le récipient, etc. Néanmoins, on va veiller à disposer de récipients semblables, à mettre chaque fois la même quantité d'eau et à la même température de départ, à déposer les récipients au même endroit, à utiliser adéquatement le thermomètre...

L'idéal est de reproduire plusieurs fois les expériences. Comme elles prennent du temps, on peut jouer sur le nombre de groupes qui font l'expérience, ce qui permet de généraliser les résultats en dégagant des tendances (les températures varieront sans doute légèrement d'un groupe à l'autre).

Enfin, un récipient de comparaison semblable dans tous les groupes (témoin) est indispensable pour donner un sens aux observations.

b) A propos des bons isolants thermiques

Souvent, lorsque qu'on parle d'isolation thermique, on tient compte de l'objet (ou du liquide) que l'on veut garder chaud (ou garder froid) et de la matière qui sert d'isolant. On oublie souvent de tenir compte du milieu extérieur.

Ainsi, trois éléments sont à considérer simultanément :

- le milieu intérieur ou milieu à isoler (dans les expériences proposées aux élèves, il s'agit de l'eau chaude ou froide) ;
- le milieu ou le matériau interposé (intermédiaire) possédant des qualités isolantes plus ou moins élevées. On le nommera simplement : « l'isolant » ;
- le milieu extérieur (il s'agit souvent de l'air ambiant ou de l'air extérieur).

Dans cette perspective, la définition d'un isolant thermique n'envisage pas seulement la conservation de la température de l'objet : **l'isolant thermique peut davantage être considéré comme une barrière qui freine les échanges de chaleur entre le milieu intérieur et le milieu extérieur.**

A contrario, un conducteur thermique est un matériau qui permet à la chaleur de circuler. Ainsi, lorsqu'on chauffe une extrémité d'une barre de fer, la totalité de la barre s'échauffe progressivement. Si l'on chauffe suffisamment longtemps, la barre de fer aura la même température en tout point. La chaleur s'est propagée à partir de l'extrémité chauffée dans tout le reste du matériau. Le barreau métallique a "conduit" de la chaleur. Le fer est donc un bon conducteur thermique.

A noter : certaines matières sont très peu isolantes (ou très conductrices) ; cependant leur seule présence permet d'emprisonner un peu d'air et constitue dès lors une barrière qui freine légèrement les échanges de chaleur (un plat chaud emballé dans une feuille d'aluminium se refroidira un peu moins vite qu'à l'air libre mais plus rapidement qu'emballé dans du carton).

c) A propos des liens entre isolant thermique et isolant électrique

Lors d'activités sur le circuit électrique, les élèves ont l'occasion d'approcher la notion de bons ou mauvais conducteurs électriques. Y a-t-il un lien entre les constats établis dans le domaine de l'électricité et ceux établis dans celui de l'isolation ? Globalement, sans doute : la notion d'isolant et de conducteur est liée à la propagation de l'énergie donc concerne tant l'énergie électrique que thermique.

Par ailleurs, il apparaît que très souvent, les bons isolants thermiques sont aussi de bons isolants électriques : par exemple, le bois est un bon isolant thermique mais aussi un bon isolant électrique. De même, les métaux, bons conducteurs d'électricité, sont aussi de bons conducteurs thermiques. Toutefois, il y a des exceptions, la plus remarquable étant celle du diamant qui est un bon conducteur thermique et un mauvais conducteur électrique.

Comment expliquer ce phénomène ? Pour bien le comprendre, il faut passer au niveau moléculaire et même atomique : la conduction électrique est liée principalement au mouvement des électrons dans la matière, la conduction thermique dépend du mouvement des électrons et de l'oscillation des atomes autour de leur position d'équilibre⁴⁶, elle-même liée à la structure même du matériau.

Ces deux paramètres (mouvement des électrons et oscillation des atomes) permettent de mieux comprendre pourquoi la majorité des bons conducteurs électriques sont aussi de bons conducteurs thermiques mais qu'il existe des exceptions, puisque l'isolation thermique dépend d'un paramètre supplémentaire (l'oscillation des atomes).

d) Qu'est-ce qu'un pont thermique ?

Un pont thermique est une zone délimitée qui présente un défaut de résistance thermique (à la jonction de deux parois d'un bâtiment par exemple). A cet endroit on constate de fortes déperditions de chaleur.

5.5. Matériel nécessaire à l'activité

- Pour l'expérience qualitative

- 3 récipients semblables ;
- 1 ou 2 écharpes ;
- 1 caissette en carton renforcée sur les parois et le couvercle ;
- des glaçons semblables ;
- une minuterie.

⁴⁶ Dans un solide, les vibrations des atomes ne sont pas aléatoires et indépendantes les unes des autres : elles correspondent à des modes propres de vibration bien définis. On peut faire par exemple l'analogie avec un pendule ou une corde de guitare, dont la fréquence de vibration est fixée.

- Pour l'expérience quantitative

De l'eau chaude (environ 50°C) qui sera distribuée par l'enseignant, en même quantité dans chaque récipient.

Groupes comparant un récipient à l'air libre et un récipient avec une couche de carton

- 1 récipient « nu » ;
- 1 récipient emballé dans une couche de carton ;
- couvercles en carton ;
- 2 thermomètres ;
- une montre ou minuterie.

Groupes comparant les récipients entourés de 1 ou 3 épaisseurs de carton

- 1 récipient emballé dans une couche de carton ;
- récipient emballé dans trois couches de carton ;
- couvercles en carton ;
- 2 thermomètres ;
- une montre ou minuterie.

5.6. Regard sur l'activité

a) Introduction de la problématique

L'activité débute par la présentation aux élèves de la situation suivante⁴⁷ :



⁴⁷ Adapté de Keogh, B. & Naylor, S. (1999).

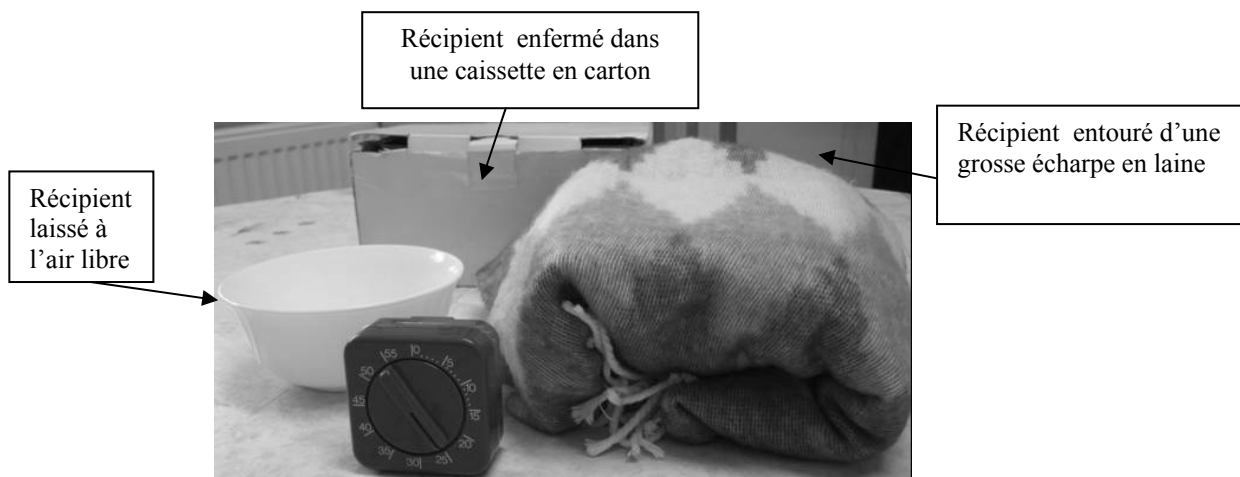
S'entame ensuite avec les élèves un débat autour de la nécessité ou non de mettre une veste. Les avis sont partagés : si une majorité estime que mettre une veste risque de réchauffer le bonhomme de neige, certains se risquent à penser que cela ne changera rien. Très peu - voire même aucun élève selon les classes - ne défendent l'idée que la veste pourrait agir comme un frein à la fonte du bonhomme.

Ces premiers échanges ont pour but d'introduire la problématique de la conservation du froid. Les élèves vont ainsi explorer ce thème en analysant dans quelles conditions un glaçon fondra le moins vite : entouré d'une écharpe en laine, de carton ou sans aucune protection ?

b) Expérience qualitative sur le thème « conserver le froid »

1) Description de l'expérience

- Devant la classe, mettre dans trois récipients le même nombre de glaçons de la même taille.
- Envelopper le premier récipient d'une ou deux écharpes, le deuxième, de carton et laisser le troisième à l'air libre.



- Après 60 minutes ou plus⁴⁸, observer ce qu'il advient des glaçons dans les trois situations.

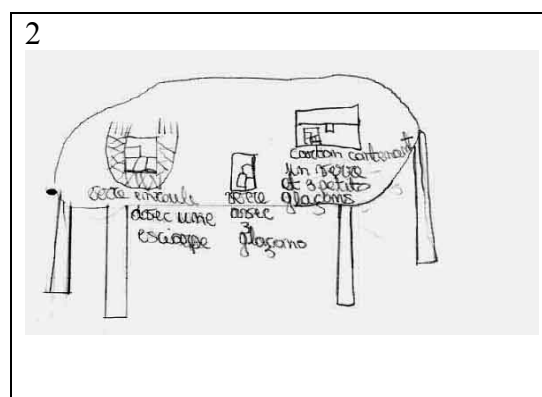
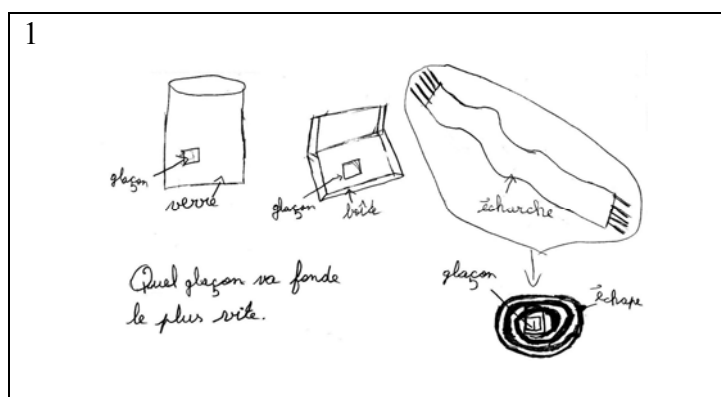
Beaucoup d'élèves font l'analogie entre la veste du bonhomme de neige et la situation où le récipient contenant le glaçon est enroulé dans une écharpe. Ils pensent, avant de réaliser l'expérience, que l'écharpe va réchauffer le glaçon.

2) Schématisation par les élèves de l'expérience

En cours d'expérience, les élèves sont invités à schématiser et en fin d'expérience à rendre compte par écrit des résultats obtenus.

⁴⁸ Selon la température ambiante, les glaçons fondent plus ou moins rapidement.

Voici quelques exemples de comptes-rendus réalisés par des élèves.



Si le matériel apparaît dans chacune des productions, les 2 premiers dessins sont imprécis quant au nombre de glaçons et présentent un caractère concret. En outre, le 2^e fixe le décor (la table d'expérience). Le troisième écrit se distingue par le caractère schématisé des représentations.

Si la description des expériences ne soulève pas de grosses questions pour les élèves, la clarification du but de l'expérience est en revanche moins claire pour plus d'un.

- Certains font référence à la situation introductive, en expliquant que « cela permettra de savoir si le bonhomme de neige fondra moins vite s'il est protégé par une veste ».
- D'autres se centrent uniquement sur la fonte de la glace : « on veut voir quel glaçon fondra le plus vite ».
- Quelques-uns enfin se centrent sur les conditions dans lesquelles les glaçons sont placés : « nous nous demandons si le glaçon fondra plus vite si on l'enroule dans une écharpe, si on le met dans une boîte ou si on le met dans un verre tout seul ». Remarquons que, même dans ce cas, les matières isolantes comparées (laine – carton) ne sont pas nécessairement mentionnées spontanément par les élèves.

Une mise en commun des productions individuelles permet de dégager :

- les variables envisagées dans cette expérimentation et le but de celle-ci, à savoir dégager le rôle isolant de la laine et du carton ;
- les paramètres maintenus constants dans les trois situations à savoir la température de la pièce, le volume des glaçons ainsi que le type de récipient contenant chacun des glaçons ;
- le rôle témoin du bol laissé à l'air libre.

Par ailleurs, des commentaires peuvent également être formulés sur la manière de schématiser l'expérience en identifiant les éléments devant figurer dans le document pour permettre une reproduction de cette expérience.

3) Analyse des résultats obtenus

Dans les diverses classes où cette activité a été essayée, c'est avec grand étonnement que les élèves ont constaté que les glaçons fondaient moins vite dans les récipients isolés, en particulier dans celui enroulé dans une écharpe de laine. Le lien avec la situation de départ s'est également révélé assez contre-intuitif : le bonhomme de neige fondra finalement moins vite avec une veste...

c) *Expériences quantitatives sur le thème « conserver le chaud »*

1) Préparation de l'expérience

On a vu que le carton gardait plus longtemps le froid que le récipient laissé à l'air libre. Préserve-t-il aussi plus longtemps la chaleur ? Comment vérifier ? L'épaisseur du carton a-t-elle une importance ? Quelle expérience simple pourrait-on faire ?

Un premier échange d'idées sur ces questions a pour but de sensibiliser les élèves à la mise en place d'un dispositif expérimental en envisageant différents aspects :

- Quel est le but de l'expérience ?
- Que doit-on faire varier d'une situation à l'autre ?
- Quels doivent être les points communs entre les situations (la même quantité d'eau à la même température au départ) pour s'assurer que les différences observées seront bien attribuables à la qualité isolante de l'emballage ?
- Quel récipient choisir comme témoin ?
- L'appel à la mesure : Que mesurer ? Quel laps de temps choisir ?
- Quelles précautions faut-il prendre ?
- Pourquoi répliquer l'expérience ?


On peut aussi préparer avec les élèves un tableau de référence⁴⁹ que chaque groupe reprendra pour noter ses observations. Cette préparation a pour but de s'assurer que les élèves prendront bien note des températures recueillies de manière à pouvoir, par la suite, exploiter les données ainsi récoltées.

Enfin, il convient de s'assurer que l'utilisation du thermomètre est bien maîtrisée : lecture des degrés, manière de le mettre dans le récipient, de le tenir, ... Lors des essais, il est en effet apparu que lire un thermomètre analogique n'était pas évident pour tous : dans quel sens procéder à la lecture ? Où positionner son œil par rapport à la prise de mesure, ... Ces mises au point sont essentielles pour s'assurer que les différences de températures éventuellement observées ne seront pas attribuables à des imprécisions ou des erreurs de lecture.


⁴⁹ Il est possible de laisser les élèves trouver eux-mêmes une manière de noter les données recueillies mais les essais dans les classes ont montré que certains élèves n'arrivent pas à prendre note avec suffisamment de précision (voir page 24). Ils risquent alors d'être très déçus de ne pas pouvoir intervenir lors de la mise en commun.

2) Constitution des groupes

La moitié des groupes se centreront sur la comparaison d'un récipient laissé à l'air libre et d'un récipient entouré de carton.

	<p>Le carton ralentit-il le refroidissement de l'eau ?</p> <p>Comparaison de la température de l'eau dans le récipient laissé à l'air libre et dans le récipient entouré d'une couche de carton.</p>
---	--

L'autre moitié des groupes se centreront sur la comparaison d'un récipient entouré d'une seule couche ou de trois couches de carton.

	<p>L'épaisseur du carton a-t-elle de l'importance ?</p> <p>Comparaison de la température de l'eau dans un récipient entouré d'une couche de carton et dans un récipient entouré de trois couches de carton.</p>
--	---

Dans chaque groupe, il est nécessaire de désigner un gardien du temps.

3) Expérience

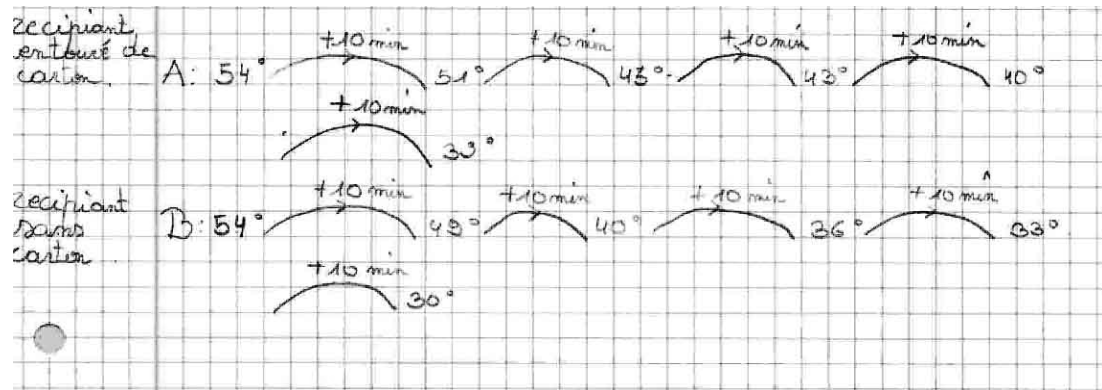
- Poser les récipients sur un banc stable (éviter les appuis de fenêtres et les radiateurs).
- Verser une même quantité d'eau chaude dans les récipients (à environ 50°C).
- Mettre les thermomètres dans les récipients et vérifier la température de départ (attendre environ 30 secondes) avant de relever la température pour que la température indiquée par les thermomètres soit stabilisée.
- Bien recouvrir les récipients d'un couvercle de carton.
- Toutes les 10 minutes pendant 50 ou 60 minutes, relever la température de l'eau dans les différents récipients sans retirer le thermomètre (le soulever légèrement) sans déplacer le couvercle de carton. Noter les données dans le tableau préparé.

En cours d'expérience et à la fin, les élèves réalisent un rapport d'observation permettant de rendre compte de l'expérience réalisée ainsi que des résultats obtenus.

Quelques exemples de présentations des données recueillies

Lors de la préparation de l'expérience, l'enseignant avait mené un débat sur la manière de présenter ces données. Malgré tout, certains groupes ont préféré d'autres présentations.

Production A



Production B

1. 2 h 20 carton: ① départ: 52°
 2 h 20 verre: ① départ: 52°
 2. 2 h 30 carton: ① départ: 49°
 2 h 30 verre: ① départ: 47°
 3
 2 h 40 carton 1
 2 h 40 verre 1

Production C

	1	2	3	4	5	6
carton	52°	49°	46°	44°	41°	39°
verre	52°	49°	41°	38°	34°	32°

La manière de représenter le temps pose question aux élèves :

- certaines mettent l'accent sur l'intervalle constant de 10 minutes (production A),
- d'autres, sur le moment précis de la prise de mesure (production B),
- d'autres encore, sur le numéro d'ordre de la prise de mesure (production C).

d) **Synthèse des observations et travail sur la comparaison des résultats des expériences quantitatives**

Plusieurs groupes ayant réalisé les mêmes expériences, il est important de confronter entre eux les résultats obtenus. Cela peut se réaliser de diverses façons :

- en demandant à chaque groupe de présenter l'évolution des températures dans les deux récipients en vue de voir si les constats généraux sont les mêmes (la température de l'eau descend moins vite dans le récipient le mieux isolé) ;
- en réalisant des moyennes des résultats obtenus, ce qui permet d'aborder cette notion mathématique en contexte significatif⁵⁰.

Tableau des températures de l'eau

Températures dans les récipients entourés d'un carton

<i>durée</i> Groupe	0	5	10	15	20	25
G-1	58°	56°	53°	50°	48°	46°
G-2	60°	55°	53°	50°	48°	46°
G-3	60°	53°	50°	48°	45°	43°
G-4	57°	53°	51°	48°	46°	43°
G-5	60°	55°	52°	49°	48°	45°
MOYENNES	59	54	52	49	47	45

Températures dans les récipients "nus"

<i>durée</i> Groupe	0	5	10	15	20	25
G-2	54°	51°	46°	42°	39°	36°
G-4	55°	50°	46°	42°	38°	36°
G-5	58°	52°	48°	44°	41°	39°
MOYENNES	54	51	44	43	39	37

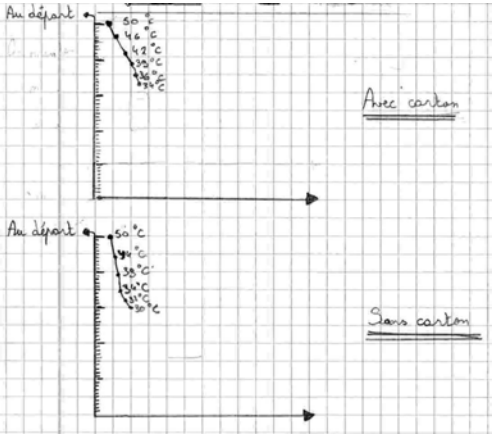
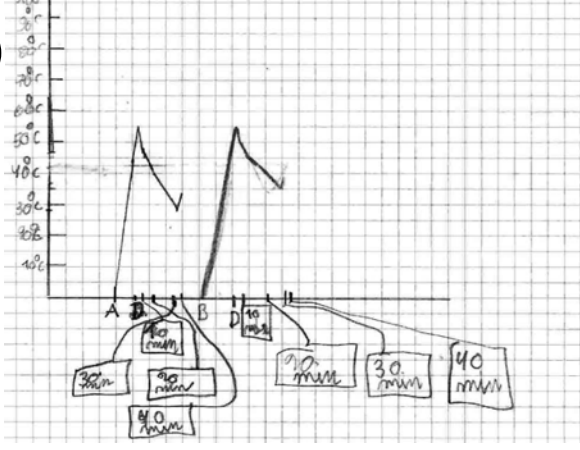
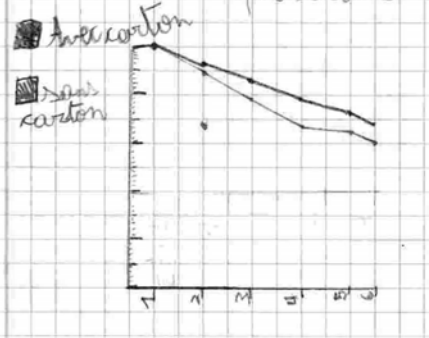
Températures dans les récipients entourés de 3 cartons

<i>durée</i> Groupe	0	5	10	15	20	25
G-1	59°	56°	53°	51°	50°	48°
G-3	60°	56°	55°	52°	50°	48°
MOYENNES	60	56	54	52	50	49

Afin de visualiser les tendances qui se dégagent des données, certains élèves ont spontanément pensé à représenter les données sous la forme d'un graphique évolutif.

⁵⁰ Dans l'exemple présenté, les groupes 1 et 3 ont utilisé un récipient entouré d'un carton et 1 récipient entouré de 3 cartons. Les groupes 2, 4 et 5 ont utilisés un récipient entouré d'un carton et un récipient « nu ».

Toutefois, représenter deux courbes sur un même graphique est loin d'être une tâche élémentaire pour les élèves (rappelons que la construction d'un tel graphique ne sera à certifier qu'au terme du premier degré de l'enseignement secondaire).

<p>(A)</p> 	<p>Comment mieux visualiser les différences entre les deux situations ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • En réalisant un graphique par récipient (production A) ? • En présentant les deux courbes sur un même graphique dont l'abscisse est graduée deux fois (production B) ? • En utilisant les mêmes repères (production C) ?
<p>(B)</p> 	<p>Ces diverses productions montrent à quel point la présentation visuelle des données est une tâche complexe pour les élèves qui ne maîtrisent pas pleinement les règles guidant la construction de tels graphiques.</p>
<p>(C)</p> 	

La confrontation des résultats émanant des expériences qualitatives et quantitatives doit également aider les élèves à mieux **comprendre le rôle isolant du carton qui peut agir aussi bien lorsqu'il s'agit de « garder » plus longtemps chaud que plus longtemps froid.**

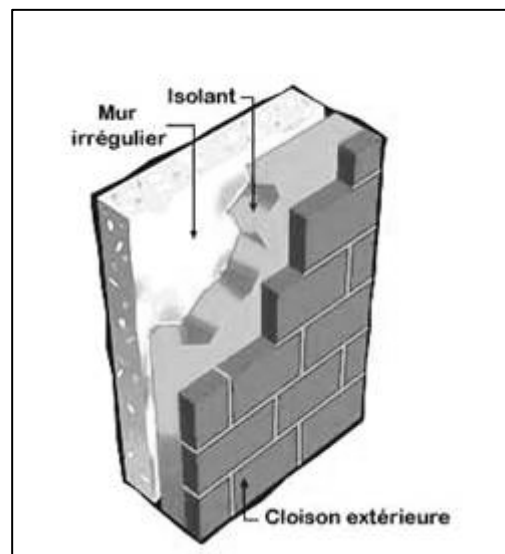
Lors de cette mise en commun, il est également essentiel **de faire le point sur la notion même d'isolation : il s'agit d'une sorte de barrière placée entre deux milieux, le milieu**

intérieur (composé de glaçons dans l'expérience qualitative et d'eau chaude dans l'expérience quantitative) et le milieu extérieur (qui est dans les deux cas l'air de la pièce à température ambiante). L'isolant agit donc comme un **écran** qui freine les échanges de chaleur entre les deux milieux.

e) ***Ouverture vers d'autres observations***

L'analyse de quelques isolants observables dans la vie quotidienne peut prolonger la réflexion en mettant en évidence, dans chaque cas, leur rôle de barrières freinant les échanges de chaleur entre deux milieux.

Exemple de schéma d'isolation d'un mur de maison :



5.7. Quelques nœuds de difficultés souvent rencontrés par les élèves

a) ***La persistance d'une conception fortement ancrée chez les élèves : l'écharpe chauffe***

Malgré les expériences, malgré les observations, malgré les notes, pour certains élèves les constats issus des expériences s'avèrent trop contre-intuitifs. L'écharpe surtout, qui « réchauffe » leur cou quand il fait froid continue à leur poser question.

Certains vont jusqu'à remettre en question les conditions expérimentales : c'est peut-être le verre qui a « empêché » l'écharpe d'exercer son pouvoir chauffant ? Même une expérience complémentaire avec les glaçons placés directement dans l'écharpe ne réussit pas à les convaincre tous.

Ce doute se reflète dans les réponses à certaines questions qui leurs sont posées et dans les débats, comme l'illustre l'extrait suivant.

Débat suite à la question : *Si on avait entouré un récipient avec l'écharpe en laine, est-ce que la température de l'eau chaude versée aurait pu augmenter ?*

E1 : *Avec la chaleur, la température monte.*

E2 : *C'est quand même une écharpe en laine, ça chauffe.*

E1 : *Avec les glaçons ça les garde, ça les fait fondre moins vite.*

E2 : *Ca n'a rien à voir.*

[...]

E3 : *L'écharpe ça chauffe le cou en hiver.*

E4 : *L'eau et le cou ce n'est pas la même chose.*

E3 : *C'est le même principe.*

I : *C'est-à-dire ?*

E3 : *Moi quand je mets ma veste ou mon écharpe, j'ai chaud et je transpire. Et il y a de l'eau qui coule. C'est comme avec les glaçons...*

I : *Si tu veux. Mais on a fait l'expérience et tu as vu que c'était l'inverse : l'écharpe ne réchauffait pas. Elle tenait froid.*

E3 : *Ah oui.*

E4 : *Si on met une écharpe sur soi, c'est comme si elle prenait la température corporelle, de mon corps. Si c'est froid, elle prend la température des glaçons. Les autres pensent peut-être que je dis un truc stupide. (l la rassure) Parce que si après je touche l'écharpe, elle est chaude. Et avec les glaçons, si je touche l'écharpe, je sens la température des glaçons.*

Dans une autre classe ayant exploré cette activité, les élèves ont également constaté le rôle isolant (et non chauffant) de l'écharpe en laine dans l'expérience qualitative. Ce constat n'a pas suscité de grosses discussions en cours d'activité. En revanche, elles sont apparues plus tard, lors de la correction d'une évaluation où les élèves étaient amenés à analyser un document décrivant une expérience centrée sur l'isolation d'un récipient contenant de l'eau chaude à l'aide d'une écharpe en laine. L'une des questions posées aux élèves était la suivante.

« Simon pense que l'écharpe en laine a réchauffé l'eau du récipient. Que penses-tu de son explication ? Justifie ta réponse. »

Près de la moitié des élèves pense que Simon a raison et que l'écharpe va réchauffer l'eau du récipient alors même qu'ils ont constaté le contraire lors de l'expérience en classe...

b) L'isolant, vu comme une barrière entre deux milieux, le milieu extérieur et le milieu intérieur

Si les élèves constatent les différences dans la vitesse de refroidissement de l'eau chaude (expérience quantitative) ou dans celle du réchauffement des glaçons (expérience qualitative), ils éprouvent souvent des difficultés à bien comprendre qu'à terme, la température de l'eau dans les deux récipients (celui qui est isolé et celui qui ne l'est pas) correspondra à la température ambiante de la classe. Les amener à réfléchir à ce phénomène peut les aider à concevoir l'isolation comme une barrière entre milieux (extérieur et intérieur) et non comme un processus capable de maintenir une température constante dans un lieu délimité (par analogie avec un frigo ou un four par exemple).

Dans une classe, cette question est apparue lors de l'élaboration du graphique d'évolution de la température dans l'expérience quantitative : quelle graduation faut-il prévoir pour l'axe des températures ? Voici un extrait d'un débat sur cette question.

I : Et j'aurais pu descendre jusque 0° ?
 E : *Oui.*
 I : Et plus bas que 0° ?
 E : *Oui mais ça ne sert à rien.*
 E : *Parce que ça va prendre du temps pour arriver à 0°.*
 I : Si lundi, on avait laissé les petits pots dans la classe sans plus y toucher, et si on avait repris la température aujourd'hui, on serait loin ou près de 0° ?
 E : *Moins que 0.*
 (Brouhaha)
 I : Zéro, moins que 0 ou plus que 0 ?
 E : *Plus bas que 0... enfin je crois.*
 E : *Il ne fait pas 0° ici.*
 E : *Moi je dirais dans les 19°.*
 E : *Moi 11° ou 12°.*
 E : *Parce qu'il y a les radiateurs et tout ça.*
 I : Pourquoi 11° ?
 E : *11 ou 13°, comme ça. Parce que dans la classe, je crois qu'il fait plus ou moins 11 à 13°.*
 E : *Moi je dis 20°.*
 E : *Ça descend pas du tout ces degrés là.*
 E : *Déjà en 25 minutes, la t° a baissé de 21° de moyenne. Alors avec plus de temps...*
 I : Donc est-ce qu'on va descendre sous 0° ?
 E : *Oui.*
 E : *Non parce que ça a descendu vite parce que l'eau était à 60°. Si on avait mis 20° elle ne serait pas descendue aussi vite. Je crois qu'il y a un rapport avec la température de la classe. Et la classe n'est jamais à 60°. Si ça avait été à 20°, la classe n'aurait pas fait un effet à l'eau.*

Si certains élèves parviennent à bien exprimer cette notion d'échange entre deux milieux, d'autres en revanche éprouvent plus de difficultés, admettant même que la température puisse descendre sous 0°C...

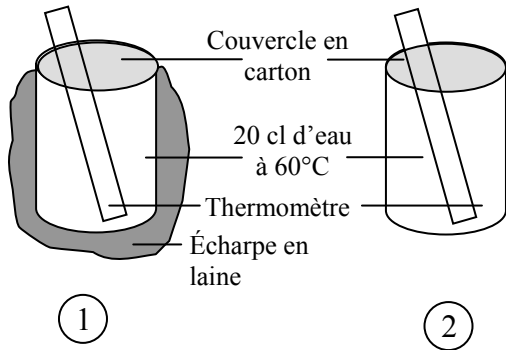
5.8. Document pour les élèves : suggestions pour une évaluation de l'activité

Nom :

Prénom :

Classe :

Compte rendu d'une expérience



Temps (en minutes)	Température (en degrés)	
	1	2
0	60	60
5	57	54
10	54	51
15	51	47
30	42	39
45	38	34
75	32	28
105	29	26
165	25	24
225	24	24

1. Que veut-on montrer en réalisant l'expérience ?

Choisis la proposition qui convient le mieux.

- La laine ralentit l'évaporation de l'eau.
- La température est plus froide lorsqu'il n'y a pas de laine.
- La laine ralentit le refroidissement de l'eau.
- L'écharpe réchauffe l'eau.
- Autre (précise)

2. Écris une liste du matériel dont on a besoin pour réaliser l'expérience.

.....

.....

3. Dans cette expérience, à quoi sert le thermomètre ?

.....

4. Explique comment les données présentées dans le tableau ont été recueillies.

.....
.....
.....
.....

5. Que veut dire « 15 » écrit dans la colonne « Temps » ?

.....

6. Quelle était la température de l'eau dans chacun des récipients au moment où l'expérience a commencé ?

.....

7. Que signifie l'information « 0 » présente dans la première colonne du tableau ?

.....

8. A quelle température était l'eau du récipient 2 après 10 minutes ?

9. A ton avis, comment se fait-il qu'en fin d'expérience, la température de l'eau dans les deux récipients soit de 24°C ?

.....
.....

10. Simon pense que l'écharpe en laine a réchauffé l'eau du récipient 1. Que penses-tu de son explication ? Justifie ta réponse.

.....
.....
.....

5.9. Quelques astuces pratiques

- Ne pas trop serrer les cartons pour pouvoir enlever les récipients au moment de mettre de l'eau chaude et les remettre ensuite. Cela évite de mouiller les cartons tout en visualisant mieux la quantité d'eau versée⁵¹.
- Bien mettre des cartons pour fermer les récipients une fois l'eau versée. Les attacher avec du papier collant. Cela limite le pont thermique vers le haut.
- Pour lire la température, remonter les thermomètres sans jamais les sortir complètement : cela évite de mouiller les cartons et cela permet de laisser le bas du thermomètre constamment dans l'eau. Les mesures sont ainsi plus précises.

⁵¹ Ce faisant, on introduit une fine couche d'air entre le carton et le verre. Mais comme expliqué page 153, 1^{er} §, il est impossible de maîtriser toutes les variables en jeu dans cette expérience.

CONCLUSION

ET

REFERENCES UTILES

Dans cette brochure, nous avons proposé aux enseignants un outil de **réflexion** et d'**action** :

- de **réflexion**, par l'attention accordée au rôle de certains écrits lorsqu'ils sont intégrés de manière significative dans une activité scientifique ;
- d'**action**, par les pistes pratiques d'organisation des activités et par l'analyse des réactions des élèves.

Le domaine des sciences est sans doute un des plus vastes auquel doit faire face l'enseignement. Les thèmes à aborder en classe sont multiples et, même en se référant aux socles de compétences, les possibilités de choix restent impressionnantes. Nous avons donc dû nous limiter à quelques illustrations. Ce modeste échantillon voudrait encourager chacun à se lancer dans l'aventure scientifique avec enthousiasme et sans trop d'inquiétude.

L'accent a été mis sur l'écrit, particulièrement dans les formes « schéma » et « tableau ». Ces écrits ne sont jamais exercés pour eux-mêmes : ils doivent avoir un sens au sein d'une activité scientifique qui mobilise l'intérêt des élèves.

Les démarches réflexives proposées au fil du document sont, bien entendu, transférables à d'autres activités scientifiques. En outre, les passerelles avec la lecture et les mathématiques sont nombreuses.

Une fois entrés dans une réelle dynamique de questionnement, d'observation, d'expérimentation, de réflexion..., les élèves peuvent s'investir tant dans l'action que dans l'écrit. Leur curiosité, leur envie d'expérimenter et de comprendre sont vives. En outre, les échanges entre élèves et les dialogues avec l'enseignant constituent une richesse sans cesse renouvelée.

- Allègre, C. (2003). *Un peu de science pour tout le monde*. Paris : Fayard.
- Astolfi, J.P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (2^e éd. 2008). *Mots clés de la didactique des sciences*. Paris-Bruxelles : De Boeck Université.
- Astolfi, J.P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint J. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Paris-Bruxelles : De Boeck Université.
- Astolfi, J.P., Perterfalvi, B., & Vérin, A. (1998, rééd. 2001). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.
- Balpe, Cl. (1991). *Les sciences physiques à l'école élémentaire*. Paris : A.Colin.
- Catel, L. (2001). Ecrire pour apprendre ? Ecrire pour comprendre ? Etat de la question. *Aster*, 33, 3-16.
- Chabanne, J-C., & Bucheton, D. (2001). *Les écrits intermédiaires*, DFLM n°26 « Ecrire pour apprendre », Villeneuve d'Ascq.
- Crahay, M. (1999). *Psychologie de l'éducation*. Paris : P.U.F.
- Delcambre, I., Dolz, J., & Simard, C. (2001). *Ecrire pour apprendre : une activité complexe aux sens multiples*, DFLM n°26 « Ecrire pour apprendre », Villeneuve d'Ascq.
- De Vecchi, G. (1992). *Aider les élèves à apprendre*. Paris : Hachette.
- De Vecchi, G., & Carmona-Magnaldi, N. (2002). *Faire vivre de véritables situations-problèmes*. Paris : Hachette.
- Duval, R. (2003). Comment analyser le fonctionnement représentationnel des tableaux et leur diversité ? *Spirale* n° 32, 8-31.
- Fabre-Cols, Cl. (2000). *Apprendre à lire des textes d'enfants*. Bruxelles : De Boeck.
- Fourez, G., & Englebert-Lecomte, V. (1999). Enseigner les démarches scientifiques. *Probio-revue*, 1, 3-15.
- Garcia-Debanc, C. (1995) Interaction et construction des apprentissages dans le cadre d'une démarche scientifique. *Repères*, 12.
- Gauthier, C., Desbiens, J-F., & Martineau, St. (2003). *Mots de passe pour mieux enseigner*. Laval : Presses de l'Université.
- Gemenne, L., Lesjeune, M., Leroy, A., & Romainville, M. (2001). *Ecrire pour apprendre les sciences*, DFLM, 26 « Ecrire pour apprendre », Villeneuve d'Ascq.
- Geurden, C., Hanck, M., Giot, B., & Bouxin G. (2002). Initiation à une pédagogie active de l'éveil scientifique. Analyse d'une démarche d'observation en formation continuée d'enseignants. *Cahiers du Service de Pédagogie expérimentale de l'Université de Liège*, 9-10. Liège : Service de Pédagogie expérimentale de l'Université, 201-217.
- Giot, B., & Quittre, V. (à paraître). Lire et produire des schémas scientifiques à l'école primaire. *Caractères*.
- Giot, B., & Quittre, V. (2009). Les tableaux à double entrée dans les écrits scientifiques des jeunes élèves. *Cahiers de l'aSPe*, 27-28, 103-124.
- Giot, B., & Quittre, V. (2008). Images, dessins et schémas scientifiques : comment sont-ils perçus par les enfants ? *Cahiers de l'aSPe*, 27-28, 125-150.
- Giot, B., & Quittre, V. (2008). Apprendre les sciences, apprendre l'écrit : deux démarches complémentaires, *Caractères*, 29, 5-17.

- Giot B., & Quittre V. (2006). Écrire et dessiner en éveil scientifique : un reflet des apprentissages et des potentialités des élèves. *Actes du 4^e Congrès des chercheurs en Education*, Namur, 21 et 22 mars 2006.
- Giot, B., & Quittre, V. (2006). Pourquoi et comment structurer ses acquis en sciences à l'école primaire ? *Site du Ministère de la Communauté française de Belgique* : <http://www.enseignement.be/index.php?page=24864>.
- Giot, B., & Quittre, V. (2006). *Les activités scientifiques en classes de 3^e et 4^e années primaires. Aider les élèves à structurer leurs acquis*. Ministère de la Communauté française. Service général du pilotage du système éducatif. Brochure pour les enseignants.
- Giot, B., & Quittre, V. (2005). Structurer ses acquis en sciences : le rôle de l'écrit. *Site du Ministère de la Communauté française de Belgique* : <http://www.enseignement.be/index.php?page=24864>.
- Giot, B., & Quittre, V. (2004). Intervenir de façon formative dans la structuration des acquis et dans la construction des compétences des élèves en sciences. *Le point sur la recherche en éducation*.
- Giordan, A. (1999). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Paris : Belin.
- Giordan, A. (1998). Les conceptions de l'apprenant. Un tremplin pour l'apprentissage. J. Cl. Ruano-Borbolan (Dir.) *Éduquer et former*. Auxerre : Ed . Sciences humaines.
- Giordan, A., Guichard, F., & Guichard, J. (2001). *Des idées pour apprendre*. Nice : Z-Éditions. Delagrave.
- Hypothèse (2008). *Une brique dans le cartable*. Brochure pour l'enseignement, www.hypothese.be.
- Hypothèse (s.d.). *Les glaciers*. Brochure pour l'enseignement, www.hypothese.be.
- Jaubert, M., & Rebiere, M. (2001). Pratiques de reformulation et construction de savoirs, *Aster*, 33, 81-110.
- Keogh B., & Naylor S. (1999). Concepts cartoons, teaching and learning in science : an evaluation. *International Journal of Science Education*. Vol. 21, 4, 432-4456.
- Ministère de la Communauté française (2003). *Les évaluations externes non certificatives en sciences : Résultats et commentaires*. Bruxelles. <http://www.enseignement.be/index.php?page=25186>
- Ministère de l'Éducation de la Communauté française (1999). *Socles de compétences*. Bruxelles.
- Nyssen M.C. (2002). L'enseignement des sciences en Communauté française. Etude descriptive dans l'enseignement fondamental. In *Les Cahiers du Service de Pédagogie expérimentale*. 9-10. Liège : Service de pédagogie expérimentale de l'Université.
- Peraya D., & Nyssen, M.C. (1995). *Les paratextes dans les manuels scolaires de biologie et d'économie. Une étude comparative*. Université de Genève : Cahier 78.
- Sanchez E., Prieur M., & Devallois, D. (2003). *Formation initiale et continue des enseignants en Sciences de la terre. Quels besoins pour quelle évolution des pratiques ?* Lyon : INRP. (<http://www.inrp.fr/acces/biotic/enquete-ST/index.htm>.)
- Szterenbarg, M., & Vérin, A. (1999). Une mare, deux mares, des écrits. *Les Cahiers pédagogiques*, 373, 35-37.

- Thouin, M. (1997). *La didactique des sciences de la nature au primaire*. Sainte-Foy (Québec) : MultiMondes.
- Thouin, M. (2004). *Enseigner les sciences et les technologies au préscolaire et au primaire*. Sainte-Foy (Québec) : MultiMondes.
- Vérin, A. (1995). Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences, *Repères* n°12, 21-36.
- Vlassis J., De Landsheere V., & Mélon C. (2003). L'enseignement des sciences par énigmes scientifiques. *Bulletin d'informations pédagogiques*, n° 53.
- Warwick, P., Stephenson, Ph., Webster, J. (2003). Developing pupils' written expression of procedural understanding through the use of writing frames in science: findings from a case study approach. *International Journal of Science Education*. Vol. 25, 2, 173-192.
- Zahouani, K. (2004). Le dessin d'observation. *Magarts: la question du dessin* (2).

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

Tél. 02/690 81 00
www.enseignement.be

D/2009/9208/33