


Liaison primaire-
secondaire

Les activités scientifiques expérimentales

Publication destinée aux instituteurs
du dernier cycle de l'école primaire
et aux professeurs de sciences du
premier degré de l'enseignement
secondaire

 <p>HYPOTHÈSE Haute Ecole Charlemagne Haute Ecole de la Ville de Liège Haute Ecole ISELL</p>	<p>Sabine Daro (asbl Hypothèse) Marie-Christine Graftiau (Haute Ecole ISELL) Marie-Noëlle Hindryckx (Haute Ecole Charlemagne)</p>
--	--

*À l'initiative de la Ministre Présidente de la Communauté française, en
charge de l'enseignement obligatoire et de promotion sociale*

Nous tenons à remercier les enseignants associés au projet pour leur investissement en temps lors des réunions de travail, des moments d'échange et, bien sûr, pour les phases d'expérimentation en classe.

Merci aussi aux élèves du primaire et du secondaire sans qui cette recherche-action n'aurait pas été possible.

Nous remercions également nos collègues d'Hypothèse pour leur travail de relecture ou leur aide à la mise en forme du document.

Sommaire

I : DISPOSITIF DE RECHERCHE	3
1. INTRODUCTION.....	3
2. PRESENTATION DE L'EQUIPE DE RECHERCHE.....	4
3. PRESENTATION DES PARTENAIRES DE LA RECHERCHE.....	5
3.1 <i>Identification des écoles partenaires</i>	5
Pour le groupe « Sciences ».....	5
3.2 <i>Présentation des étudiants partenaires</i>	6
3.2.1. <i>Pourquoi travailler avec des étudiants ?</i>	6
3.2.2. <i>Quels sont les étudiants et que font-ils ?</i>	7
4. DESCRIPTION ET BILAN DU TRAVAIL MENE.....	8
5. QUE PEUT-ON TROUVER DANS CETTE BROCHURE ?.....	14
II. REPERES METHODOLOGIQUES	15
1. INTRODUCTION.....	15
2. LES DOCUMENTS OFFICIELS DE REFERENCE.....	16
3. CHERCHER DE L'INFORMATION PAR LE BIAIS DE L'EXPERIENCE.....	18
3.1 <i>Introduction</i>	18
3.2 <i>Expériences-action</i>	22
3.2.1. Expériences pour ressentir.....	23
Quelques illustrations de cette étape de « vécu en soi ».....	24
3.2.2. Expériences « pour voir » lors de manipulations libres.....	25
3.2.3. Expériences « pour voir » dans un défi expérimental.....	26
3.2.4. Expériences de sensibilisation (ou expériences spectacle).....	27
3.2.5. Consacrer du temps aux expériences–action, un passage obligé ?.....	28
3.3 <i>Expériences-outil</i>	32
3.3.1. Expériences illustratives réalisées par l'élève ou ... sur un chemin balisé.....	32
Quelques exemples pour comprendre.....	33
Caractéristiques de « l'expérience illustrative réalisée par l'élève ».....	36
Pourquoi ce modèle didactique est-il si répandu ?.....	37
Quels sont les apprentissages possibles ?.....	37
Quelles sont les limites de ce modèle didactique ?.....	40
3.3.2. Expérience illustrative réalisée par l'enseignant ou l'animateur.....	41
3.4 <i>Expériences-objet</i>	43
3.4.1. Du côté des enseignants.....	44
3.4.2. Du côté des élèves.....	48
3.4.3. Expérience de validation d'un résultat découvert de façon théorique.....	51
3.5 <i>Tableau général : les statuts de l'expérience</i>	54
4. STRUCTURER LES APPRENTISSAGES.....	57
4.1 <i>Structurer prend du temps</i>	57
4.2 <i>De l'oral à l'écrit : un passage difficile</i>	58
4.3 <i>Respecter le niveau de formulation de l'élève</i>	60
4.4 <i>Varié les formes de la structuration</i>	62
5. UNE GRADATION DIDACTIQUE.....	63
5.1 <i>Articulation des activités</i>	63
5.2 <i>Du primaire au secondaire</i>	67
5.3 <i>Passer de l'expérimentation dirigée à l'expérimentation autonome</i>	67
5.4 <i>Et dans les livres scolaires ? Quel statut pour quelle expérience ?</i>	70
6. POSITION EPISTEMOLOGIQUE DU SAVOIR ENSEIGNE.....	76
Piste°1: Constater plutôt que théoriser !.....	80
Piste 2: Faire lien entre les situations de vie et les activités en classe.....	81
Piste 3: Identifier et varier le statut des expériences en classe.....	82
III. EXPERIMENTATIONS EN CLASSE	83
1. INTRODUCTION.....	83
2. COMMENT SE PRESENTE CHAQUE SEQUENCE ?.....	83
3. SEQUENCE 1: ORGANISATION DES ACTIVITES AUTOUR DES MOULINS A EAU AU PRIMAIRE.....	84
4. SEQUENCE 2: ORGANISATION DES ACTIVITES AUTOUR DES ENGRENAGES AU SECONFAIRE.....	128
5. SEQUENCE 3: ORGANISATION DES ACTIVITES A PROPOS DE L'ELECTRICITE AU PRIMAIRE.....	158
6. SEQUENCE 4: ORGANISATION DES ACTIVITES A PROPOS DE L'ELECTRICITE AU SECONDAIRE.....	177

I : Dispositif de recherche

1. Introduction

Le 1^{er} décembre 2005, Madame Arena (Ministre Présidente de la Communauté - française en charge de l'enseignement obligatoire) confiait à trois départements pédagogiques (Haute Ecole Charlemagne, Haute Ecole de la Ville de Liège et Haute Ecole ISELL), sous la coordination de l'ASBL Hypothèse, la réalisation et la supervision d'expériences pilotes visant à renforcer l'articulation entre l'enseignement fondamental et l'enseignement secondaire dans le cadre du Contrat pour l'école.

Cette volonté s'inscrivait dans le prolongement direct de la mise en place du **Contrat pour l'école** adopté en mai 2005 par le Gouvernement de la Communauté française.



Dans ce contrat, parmi les mesures proposées pour atteindre la priorité 2 (« Conduire chaque jeune à la maîtrise des compétences de base »), on peut lire qu'il est prévu « *d'initier cinq expériences pilotes associant des enseignants venant des deux dernières années de l'enseignement primaire et du premier degré de l'enseignement secondaire et travaillant collectivement à la maîtrise par tous les élèves des socles de compétences, renforçant ainsi l'articulation entre la seconde et la troisième étape du tronc commun. Ces expériences intégreront des situations diversifiées et, a minima, des écoles bénéficiaires de discriminations positives ainsi que des écoles secondaires organisant soit une 2^{ème} professionnelle, soit un premier degré de base* ».

Trois expériences pilotes ont été menées en région liégeoise¹ durant les années scolaires 2005/2006 et 2006/2007 : deux ont concerné l'articulation des apprentissages dans le domaine des mathématiques et la troisième expérience pilote s'est intéressée à la continuité des apprentissages en sciences.

En sciences, le contenu travaillé concerne le thème de **l'énergie**. Ce choix s'est réalisé après un échange des difficultés de chacun dans la mise en œuvre de certaines parties des programmes d'enseignement. Ce choix nous est apparu par ailleurs judicieux car les contenus variés répertoriés sur ce thème dans le document Socles de compétences sont à certifier en fin de primaire ou en fin de premier degré du secondaire. Ce thème permet différentes portes d'entrée et cela facilitera la participation et rejoindra les motivations de chaque enseignant. Par son caractère abstrait, le concept « énergie » nous semble intéressant à construire lors de la transition primaire secondaire, à un âge où se vit justement le passage de la pensée concrète à la pensée abstraite.

L'évaluation externe en première année A de l'enseignement secondaire, réalisée en mars 2004, souligne la difficulté chez les élèves dans un savoir-faire essentiel à la démarche expérimentale, c'est-à-dire : la mise au point d'un dispositif expérimental.

¹ Deux autres expériences pilotes ont été menées en région bruxelloise par l'équipe du Professeur B. Rey (ULB).

C'est pourquoi, d'un point de vue méthodologique, la réflexion a porté essentiellement sur *l'approche expérimentale* comme moyen de construire des connaissances en sciences. La réflexion sur la continuité des apprentissages en sciences lors de la liaison primaire-secondaire ne peut faire l'impasse de certains constats interpellants quant à la difficulté et la réticence des instituteurs devant la tâche de conception et d'animation de séquence d'apprentissage dans cette matière. Une approche des *différents statuts de l'expérience en classe* et des spécificités respectives a permis d'établir des démarches en continuité permettant à chacun (instituteurs et régents) d'inscrire sa place dans un enseignement scientifique en spirale.

2. Présentation de l'équipe de recherche

Cette association de trois départements pédagogiques, assez innovante dans le paysage liégeois, a permis de constituer une équipe composée de 5 chercheurs² aux compétences multiples.

Institutions	Chercheur(e)s
ASBL Hypothèse	Sabine DARO (coordinatrice de la recherche) Licenciée et agrégée en Sciences biologiques
Département pédagogique de la Haute Ecole Charlemagne	Marie-Noëlle HINDRYCKX Docteur en Sciences biologiques
Département pédagogique de la Haute Ecole ISELL	Marie-Christine GRAFTIAU Licenciée et agrégée en Sciences biologiques
Département pédagogique de la Haute Ecole de la Ville de Liège.	Christine GERON Docteur en Sciences mathématiques Pierre STEGEN Licencié et agrégé en Sciences de l'éducation DEA de didactique des mathématiques

Cette équipe a été renforcée et complétée par une collaboration avec le Centre de Recherches et d'Enseignement des Mathématiques (CREM) de Nivelles pour la partie mathématique concernant les rationnels.

Centre de recherches sur l'enseignement des mathématiques (CREM) de Nivelles	Laetitia DESMET Licenciée et agrégée en sciences logopédiques
--	--

² Hormis la coordinatrice de la recherche qui preste 5/10, les autres chercheurs ont une charge équivalente à 2,5/10. L'équipe dispose donc globalement de l'équivalent de 1,75 ETP pour mener à bien cette recherche.

3. Présentation des partenaires de la recherche

3.1 Identification des écoles partenaires

Une des premières tâches de l'équipe de recherche a été de développer un espace de collaboration qui associe étroitement des enseignants (du fondamental et du premier cycle de l'enseignement secondaire), des chercheurs maîtres-assistants des départements pédagogiques des Hautes Ecoles (psychopédagogues et professeurs de sciences des sections primaire et régendat) et des étudiants des Hautes Ecoles (futurs enseignants instituteurs et régents en sciences et en mathématiques).

Pour la partie « sciences », cet espace de collaboration rassemble des enseignants d'une douzaine d'écoles différentes et cinq étudiants des Hautes Ecoles.

Les différentes écoles et enseignants impliqués sont les suivants :

Pour le groupe « Sciences »

Enseignant(e)s	Écoles secondaires
Mme de Bouharmont	Athénée Royal d'Esneux
Mme Degée	Institut Saint-Joseph - Remouchamps
Mme Boulanger	
Mme Defooz	
Mme Simonis	Collège Saint-Roch Ferrières
Mme Denoël	

Enseignant(e)s	Écoles primaires
Mr. Lardinois	Athénée Royal d'Esneux (section primaire)
Mme Delville	École libre Saint-Michel - Esneux
Mme Strée	Écoles communales d'Esneux
Mme Defossé	
Mr. Louys	Athénée Royal d'Aywaille (section primaire)
Mme Bollaerts	École libre Saint-Joseph - Remouchamps
Mr. Grignet	École communale de Kin
Mme Bonnivert	

Mme Prévost	École Libre de Comblain-au-Pont
Mme Rutten	École Libre d'Aywaille - Deigné
Mme Feron	École communale de Harzé
Mme Bonfond	
Mme Delville	

3.2 Présentation des étudiants partenaires

Dès le départ, le projet prévoyait la participation d'étudiants des différentes Hautes Ecoles associés dans le cadre de leur travail de fin d'étude (TFE).

3.2.1. Pourquoi travailler avec des étudiants ?

Cette proposition s'avère intéressante à plus d'un titre. En effet, le travail de fin d'étude est un moyen privilégié d'apprentissage permettant, entre autres, aux étudiants de se questionner sur les difficultés de terrain, sur leur pratique d'enseignant, pour ensuite adopter un regard critique et proposer des réponses judicieuses en termes de remédiation effective.

Les étudiants trouvent dans le partenariat avec une équipe de recherche-action telle que constituée ici, les conditions favorables pour l'exercice d'une analyse réflexive bien utile pour leur avenir professionnel.

L'efficacité d'un tel dispositif est à souligner. En effet, la participation étudiante permet d'amplifier l'expérimentation didactique et d'apporter une aide concrète pour l'observation.

Par ailleurs, l'accompagnement par ceux-ci dans certaines classes lors de l'expérimentation didactique permet aux enseignants peu rassurés dans cet exercice, d'avoir une aide effective.

Les étudiants sont ouverts aux propositions d'activités à mettre en place, puisqu'elles ne doivent pas bousculer d'anciennes pratiques (inexistantes à ce jour). Ils s'engagent donc plus facilement à tester certaines activités lors de leurs stages. Par contre, d'autres aspects de l'enseignement leur font peur et la présence de « maîtres experts » les rassure : gestion du programme, gestion des groupes, construction de la synthèse, organisation d'une sortie hors de la classe...

L'objectif de notre travail, avec les étudiants, est également d'initier dès la formation initiale, chez les futurs enseignants, un esprit de collaboration avec les collègues en amont et en aval de leur niveau, dans la poursuite d'un objectif commun : un parcours scolaire cohérent pour les élèves.

3.2.2. *Quels sont les étudiants et que font-ils ?*

Le tableau suivant identifie l'origine des étudiants et la nature de leur implication dans le volet scientifique du dispositif de recherche

Section	Étudiant (e)s / Ecoles	titre
Instituteurs (trices) primaires projet sciences	- Sabrina Fernandez - Gilles Fairon (HE Isell)	- « Quels dispositifs mettre en œuvre chez des enfants entre 10 et 12 ans pour permettre le passage de leurs préconceptions vers l'apprentissage de concepts ? » - « Comment mener une démarche expérimentale scientifique au cycle 4 ? »
	- Esmeralda Oviszach - Delphine Decelle (HE Charlemagne)	“Liaison primaire-secondaire: Quelles implications les conceptions des apprenants peuvent-elles avoir sur leurs apprentissages?”
Régent(e)s en sciences	- François Daumen - Daphné Orban (HE Isell)	« Expérimentons l'expérimentation ! Dans le cadre de la liaison Primaire-Secondaire »

4. Description et bilan du travail mené

La recherche s'étend sur les années scolaires 2005-2006 et 2006-2007. La première subvention, octroyée par l'arrêté du 9 décembre 2005, couvre la période du 1^{er} décembre 2005 au 30 novembre 2006. La deuxième période s'étend, du 1^{er} décembre 2006 au 31 août 2007.

Après un temps consacré à la mise en place des équipes de travail et à la définition des axes de travail, plusieurs moments de rencontre ont été organisés entre avril 2006 et juin 2007.

Ces réunions ont permis l'échange chez des enseignants qui travailleront avec les mêmes enfants en amont et en aval du passage à l'école secondaire. Cet espace de discussion fut des plus apprécié par les uns et les autres. Après une première rencontre plus informelle permettant d'aborder les représentations et les questions de chacun, les cinq rencontres suivantes se sont déroulées autour de situations d'apprentissage à s'approprier, à critiquer, à analyser; autour de réflexions méthodologiques présentées par le groupe de chercheurs pour élargir le débat ; autour de démarches testées dans les différentes classes à analyser. Les contenus et objectifs des séances organisées avec les enseignants ont été présentés dans un rapport intermédiaire d'octobre 2006. Le dispositif se rapprochait par moments de la formation continuée, par d'autres de l'échange de pratiques de terrain, ou encore d'un groupe à tâche. Nous insistons sur le caractère dynamique de ce dispositif qui a permis aux participants une appropriation efficace. Cette expérience a confirmé une fois de plus que pour arriver à un réel changement de pratique, un tel accompagnement est nécessaire. L'outil seul ne suffit pas.

De l'expression spontanée des enseignants sur le dispositif de recherche-action, des avis récoltés sous forme d'un questionnaire d'évaluation en cours de parcours et en fin de processus, nous pouvons fournir les constats suivants :

Participation encourageante

Tout d'abord, il faut signaler que les enseignants qui ont pris part à ce projet se sentaient effectivement concernés, puisque leur taux de **participation** aux réunions était vraiment important (plus de 80% à chaque réunion de travail). Bien sûr, il s'agissait de volontaires, ou d'établissements volontaires, mais rares sont les équipes de travail qui restent stables au fil de l'année scolaire!

La participation à la séance de clôture fin mai fut par contre plus faible. La date trop proche de la période chargée qu'est la fin de l'année fut la raison exprimée par les absents. Certains enseignants du fondamental ont exprimé le regret de n'avoir pas pu participer à toutes les réunions ; car il leur est difficile de quitter leurs élèves et de les laisser à la charge de collègues.

**Faire des sciences suscite
souvent un certain malaise
chez les instituteurs**

La plupart des enseignants du fondamental qui ont participé au projet disent ne pas être des spécialistes des sciences dans leur école et même, ne pas être à l'aise par rapport à la matière et aux démarches que nous avons abordées ensemble. On peut donc considérer que les équipes étaient constituées d'enseignants, certes de **bonne volonté**, mais pas rompus d'emblée aux sciences et aux démarches expérimentales. Les activités menées lors de cette recherche ont pris tout leur sens : travailler avec un échantillon d'enseignants relativement représentatif de ceux qui sont dans les classes. Lors de l'évaluation finale, les enseignants du fondamental présentant moins d'assurance au départ dans les sujets scientifiques, ont signalé que le dispositif de recherche leur avait permis de se sentir plus à l'aise dans ces disciplines et a contribué à modifier leurs représentations initiales quant à leur rôle en classe de sciences.

« Cela m'a ouvert des horizons. Cela m'a permis de prendre conscience qu'en tant qu'institut, je serai capable d'aborder les leçons scientifiques »

« J'ai bien l'intention de vivre les activités vécues cette année avec d'autres groupes d'élèves et notamment d'essayer d'y arriver seule ! »

«La participation à ce groupe m'a permis de me lancer dans des sujets qui faisaient peur, m'a apporté des idées, du concret »

« Je compte essayer aussi les thèmes eau et électricité l'année prochaine. Et ceci en étant plus sereine par rapport à leur contenu »

**Ambiance de travail
conviviale**

Il faut également signaler la bonne ambiance qui a régné à ces réunions de travail : le respect des différents niveaux d'enseignement, les remarques constructives qui sont formulées et le réel dialogue qui s'est installé entre instituteurs et régents. Les enseignants ont dit avoir apprécié la **rencontre de collègues**, tous réseaux et tous niveaux confondus et l'échange de pratiques. Certains ont souligné le beau défi d'essayer de travailler ensemble et l'intérêt d'y participer ! D'autres ont apprécié le fait de pouvoir sortir de leur classe et de prendre un peu de recul par rapport au quotidien de leur établissement. Nous avons voulu ajouter à cette convivialité en proposant de prendre le repas de midi ensemble chaque fois que possible.

**Mettre les enseignants en
situation : un choix délibéré**

Les chercheurs ont construit des modules de formation mettant en œuvre les démarches telles que celles attendues dans les classes. Dès les premières rencontres, Les enseignants ont donc été **mis en situations concrètes**, à leur niveau, de résoudre quelques défis, de vivre certaines démarches scientifiques expérimentales. Cette étape a vraiment permis à chacun de s'imprégner des

différents statuts de l'expérience et aussi de la gradation des activités que nous avons construite ensemble. Même si les terminologies utilisées (expérience-action, expérience-objet, expérience pour voir, pour prouver...) ne sont pas toujours acquises, le rappel du vécu de l'équipe (« vous vous souvenez, c'est comme la manipulation de l'essoreuse à salade... »), permettait à tous de comprendre de quoi il s'agissait. Les mises en situations ont permis une bonne appropriation du cadre de travail et de mener une co-construction d'outils à tester puis à diffuser.

Associer les enseignants dans les choix à poser

L'équipe de recherche a aussi voulu impliquer au maximum les enseignants dans la construction des outils : choix du thème, des activités, construction pas à pas de la méthodologie et des séquences à faire vivre aux élèves... Cela prend du temps et oblige l'équipe de travail (chercheurs et enseignants) à se réunir assez souvent. Malgré tout, nous sommes convaincus de la nécessité de mener ce **travail de construction progressive**, plutôt que d'imposer des méthodes ou des contenus.

Motiver les enseignants à l'expérimentation didactique

Pour quelques enseignants du groupe, l'expérimentation didactique fut la continuité logique du travail et ils y ont participé avec enthousiasme, nous renvoyant les observations constructives et nécessaires à la rédaction de l'outil. Pour d'autres, l'expérimentation en classe, pour laquelle nous avons parfois beaucoup insisté, fut une épreuve. Nous avons évoqué lors du rapport intermédiaire de mai 2007, l'expression des difficultés et craintes de certains instituteurs à se lancer dans les démarches scientifiques expérimentales construites. Nous avons essayé d'établir un climat de confiance permettant, même aux plus réticents, de se lancer dans l'expérimentation didactique. Un accompagnement en classe a été proposé au libre choix de l'enseignant. Malgré les craintes, tous ont accepté de se prêter au jeu : tester les activités sélectionnées par le groupe, accompagné ou non d'un chercheur ou d'un étudiant des Hautes Ecoles (voir tableau des expérimentations menées p.12 et 13). Nous pensons que le caractère « obligatoire » du testing en classe a permis à certains enseignants du groupe de dépasser leur blocage quant à l'animation d'ateliers d'éveil en sciences.

« On se rend compte qu'il faut simplement « oser » se lancer et les expériences partagées donnent un peu plus de confiance et de bagages dans les thèmes abordés »

« J'ai appris à faire autre chose, autrement. Les essais se sont très bien passés et ont permis une participation plus active de mes élèves ; Je suis contente d'avoir pris le temps de « perdre du temps » pour mieux fixer. »

« J'ai apprécié d'être aidé, je savais que si je rencontrais un problème dans l'exploitation de l'une ou l'autre situation, je pouvais faire appel à vous »

« Si je n'avais pas été obligée, je n'aurais rien testé en classe. Je n'étais pas rassurée d'animer une séquence moins directive que d'habitude, sans même savoir les idées que les enfants allaient sortir. Je n'en reviens pas de toutes les idées qu'ils ont eues et réalisées. Ils étaient vraiment motivés. »

Des temps de rencontre nécessaires

Cette façon de faire a permis également aux chercheurs de constater d'emblée les incompréhensions du public engagé dans la formation. Quelques fois, des notions qui semblaient aller de soi pour nous, chercheurs, demandaient un certain temps pour être intégrées de manière optimale par les enseignants. Nous avons dû parfois réajuster notre niveau de formulation, développer davantage notre argumentation... Ceci nous amène à penser que la diffusion de ce type d'outils construits ne peut faire l'impasse **de prendre le temps de rencontrer** les enseignants et de les accompagner dans la mise en place de ces outils. Ce dispositif peut sembler coûteux quand on pense au fait de soustraire des enseignants de leur classe pendant autant de périodes, mais on ne pourra certainement pas en faire l'économie, si l'on veut assurer une rentabilité du processus de formation avec des changements effectifs en classe.

Travailler ensemble pour une continuité des apprentissages

Un aspect vraiment innovant pour l'ensemble des collaborateurs de cette recherche-action est de **prendre part à cette réflexion** menée sur un inventaire et une adaptation des différentes méthodes pour travailler en sciences, de part et d'autre de la frontière qui sépare l'enseignement primaire de l'enseignement secondaire inférieur. Chacun des niveaux doit se situer en complémentarité, l'un par rapport à l'autre. Il ne s'agit donc pas, pour l'enseignant du primaire, d'être exhaustif par rapport à certains sujets scientifiques, mais bien de **poser les jalons** nécessaires à l'enfant pour qu'il puisse accéder à un autre niveau d'apprentissage en sciences, quel que soit le domaine, au niveau de l'enseignement secondaire. Il s'agit aussi, pour le régent en sciences, de pouvoir repartir du vécu et des démarches scientifiques mises en place au primaire, pour **mener l'enfant plus loin** dans son apprentissage des démarches et des concepts scientifiques. Chacun des intervenants doit donc apprendre à se situer dans la **gradation** de l'apprentissage des démarches scientifiques que nous avons construite ensemble et articuler ses interventions pédagogiques en fonction.

Tableau présentant les expérimentations concrètes d'activités scientifiques vécues dans les classes :			
Lieux et membres de l'équipe	Dates	Sujet	Intentions de l'enseignant -
École communale de Kin (Mr. Grignet)	De décembre 2006 à mai 2007	Séquence à propos des engrenages séquence « Electricité » Réalisation d'une structuration sous forme d'un site Web	Diversifier ses pratiques – prise en charge de l'animation
Ecole primaire St-Joseph à Remouchamps (Mr. Bollaerts)	De décembre 2006 à mai 2007	Visite du musée de la métallurgie Séquence « Electricité » Réalisation d'une structuration sous forme d'un site Web	Diversifier ses pratiques – prise en charge de l'animation
Ecole communale de Harzé (Mme Delville)	Début : mars 2007	Séquence à propos des engrenages et transmission de mouvement	Animer des démarches actives - accompagnement dans l'animation
Institut Saint Joseph Remouchamps – Secondaire (Mmes Degée, Boulanger et Defooz)	Avril 2007	Les engrenages Visite d'un moulin	Diversifier ses pratiques
École communale Esneux – Montfort (Mme Defossé)	2 ^o trimestre 2007	Séquence électricité -	Se lancer dans des activités de type scientifique Inscrire son travail dans le projet énergie mené dans l'école et participer à l'exposition de Mai
École communale Esneux – Hony (Mme Strée)	2 ^o trimestre 2007	Séquence électricité	Se lancer dans des activités de type scientifique Inscrire son travail dans le projet énergie mené dans l'école et participer à l'exposition de Mai
Inst. St Michel Esneux (Mme Delville)	2 ^o trimestre 2007	Questionnement autour du thème des moulins à eau Séquence sur l'eau et sur les engrenages	Se lancer dans des activités de type scientifique avec un accompagnement à l'animation

Athénée Royal Esneux (Mme De Bouharmont)	De décembre 2006 à mai 2007	- Séquence à propos des engrenages et transmission de mouvement - Séquence sur le vélo. - Réalisation d'une structuration sous forme d'un site Web - Participation à « Expo-sciences » - Séquence électricité	Diversifier ses pratiques -
Institut St-Roch à Ferrières (Mme Simonis et Mme	Mars 2006	Séquence « électricité » - approche expérimentale	Diversifier ses pratiques - Se lancer dans une animation de séquences moins frontales et plus concrètes pour les élèves -
Ecole St Joseph - Welkenraedt - Sabrina Fernandez (étudiante ISELL Ste Croix)	Stage avril 2007		Expérimentation didactique dans le cadre du travail de fin d'étude
EC « La Redoute »- Remouchamps - Gilles Fairon (étudiant ISELL Ste Croix)	Stage avril 2007		Expérimentation didactique dans le cadre du travail de fin d'étude
EC du Tilleul - Loncin - Delphine Decelle (étudiante HE Charlemagne)	Stage novembre 2006		Expérimentation didactique dans le cadre du travail de fin d'étude
Lieu de stage Esmeralda Oviszach (étudiante HE Charlemagne)	Stage novembre 2006		Expérimentation didactique dans le cadre du travail de fin d'étude
Collège Saint-Louis - Liège Daphné Orban (étudiante ISELL Ste Croix)	Stage mars 2007		Expérimentation didactique dans le cadre du travail de fin d'étude
Collège Saint - Louis Waremmes - François Daumen (étudiant ISELL Ste Croix)	Stage mars 2007		Expérimentation didactique dans le cadre du travail de fin d'étude

5. Que peut-on trouver dans cette brochure ?

Le chapitre deux, « *Repères méthodologiques* », du présent travail porte tout d'abord sur une clarification de l'approche expérimentale, ou plutôt des approches expérimentales. Des exemples, issus de la présente recherche ou extraits de manuels, illustrent les éléments méthodologiques sur lesquels s'est appuyé le travail mené avec les enseignants. Ensuite, nous envisageons une gradation de ces différentes logiques d'enseignement en sciences. Dans un travail sur la continuité des apprentissages, cette prise de recul sur la gradation en fonction de l'âge et du vécu des enfants prend tout son sens.

Dans le chapitre trois, « *Expérimentations en classes* », nous avons décrit quatre séquences d'enseignement qui ont été construites et testées dans le cadre de cette recherche. Toutes concernent le domaine de l'énergie. Deux premières ont été menées avec des élèves de l'enseignement primaire, les deux autres au premier degré du secondaire. Aux descriptions du vécu s'ajoutent les fiches-outil relatives aux activités et les documents de structuration utilisés.

II . Repères méthodologiques

1 . Introduction

L'évaluation externe de mars 2004 concernant la formation scientifique³ dégage des difficultés importantes chez les élèves du premier degré du secondaire, en ce qui concerne la compétence : *Concevoir une procédure expérimentale (C5)*. Les auteurs relèvent chez les élèves notamment une imprécision dans les dispositifs proposés, des difficultés d'exprimer l'hypothèse envisagée en regard des expériences proposées, des difficultés d'isoler la variable...

Ce document présente des pistes visant à développer une réelle réflexion autour des expérimentations et propose des exemples de situation d'apprentissage afin de développer chez l'élève la compétence envisagée. Les auteurs invitent les enseignants du premier degré du secondaire à diversifier les pratiques expérimentales en classe et à privilégier des logiques d'enseignement qui relèvent davantage de la recherche et de la découverte.

Au primaire, quand les enseignants « font des sciences », ils décrivent des démarches concrètes et/ou expérimentales. Par contre, au secondaire, l'enseignement des sciences fait appel, plus généralement, au vécu antérieur et aux capacités d'abstraction des élèves. Le fossé est donc parfois grand pour l'enfant au niveau de son apprentissage des sciences, au moment du passage entre l'enseignement primaire et le secondaire.


Dans la recherche-action que nous avons menée avec un groupe mixte d'enseignants (primaire-secondaire), nous avons trouvé intéressant de poursuivre la réflexion méthodologique concernant l'apprentissage de la démarche expérimentale. En effet, ce type de démarche pourrait permettre de construire des connaissances en sciences, de développer des compétences disciplinaires, de construire la pensée de l'élève, de véhiculer une image créative des sciences et peut-être d'adoucir ainsi la transition entre les deux niveaux d'enseignement.

Pour ce faire, une prise de conscience des différents statuts possibles pour l'expérience dans la classe nous a semblé être un préalable nécessaire pour les enseignants désireux d'introduire plus de démarche expérimentale dans leur enseignement. Des mises en situation et des analyses de pratique ont permis de s'approprier et préciser une typologie des manières d'envisager l'expérience. Cette analyse comparative a permis de clarifier les spécificités de chaque logique méthodologique en matière d'apprentissage et d'un point de vue de l'image de la science véhiculée.

³ Évaluation externe en première année A de l'enseignement secondaire : pistes didactiques. Formation scientifique. Mars 2004. Ministère de la Communauté française Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique. Service général du Pilotage du Système éducatif. 62 p.

2. Les documents officiels de référence

En accord avec les enseignants travaillant dans des réseaux différents, nous avons décidé de repartir du document « Socles de compétences⁴ ». Voici ce que nous pouvons lire dans la partie concernant les sciences :

 « L'apprentissage des sciences vise tant le développement de compétences spécifiques et transversales, que l'acquisition de connaissances et propose les méthodologies les plus adéquates pour amener les jeunes à se les approprier de manière durable. La construction progressive des savoirs et des savoir-faire constitue l'élément fondateur (paradigme) **de toute démarche scientifique**. Celle-ci, en effet, permet aux élèves, quels que soient leur âge et leur niveau d'étude, d'être les **premiers acteurs de leurs apprentissages** en partant de situations qui les incitent à s'impliquer dans la recherche. De plus, 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**. À l'ère du virtuel et des produits conditionnés, c'est un apport non négligeable qu'il convient de mettre en évidence. Les mises en situation se fondent sur une approche d'objets, de vivants et de phénomènes naturels à partir desquels les élèves se posent des questions ».

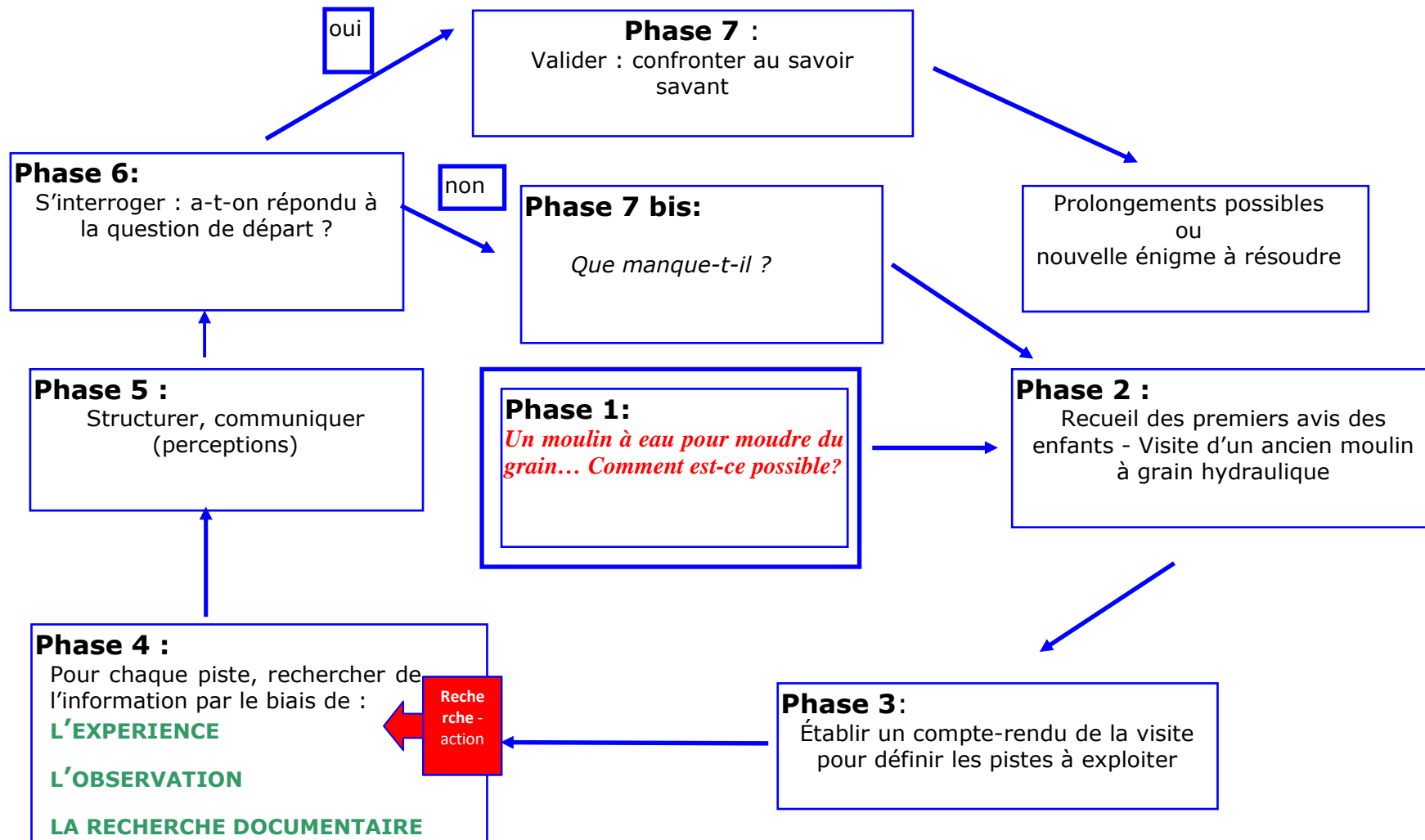
La démarche scientifique résulte d'une réflexion méthodologique relative à l'enseignement des sciences. On évoque souvent "la" démarche scientifique, comme si elle constituait une référence univoque, alors qu'elle fait l'objet de conceptions et d'interprétations les plus diverses !

L'une de ces interprétations est illustrée par "la théorie des énigmes" présentée par l'Inspecteur Ph. Delfosse, notamment dans le document "Socles de compétences" édité par la Communauté française.

Nous avons choisi d'articuler nos actions en suivant cette interprétation, avec l'intention de travailler des connaissances dans le domaine de l'énergie. Voici un exemple concret de présentation, en partant de la question : « *Un moulin à eau pour moudre du grain... Comment est-ce possible?* ». Cette question permet d'aborder différentes formes d'énergie et leur transformation.

Les différentes phases, illustrées dans l'organigramme ci-dessous, montrent les démarches mises en place pour que les élèves essayent de répondre à la question de départ. Notre action de recherche s'est centrée sur la partie expérimentale de la phase 4 « pour chaque piste, rechercher de l'information par le biais de l'expérience ». La « recherche documentaire » et « l'observation » semblent être moins problématiques pour les enseignants, aux dires de ces derniers. Il faut donc lire la réflexion qui compose ce travail en gardant à l'esprit son articulation nécessaire avec les autres étapes du schéma présenté.

⁴ Document Socles de compétences, Min. de la Communauté française, Enseignement fondamental et premier degré de l'Enseignement secondaire, mai 1999.



3. Chercher de l'information par le biais de l'expérience

3.1 Introduction

Mener des expériences en classe est un moyen, au même titre que l'analyse documentaire, la consultation de personnes ressources et l'observation, de rechercher des réponses à une question posée dans une démarche d'éveil.

Mais quelles expériences mener ?

Au début de la recherche, interrogés sur la spécificité de l'enseignement scientifique, les enseignants de notre groupe de travail, tant instituteurs que régents, mettent en avant l'intérêt d'une approche expérimentale pour développer l'esprit scientifique.



Expression des enseignants du groupe de travail sur les sciences à l'école

« **Faire des sciences à l'école, c'est...** : observer, expérimenter, manipuler du matériel, émettre des hypothèses, se poser des questions, identifier un problème, faire des liens avec le terrain, tirer des conclusions, consigner nos découvertes, vérifier, chercher à savoir et à comprendre ... »

« **Faire des sciences à l'école, pour...** : découvrir, comprendre, responsabiliser face à l'environnement, acquérir une démarche scientifique... »

Ces termes révèlent une représentation de l'apprentissage des sciences bien dynamique : les propos sont plus axés sur les savoir-faire à acquérir que sur les contenus.

Invités ensuite à citer des exemples de démarches vécues, les enseignants sont plus hésitants. Ce sont surtout des sujets, des notions qui s'expriment plutôt que des démarches. L'approche relatée est rarement expérimentale...

Certains instituteurs du groupe constatent que, s'ils partagent l'idéal pédagogique exprimé, ils exercent finalement très peu ces objectifs liés à l'acquisition d'une attitude scientifique. Ils se disent réticents quant à la maîtrise des contenus, surtout en ce qui concerne les notions physiques, et organisent peu de séances expérimentales sur ces sujets. Ils se disent démunis, tant d'un point de vue méthodologique que conceptuel. Leur représentation de l'enseignant qu'ils devraient être pour remplir ce rôle reste colorée par le mythe du scientifique omniscient qui doit répondre à toutes les questions.

D'autres se rendent compte que, lorsqu'ils animent des ateliers d'éveil, ils sont souvent dans l'application d'un protocole guidé, et que l'élève n'est jamais mis en situation de concevoir l'expérience.

Les régents en sciences quant à eux, disent qu'ils devraient rendre l'élève plus actif, mais que par souci d'efficacité, ou pour des problèmes d'organisation temporelle ou matérielle, ils réalisent eux-mêmes les expériences comme illustration d'une notion. Certains se demandent si la démarche expérimentale doit être la même au primaire et au secondaire.

Nous avons pu constater que, dans le petit échantillon que constitue notre groupe, l'élève, tant au primaire qu'au secondaire, n'a pas toujours l'occasion de vivre des démarches de découverte plus ouvertes permettant une approche créative des sciences. De la discussion, nous avons remarqué aussi que ce concept de démarche expérimentale est, pour le moins, peu standardisé.

Si l'on y regarde de plus près, le cours de sciences est rarement le lieu d'une réelle activité de recherche scientifique. L'expérience que l'on y propose n'a pas le statut qu'elle aurait dans un processus de recherche tel que mis en œuvre par les chercheurs. En effet, quand une approche expérimentale est proposée, la démarche est présentée selon un schéma très linéaire. L'expérience est : soit seulement évoquée (schématisation du protocole et tableau donné des résultats obtenus) ; soit réalisée devant les élèves, en illustration d'un concept ou d'une loi ; soit réalisée selon un protocole par les élèves dans une démarche faussement inductive.

Comme le souligne ASTOLFI (2002)⁵, « *Pratiquer la science telle qu'elle se fait et communiquer la science telle qu'elle s'est faite sont deux activités foncièrement différentes* »



Dans le document présentant des pistes didactiques élaboré par le comité d'accompagnement de l'évaluation externe en formation scientifique en 1^e année A de l'enseignement secondaire⁶ (portant notamment sur la compétence « *savoir élaborer un protocole expérimental* »), les auteurs synthétisent clairement les principales critiques habituellement allouées à ce schéma expérimental linéaire (observation, hypothèse, expérience, résultats, interprétation, conclusion) qui, comme le précise GIORDAN (1998)⁷, correspond plus à « *une reconstruction de la pensée a posteriori dans le but de communiquer et de convaincre du bien fondé de la problématique envisagée* ».


Cette réflexion critique précisant le décalage entre « la science qui se fait et la science qui s'enseigne » n'est pas nouvelle. Elle anime les milieux de pédagogie des sciences depuis au moins trois décennies.

Des auteurs tels que Fourez, Stengers, Giordan, Vander Borgh, Astolfi, Develay ... ont dévoilé tous les travers de cette transposition didactique de la science sous forme d'une démarche expérimentale mimée, dirigée, partant d'observations prétextes et d'hypothèses choisies en fonction de l'adéquation des contenus au programme et donnant à l'élève une illusion de découverte d'un savoir déjà disponible.

⁵ ASTOLFI J-P, 2002. *L'oeil, la main, la tête*. Expérimenter. Cahier pédagogique n°409.P :15-18

⁶ Évaluation externe en première année A de l'enseignement secondaire : pistes didactiques. Formation scientifique. Mars 2004. Ministère de la Communauté française Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique. Service général du Pilotage du Système éducatif. 62 p.

⁷ GIORDAN A. 1998 – Apprendre – Belin

 Ajoutons que, « dans le langage scolaire, le terme « expérimentation » est d'une extraordinaire polysémie, car il signifie à la fois expérience, démonstration, manipulation pratique, utilisation d'un appareillage complexe, expérimentation réalisée par tel ou tel scientifique... »(ARCA, 1999).⁸

Il nous a donc semblé utile de clarifier un peu le débat. Plutôt que de standardiser la manière d'apprendre les sciences en cherchant à définir ce qu'est finalement « cette fameuse démarche expérimentale » et poursuivre la recherche d'une manière univoque, nous avons opté pour une diversification des manières d'apprendre en sciences.

La synthèse qui suit a pour objectifs d'identifier le statut de l'expérience en classe et de donner une idée d'une gradation possible des logiques d'enseignements de type expérimental.

Plusieurs auteurs en didactique des sciences ont éclairé notre réflexion pour établir une typologie des expériences en classe. Notamment KOUHILA (2000)⁹, dans l'observation très intéressante qu'il a menée dans les classes de sciences. Il nous présente toute une série de variantes des expériences observées et leurs caractéristiques : expérience spectacle, expérience historique, expérience fondamentale, de sensibilisation, illustrative, de référence, de renforcement, qualitative, assistée, prototypique, limitative, expérience-test, de validation, de « persuasion », quotidienne....

GIORDAN (1999)¹⁰, distingue également plusieurs types d'expérimentations que les élèves peuvent mettre en place : *les expériences imitées* (trouvées dans des livres, des manuels et reproduites telles quelles) et *les expériences pour voir* (imaginées par un ou plusieurs élève(s), qui ont une intuition et réalisent une expérience pour voir ce qu'elle donne). Il indique comment enrichir la démarche pour passer graduellement à l'appropriation d'une méthode expérimentale de type *expériences pour vérifier*. Son « *autocritique de l'enseignement scientifique* » nous précise bien les limites, avantages et difficultés de chaque modèle didactique évoqué. COQUIDE (1998)¹¹ propose également un classement en trois catégories des différents modes didactiques de pratiques expérimentales nommées : *expérience-action ; expérience-objet, expérience-outil*.


La compétence didactique souhaitée chez les enseignants est de savoir concevoir ou choisir l'une ou l'autre approche expérimentale, selon le thème travaillé et les compétences disciplinaires ciblées. Notre équipe de recherche vise une prise de recul quant à l'intérêt de telle ou telle manière de procéder et une prise de conscience de l'image sous-jacente des sciences (plus ou moins créative) véhiculée.

⁸ ARCA, 1999. *La représentation scientifique de la réalité : expérience et expérimentation à l'école primaire*. Aster n°28. INRP

⁹ KOUHILA M., 2000. *Quelles activités de formation pourrait-on mettre à l'œuvre avec les stagiaires de l'ENS en vue d'assurer une adéquation entre la formation à la didactique et la pratique professionnelle au lycée ? Compte-rendu d'innovation*. Didaskalia n° 17 - octobre 2000. P : 173-193.

¹⁰ GIORDAN A, 1999. *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Belin.

¹¹ COQUIDE M, 1998. *Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles*, Aster n°26 P:109-132

 « S'affranchir du dogmatisme suppose une pratique diversifiée de l'expérimental dans la classe, et une prise de conscience des statuts possibles de l'expérimentation pratiquée » (ASTOLFI et DEVELAY, 2005)¹².

Comme le propose le module de formation à l'épistémologie de la physique présenté par KOUHILA¹³, nous souhaitons amener les enseignants à se poser les questions suivantes :

- Quelle catégorie d'expérience est réalisée ou proposée ?
- Quelle fonction joue cette expérience dans la construction du savoir de l'élève (illustrer une loi, vérifier une hypothèse, induire une loi physique, déstabiliser une conception...)
- Quels modes de raisonnement sont mis en œuvre (induction, déduction, analogie, ...).

Il ne s'agit pas uniquement de convaincre les instituteurs du bien fondé de mener plus de séquences en sciences, mais de leur proposer des repères clairs leur permettant d'inscrire leur démarche comme étape d'un processus d'apprentissage, en toute connaissance de la suite du vécu scolaire souhaité dans le domaine envisagé. Cette chronologie propose de partir de l'approche sensorielle, de poursuivre par une approche concrète tâtonnante pour aboutir à une approche plus rigoureuse dont découleront une modélisation et une abstraction du réel. L'intention n'est pas d'affecter à un niveau d'enseignement donné, un statut de l'expérience précis, mais plutôt de défendre une logique chronologique à l'intérieur d'une séquence d'apprentissage. En effet, nous pensons, comme le précisent ASTOLFI et DEVELAY¹⁴, que les « expériences-action » (comme définies ci-après), ne doivent pas rester cantonnées à l'école primaire sur le simple présupposé que les enfants éprouvent un besoin irréprouvable d'essayer, d'agir, de jouer, de bricoler. Nous sommes convaincus également que les expériences-outil, qui s'imposent dès le premier cycle du secondaire, ont déjà leur place à l'école élémentaire, si l'on veut déboucher sur des acquis conceptuels identifiés, aussi modestes soient-ils.

Nous rechercherons aussi le niveau de formulation attendu pour les savoirs visés, le type de structuration à proposer, ainsi que l'image des sciences véhiculée.

Nous décrivons ci-après la typologie réalisée des différentes pratiques de l'expérience en classe et nous tentons d'explicitier les particularités de chaque approche. Les illustrations sont tantôt inspirées des démarches vécues dans les classes des enseignants participant au groupe de réflexion ou dans les classes de stage des étudiants futurs enseignants associés à la recherche, tantôt par des situations reprises de manuels.

Un tableau comparatif et synthétique (voir 3.5.) reprend ces principaux statuts de l'expérience et les présente selon une gradation.

¹² idem

¹³ KOUHILA M. 2000. *Quelles activités de formation pourrait-on mettre à l'œuvre avec les stagiaires de l'ENS en vue d'assurer une adéquation entre la formation à la didactique et la pratique professionnelle au lycée ? Compte-rendu d'innovation*. Didaskalia n° 17 - octobre 2000. P : 173-193.

¹⁴ ASTOLFI JP & DEVELAY M, 2005. *La Didactique des Sciences*. Coll. Que sais-je.PUF

3.2 Expériences-action

Lorsque l'enfant est devant un matériel nouveau, il le touche, l'essaye, l'associe, applique diverses actions qui, de l'extérieur, peuvent paraître désorganisées. L'enfant suit son propre projet, une action entraîne la suivante. Si on lui demande ce qu'il fait, l'enfant répond que c'est « pour voir » comment ça marche, « pour voir » ce qui va se passer.



Parfois nous sommes agacés par ces petits qui ont besoin de toucher à tout, de chipoter, de tourner un objet dans tous les sens. Pour nous l'utilité d'un objet, son poids, sa texture paraissent évidents et les expériences de ces « chipoteurs » n'ont souvent à nos yeux que peu d'utilité. (...) Et pourtant ! Ces enfants, curieux d'expérimenter, sont ceux qui tentent à tout prix de comprendre les lois physiques constitutives du monde les entourant.¹⁵

Qu'ils les appellent expériences expérientielles¹⁶, expériences « pour voir »¹⁷, expériences fonctionnelles¹⁸..., la plupart des didacticiens des sciences s'entendent pour souligner l'utilité d'activités librement poursuivies par l'enfant, sans référence explicite à des apprentissages, sans cadre théorique préalable et privilégiant une approche concrète centrée sur l'action. « Les expériences-action ont pour but de familiariser l'élève à des objets ou des phénomènes, de l'inciter à un questionnement, de constituer un référent empirique ».¹⁹

Lors de ces activités, l'enfant doit pouvoir agir sur les objets en veillant à ce que son action propre soit la cause des modifications engendrées, qu'il ne soit pas uniquement le spectateur d'effets produits, mais l'être agissant, la cause de la conséquence.

Selon la typologie des modes d'apprentissage, on dira que l'enfant est mis en situation de comprendre le monde en agissant par essais-erreurs. Selon une position épistémologique, on dira que son approche est empirique (une approche plus systématique de construction de modèle n'interviendra que plus tardivement dans l'apprentissage et permettra de passer de cette perspective empiriste à une perspective expérimentale).

Lors de ces moments de prise de contact avec le réel, on peut voir l'enfant reproduire un certain nombre de fois la même action qui donnera le même résultat. C'est justement cette récurrence qui rassure l'enfant et lui fait prendre conscience de la constance des lois qui régissent notre univers.

Si ces phases d'expérimentation libre sont souvent bien respectées dans les classes maternelles et réellement considérées comme moment d'apprentissage à part entière, elles sont souvent oubliées dans les séquences d'éveil chez les enfants plus grands. Les enseignants du primaire ont parfois l'impression d'un coût trop important en temps, mais cette perte de temps n'est qu'apparente si

¹⁵ DRORY D., 1999. « Chipoter, c'est expérimenter » - *Le ligueur*

¹⁶ COQUIDE M.- 2000. Le rapport expérimental au vivant. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Université d'Orsay. Paris Sud.

¹⁷ GIORDAN A. – 1999. Une didactique pour les sciences expérimentales. Belin.

¹⁸ ASTOLFI JP., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. et TOUSSAINT J., 1997. Mots-clés de la didactique des sciences. Pratiques pédagogiques. De Boeck Université. 194 p.

¹⁹ COQUIDE M., 1998. *Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles*, Aster n°26 P:109-132.

l'on mesure les résultats sur la qualité de l'apprentissage dans la suite de la démarche. Pour l'appréhension de certains concepts, même au premier degré du secondaire, des phases d'approche sensorielle et/ou concrète restent nécessaires. Or, nous pouvons constater que la plupart du temps, l'information scientifique scolaire privilégie la description des phénomènes, voire sa modélisation abstraite, sans passer par des phases concrètes d'appropriation.

Selon le but poursuivi, selon le mode d'approche de l'enfant, selon la consigne plus ou moins directive, nous proposons ci-après différents types d'expérience-action : les expériences pour ressentir, les expériences « pour voir » lors de manipulations libres, les expériences « pour voir » lors de défis, les expériences spectacles.

3.2.1. *Expériences pour ressentir*

« *Percevoir avant de concevoir* »

Nous classons dans cette catégorie, toutes les expériences qui permettent de faire ressentir par les sens, par le corps les notions scientifiques envisagées. Ressentir sur soi, en soi un concept physique avant de le mettre en jeu dans des objets autres que soi est une étape importante à nos yeux. Les didacticiens en psychomotricité sont convaincus des effets facilitateurs de l'activité motrice sensorielle sur l'apprentissage.



« *Les situations d'apprentissage fondées sur la motricité de l'enfant peuvent servir d'assise à des formes d'interventions pédagogiques orientées vers des objectifs d'acquisition de connaissances (...). Du fait de leur dimension ludique et naturelle, les activités motrices d'apprentissage exercent un attrait sur les élèves, ce qui augmente la réceptivité de ces derniers. Donnant lieu à une approche plurisensorielle des contenus d'apprentissage, l'expérimentation motrice favorise une compréhension riche et adéquate de ces contenus et confère plus de relief aux acquisitions* »(PAOLETTI, 2003)²⁰.

Concrètement, une phase de jeux psychomoteurs ou sensoriels peut constituer un point de départ de démarches d'apprentissage en éveil.

Au fondamental, ces séances peuvent être conçues en collaboration avec le maître spécialisé d'éducation psychomotrice. Il s'agit par exemple, de commencer une séquence sur la flottaison par une séance en piscine permettant de vivre les effets de la poussée d'Archimède ; de vivre des jeux d'équilibre du corps avant de tester la stabilité d'une tour que l'on construit ; de ressentir les effets sur son corps de la pression qui s'exerce dans l'eau dans tous les sens avant de prendre conscience de cette pression de l'eau sur les parois d'un récipient; de percevoir la lumière, l'absence de lumière avant l'approche des propriétés de la lumière (propagation, réflexion...). Lorsqu'on travaillera la notion d'élasticité de la matière, on peut prévoir une séance dans la salle de psychomotricité où l'enfant, devant un matériel varié, peut tester le rebond sur différents supports ou encore se faufiler dans des tubes de tissus contenant de l'élasthanne ...

²⁰PAOLETTI R., 2003. Education et motricité. De Boeck.

Quelques illustrations de cette étape de « vécu en soi »



Expérience pour ressentir que la pression de l'eau à l'intérieur d'un liquide s'exerce dans toutes les directions

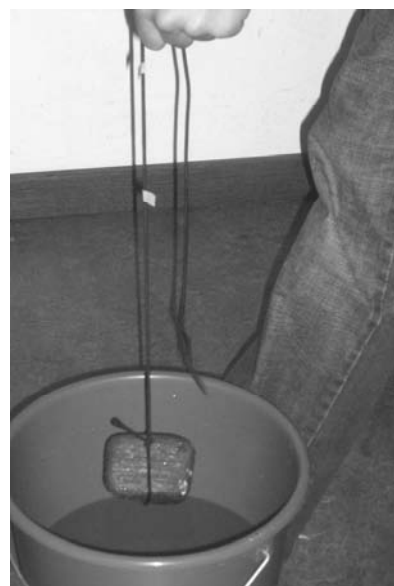


La main est placée dans un sachet en plastique avant d'être immergée.

L'eau pousse partout, ma main est serrée dans le sachet



Expérience pour ressentir la poussée d'Archimède.



Quand la pierre sort de l'eau, on sent que l'élastique s'étire d'un coup.

Dans le secondaire, cette approche nous semble particulièrement intéressante pour aborder des concepts aussi abstraits que la notion de « poussée ».


3.2.2. Expériences « pour voir » lors de manipulations libres

Passer d'un stade « vivre en soi » au stade « agir sur les objets »



Lorsque l'enfant découvre un nouveau matériel, il l'utilise, le teste, se l'approprie en agissant. L'enfant a ses propres projets, parfois bien éloignés de celui de l'animateur.

Nous avons pu mesurer l'importance d'accorder un temps de rencontre entre l'enfant et le matériel. Il s'agit d'un temps de manipulations libres, c'est-à-dire un moment non-directif qui précède et, mieux, nourrit la suite des étapes de l'animation. En effet, l'enfant ne pourra se motiver pour les situations qui lui sont proposées que s'il a « épuisé » ses propres projets.

Des moments d'investigation libre peuvent se présenter tout au long de la séquence, car une expérience qui a donné un résultat est source de plaisir et de nouvelles questions. L'enfant aura envie de la reproduire 3,5,... 10 fois (activités de consolidation) ; il aura envie de réaliser la même action avec d'autres objets (activité d'investigation). Ces moments sont importants pour l'ancrage des apprentissages (HOST, 1976)²¹.



Des actions à l'origine de questionnements intéressants et de découvertes fortuites.

Et si on se regardait dans deux loupes ?

Et si on faisait un cercle avec tous les engrenages ?

Oh, c'est bloqué !

²¹ HOST V., DEMAN C., DEUNFF J., 1976, Activités d'éveil scientifique, 4 : initiations biologiques 86 : INRDP. Coll. Recherches pédagogiques.

3.2.3. Expériences « pour voir » dans un défi expérimental

Le point de départ de la démarche est une situation-défi à résoudre. La résolution se fait en essayant avec le matériel « *pour voir comment ça se passe* ». On est dans une démarche d'essais-erreurs.

Les situations-défi proposées sont attrayantes par leur caractère ludique ; l'obstacle est choisi de manière à être franchissable par l'élève. Le défi stimule l'activité mentale de l'élève et la confiance en ses capacités, si la solution est accessible. Si l'obstacle n'est pas franchissable, il peut renforcer l'élève dans son sentiment d'incompétence dans les matières scientifico-techniques. Un sentiment d'émulation peut motiver certains lorsque le défi est proposé à plusieurs groupes. Les défis amènent à poser des questions de sciences qui sont notées pour une structuration ou un traitement ultérieur.

Une phase de structuration des acquis doit bien sûr être prévue à la suite, car la résolution par l'action seule permet peu l'intégration des savoirs.

L'enseignant intervient pour stimuler la réflexion tout au long du processus.

Défi technique :



Exemple 1: Avec le matériel proposé, trouver différents moyens de faire tourner quelque chose à l'aide du contenu d'un verre d'eau



Exemple 2: Nous avons vu, lors de visite du moulin, que la roue qui tournait verticalement grâce à l'eau entraînait le mouvement horizontal de la meule. Avec le matériel, construire, cette fois, une machine où la rotation horizontale d'une roue entraîne à distance, un mouvement vertical d'une autre roue.

Défi ludique :



Exemple : chaque équipe reçoit des feuilles de papier (A4) et des clous. Il s'agit de réussir à faire flotter le plus possible de clous avec une seule feuille. Une balance permet de peser la quantité maximale de clous mise à flotter. Les résultats de chaque groupe sont notés au tableau au fur et à mesure. Chaque groupe peut réaliser plusieurs essais.

2.3.4. Expériences de sensibilisation (ou expériences spectacle)

L'expérience proposée interpelle par son caractère spectaculaire ou inattendu. Qu'elle soit réalisée par les élèves ou devant les élèves, le but est de susciter le questionnement.

L'idée n'est pas de donner ensuite une explication toute faite (on retomberait dans un dogmatisme) mais de partir de l'étonnement pour donner l'envie de découvrir.




Les participants sont invités à se disposer en cercle. Chacun reçoit une cuillère qu'il tient par une extrémité ; le voisin de droite tenant l'autre extrémité. Le manche des cuillères est recouvert de papier aluminium. Les deux personnes assises en bout de chaîne touchent chacune une des électrodes d'un voltmètre.

L'aiguille bouge, le courant passe... et les questions de sciences fusent...

3.2.5. Consacrer du temps aux expériences-action, un passage obligé ?


 Elles répondent aux besoins d'action de l'enfant.

Passer par cette phase plus centrée sur l'action correspond bien au mode de pensée de l'enfant.

 « En interagissant activement avec l'objet de connaissance, l'élève participe à la construction de ses savoirs et en acquiert une connaissance plus complète qui facilite leur mémorisation et leur assimilation... L'approche pédagogique des apprentissages par le vécu moteur représente un mode d'appréhension de la réalité qui tient compte des caractéristiques du développement de la pensée de l'enfant au stade préopératoire » (PAOLETTI, 2003)²².

Ces périodes d'apprentissages spontanés sont liées à la recherche d'un plaisir, à la satisfaction d'un besoin et correspondent à une signification psychologique profonde pour l'enfant (ASTOLFI et al. 1997)²³.

Nous avons pu observer comment, même au début du secondaire, une approche moins directive, incitant à l'action spontanée, restait un moment privilégié et apprécié des élèves (voir dans la séquence « engrenages » au chapitre III) la première phase de manipulation libre avec le matériel).

 Elles permettent à l'enseignant de déceler les modes de raisonnement spontanés qui ont guidé l'action de l'enfant.

Ces préconceptions pourront être prises en compte dans la suite de la démarche (voir plus loin, les expériences-objet qui permettent de mettre à l'épreuve certaines hypothèses).



Un défi ludique pour faire émerger la pensée spontanée...

Lors de ce défi ludique qui est lancé à quatre équipes d'enseignants : « Faire flotter le plus possible de clous avec une seule feuille de papier », la première réalisation prend la forme d'un « petit bateau en papier », comme chez les élèves.



L'idée stéréotypée qui a orienté cette réalisation s'avère peu efficace : le petit bateau

²² PAOLETTI, R. (2003). Education et motricité. De Boeck.

²³ ASTOLFI J.P., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. et TOUSSAINT J., 1997. Mots-clés de la didactique des sciences. Pratiques pédagogiques. De Boeck Université. 194 p.

coule assez rapidement malgré un nombre faible de clous.
Lors des essais successifs, les groupes réalisent donc différents pliages et la forme du « récipient à clous » ainsi créé est souvent révélatrice du système explicatif qui a guidé le choix.



*Pourquoi
cette
forme-là ?*

*Parce qu'il y a
une grande
surface et donc,
cela flottera
mieux.*

Cette pensée spontanée que la surface joue un rôle dans la flottaison est fréquente chez les élèves. Si la séquence d'apprentissage n'en permet ni son expression, ni sa confrontation avec le réel, cette représentation restera ancrée.

Les essais ont montré qu'un parallépipède rectangle plus profond, présentant donc une surface en contact avec l'eau plus petite que dans l'essai précédent, s'avérait plus efficace. La conviction de l'influence du facteur « surface » est ébranlée. La suite de la démarche devra permettre à ces élèves de penser « volume » plutôt que « surface ». Le modèle explicatif initial ne convient plus, ces élèves sont prêts pour construire une nouvelle explication de la flottaison plus représentative de la réalité.

⚡ *Elles sont un préalable nécessaire au passage vers une approche expérimentale qui exigera plus de rigueur.*

L'expérience-action permet d'établir certaines corrélations, exprimées en termes d'impressions, qui seront le point de départ de relation de causalité, à tester ensuite dans une phase d'expérience-objet. C'est l'enseignant qui facilite cette transition progressive de la démarche « tâtonnante » à une démarche plus rigoureuse pour prouver, par exemple, l'influence d'un facteur pressenti.



Un défi technique pour poser des questions :
de l'expérience « pour voir » à l'expérience « pour prouver »

Extrait des expériences « pour voir » à propos de la force de l'eau (6^oprimaire)
Consigne : « faire tourner quelque chose avec le contenu d'un verre d'eau »



Les enfants ont construit, entre autres, différents systèmes de roues à auges. En testant les différentes constructions, certains enfants font une observation fortuite. Ils aménagent leur première construction en fonction de cette dernière.

E : On voudrait un tuyau et une tige, un entonnoir et de la corde. On voudrait accrocher le tuyau là au-dessus.

I : Pourquoi accrocher le tuyau plus haut ?


E : Pour que l'eau tombe de plus haut. Si le tuyau est plus haut, ça va plus vite.

I : Vous pensez que la hauteur de la chute d'eau a une influence ? Comment le prouver ?

E : On verra bien si la roue va plus vite.

I : Essayez. Après, vous réfléchirez à comment le prouver de manière plus précise !

Les élèves sont motivés pour comprendre. La suite de la démarche, sous forme de protocoles à suivre (expérience-outil) ou de protocoles à construire (expérience-objet) afin de vérifier les hypothèses dégagées, s'impose naturellement.

 Elles permettent une motivation accrue pour le sujet d'étude et parfois un autre regard sur l'enfant.



Quelques réactions d'enseignants

« Les enfants, dans la séquence d'apprentissage ont bien aimé de construire des objets qui tournent avec l'eau. Ils étaient motivés, ils prenaient plaisir à chercher. Des élèves, habituellement peu impliqués, ont été ici valorisés. »

« Les enfants ont apprécié d'expliquer aux autres leurs découvertes »

Ces expériences-actions sont des points de départ, elles se justifient d'autant plus que l'enfant est plus jeune. Bien entendu, on y consacrerait moins de temps au secondaire, mais elles sont néanmoins une amorce utile pour de nombreux élèves. Ceux-là justement qui se sentent peu concernés par des démarches plus directives ou plus abstraites.



« Le mode d'expérience-action permet aux élèves d'explorer et d'agir à travers des situations variées et diversifiées, avec des finalités de familiarisation pratique à des objets, à des phénomènes, et à des instruments scientifiques et techniques » (COQUIDE, 1998²⁴).

²⁴ COQUIDE M., extrait d'une intervention à Paris en novembre 2001. <http://www.parcours-diversifies.scola.ac-paris.fr/parcourssciences>.

3.2.6. Mais sans structuration et sans guide, peu d'apprentissage...



Comme le souligne GIORDAN²⁵, « *L'activité seule, n'est pas suffisante pour apprendre. De même, de telles pratiques sont nettement insuffisantes pour faire entrer l'apprenant dans une maîtrise de la démarche expérimentale et cela déjà, à un premier niveau. L'élève ne verra que ce qu'il veut bien voir. Il ne comprendra que ce qu'il veut bien comprendre.(...) L'élève doit pouvoir exprimer ce qu'il suppose, mettre en œuvre des démarches, confronter ses idées à celles des autres ou à des documents* ».

Ceci nous conduit à préciser le rôle de l'enseignant pour exploiter au mieux ces moments d'action sur le réel afin de partir de l'enfant et de l'amener plus loin.

Le style didactique de l'enseignant lors de l'animation d'activités d'expériences-action devrait être incitatif²⁶ : donner la consigne ; organiser le matériel ; répondre aux problèmes techniques qui se posent ; encourager ; relancer l'action si nécessaire ; questionner pour faire émerger la pensée sous-jacente qui a guidé l'action ; noter les éventuels obstacles à l'apprentissage dans le système de pensée de l'élève... Et pour organiser la suite du travail, il pourra : relever les questions scientifiques ; noter les prolongements possibles ; garder trace des divergences et convergences d'idées dans la classe...

Nous vous renvoyons au texte sur la structuration (point 4) pour y trouver différentes formes.

²⁵ GIORDAN A., 1999. Une didactique pour les sciences expérimentales. Belin

²⁶ASTOLFI JP., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. et TOUSSAINT J., 1997. Mots-clés de la didactique des sciences. Pratiques pédagogiques. De Boeck Université. 194 p.

3.3 Expériences-outil

Ce type d'expérience est sans doute le plus fréquemment rencontré dans les classes, tant au primaire qu'au secondaire. L'activité débute souvent par une « marche à suivre » distribuée aux élèves. C'est en suivant, pas à pas les consignes indiquées que les enfants « redécouvrent » une loi, un concept. L'expérience est donc envisagée comme un **outil** mis au service de l'élaboration théorique²⁷, pour illustrer un phénomène ou construire un modèle (comme c'est parfois le cas dans le secondaire).

L'expérience est prévue par l'enseignant. Il la choisit parce qu'elle « fonctionne » et que les résultats illustrent la loi ou la théorie qu'il veut faire passer.

Nous verrons ci-dessous que, si les expériences-outil peuvent être utiles à l'apprentissage et comportent certains avantages, elles ont aussi leurs limites, notamment parce qu'elles permettent peu de développer chez l'enfant des compétences scientifiques.

Dans cette catégorie, nous distinguons les expériences réalisées **par** les élèves de celles qui sont réalisées par l'enseignant (ou l'animateur), **devant** les élèves.

3.3.1. *Expériences illustratives réalisées par l'élève ou ... sur un chemin balisé.*

Beaucoup de livres d'éveil scientifique proposent des « recettes toute faites » que l'enfant peut suivre pas à pas pour « découvrir » une loi ou un phénomène. André GIORDAN²⁸ les appelle « **expériences imitées** ».



« Elles correspondent aux expériences trouvées dans les livres et que l'on reproduit telles quelles. Avec le développement de livres pour enfants, on trouve à l'école primaire de nombreuses expériences de ce type. Elles reposent sur des phénomènes physiques ou chimiques » (GIORDAN, 1999).

²⁷ COQUIDE M., extrait d'une intervention à Paris en novembre 2001. <http://www.parcours-diversifies.scola.ac-paris.fr/parcourssciences>.

²⁸ GIORDAN A., 1999. Une didactique pour les sciences expérimentales. Belin.

Quelques exemples pour comprendre...



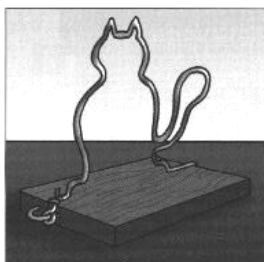
Une activité proposée pour le primaire, en électricité, pour permettre à l'élève d'approcher la notion de *circuit fermé*²⁹.

Réalise un jeu électrique.

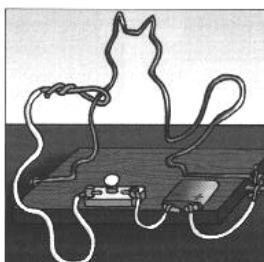
Matériel: une planchette – une pile de 4,5 V – une ampoule et sa douille – du fil de métal rigide – du ruban adhésif – un marteau – une pince – 2 crampons en U – 3 morceaux de fil électrique aux extrémités dénudées, dont un de 50 cm de long.



1. Avec la pince, donne une forme au fil rigide (animal, monument...), en prévoyant plusieurs courbes. Fais un crochet aux extrémités.



2. Fixe cette forme sur la planchette avec les crampons en U.



3. Fais une boucle (d'environ 1 cm de diamètre) à l'extrémité du fil électrique le plus long. Puis réalise les branchements comme indiqué sur le dessin.



4. Déplace la boucle sans allumer l'ampoule. La boucle joue le rôle d'interrupteur: quand elle entre en contact avec le fil de fer, elle ferme le circuit et l'ampoule s'allume.

POUR ALLER PLUS LOIN...

❶ Quand tu as réalisé le jeu électrique, mets au point une règle pour jouer avec tes camarades.
Ex. : temps minimal pour faire un aller-retour.

❷ Prends deux lampes, du fil électrique et une pile. Essaie d'allumer simultanément les deux lampes. Que constates-tu ?

Fréquemment, à **l'école primaire**, ce mode didactique peut prendre la forme **d'ateliers dirigés** qui se prêtent bien à l'approche de certaines notions, comme dans l'exemple ci-dessous, comme activité de structuration ou moment d'approfondissement. Chaque atelier illustre alors un aspect de ce que l'enseignant veut faire découvrir aux enfants et quand l'élève est passé dans les différents ateliers, il a abordé de manière concrète les différents aspects d'un principe ou d'une loi.



Un exemple construit et testé lors de cette recherche, à propos des engrenages (voir chapitre III - séquence moulins).

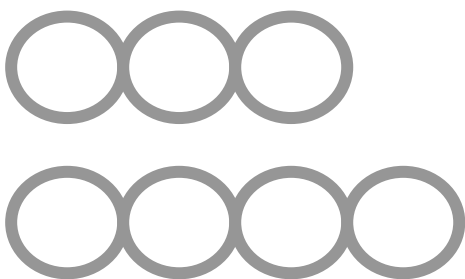
Atelier 1 : « Je pars à gauche ou à droite »

Aligne une série de roues de même dimension.

Fais tourner la première roue et observe comment tournent les autres roues. Pour t'aider, tu peux placer des drapeaux sur les roues afin de mieux voir le sens de rotation.

Sur les schémas ci-dessous, indique, par des flèches, le sens de rotation de chaque roue.

²⁹ Extrait de BOËCHE S. et al. 2004. – Sciences – cycle 3 – Collection « A nous le monde » - Sedrap.



Trouve une loi qui permet de dire dans quel sens tournera la 36^e roue, la 57^e, si la première tourne dans le sens des aiguilles d'une montre.

Atelier 2 : « Vite ou pas vite ? »

Selon une démarche similaire, l'atelier 2 permet à l'enfant de découvrir que lorsque les roues ont des tailles différentes, le nombre de tours effectués par chacune dépend de sa taille. La taille de la roue (son nombre de dents) étant inversement proportionnelle à sa vitesse de rotation.

Atelier 3 : « Changer de direction »

De même, l'atelier 3 propose à l'enfant de découvrir comment il est possible de passer d'un mouvement horizontal à un mouvement vertical, en plaçant deux roues perpendiculairement.

Ces ateliers ont été choisis pour guider l'enfant pas à pas afin qu'il comprenne comment fonctionnent les engrenages. Chaque atelier a un objectif d'apprentissage précis. Après avoir suivi chaque atelier, l'enfant est prêt pour aller plus loin. Par exemple, comprendre comment fonctionne une essoreuse à salade ou comment, dans un moulin à eau, les engrenages permettent de transformer le mouvement vertical de la roue en mouvement horizontal de la meule.

Au **secondaire**, les expériences imitées sont aussi fréquentes. Les activités de laboratoire sont souvent organisées de manière dirigée par l'enseignant. Ce sont alors des **protocoles à suivre**. La méthode de travail, le matériel nécessaire et les observations à effectuer sont clairement identifiés par l'enseignant et communiqués aux élèves.



Un exemple en physique à propos des états de la matière³⁰.

³⁰ Extrait de SCULIER D., WATERLOO D., 2004. Sciences et compétences au quotidien – Biologie/Physique 1^{ère} année (p.21).

1. Pour les liquides

a) Matériel

Un pied gradué, un tube à essai (éprouvette), un erlenmeyer, un berlin (bécher) et de l'eau (que tu peux colorer pour mieux la voir : bichromate de potassium (jaune), sulfate de cuivre (bleu), méthylorange (orange),... font très bien l'affaire).

b) Mode opératoire

Remplis l'éprouvette aux trois-quarts avec l'eau; transvase-la successivement dans chaque récipient en prenant soin de regarder la forme prise par le liquide à chaque fois.

c) Schémas expérimentaux

Dans le cadre qui suit, schématise l'eau dans chacun des récipients utilisés. Veille aux proportions, à la précision et n'oublie pas une légende.

Une fois de plus, la marche à suivre est indiquée à l'élève, tant au niveau de la manipulation à effectuer qu'au niveau des observations à mener.

Dans le secondaire, l'expérience-outil est parfois utilisée pour aboutir à une modélisation.



« Les **modèles** (...) facilitent la représentation du caché et aident à penser le complexe. (...) La modélisation intervient souvent en classe en fonction d'un besoin d'explication que ne satisfait pas le simple établissement d'une relation causale » (ASTOLFI et DEVELAY, 1989).³¹



Construire la notion de molécule par la modélisation³².

A. Situation-problème

Le mélange de 100ml d'eau et de 100ml de méthanol donne-t-il 200 ml d'eau alcoolisée ? Le mélange de 100 ml de sucre cristallisé avec 100 ml de riz donne-t-il un mélange dont le volume total vaut 200 ml ? C'est cette situation-problème que tu vas découvrir afin d'y apporter une réponse.

Expérience

Mode opératoire

1^{ère} expérience :

Verser 100 ml d'eau dans un cylindre gradué.

Introduire 100 ml de méthanol dans un autre cylindre gradué.

Transvaser les 100 ml de méthanol dans le cylindre gradué contenant l'eau

2^e expérience :

Introduire 100 ml de sucre cristallisé dans un cylindre gradué.

Verser 100 ml de riz dans un second cylindre gradué.

Transvaser le sucre cristallisé dans le cylindre gradué contenant le riz.

Agiter pour bien mélanger l'ensemble.

(...)

D. Modèle

Imagine un modèle (à l'aide de formes simples) capable de représenter la situation-problème initiale (mélange de 100 ml d'eau et de 100 ml de méthanol) ainsi que la dissolution du bichromate de potassium dans l'eau.

³¹ ASTOLFI J.-P. et DEVELAY M., 1989. La didactique des sciences. Paris : PUF, *Que sais-je ?*

³² Exemple extrait de SCULIER D., WATERLOO D., 2004. *Sciences et compétences au quotidien - Biologie/Physique 1^{ère} année*. De Boeck : p.35 à 40.

Caractéristiques de « l'expérience illustrative réalisée par l'élève »



Dans le cadre des expériences-outil - selon M. COQUIDE - « *L'activité expérimentale intervient par rapport à une priorité d'entrée pédagogique axée sur l'appropriation de concepts par l'élève* » (COQUIDE, 1998)³³

Ainsi, comme c'est le cas dans chacun des exemples ci-dessus, l'élève est **exécutant** d'une application pratique qui vise à lui faire apprendre de la matière. L'apprentissage n'est donc pas axé sur la démarche d'investigation de l'élève comme dans le cas des expériences-objet, voir 3.4.).

Le **protocole expérimental est prévu** à l'avance par l'enseignant.

L'enseignant adopte un style *normatif*³⁴ « le dialogue est essentiellement commandé par l'enseignant qui oriente un projet précis ». Si l'enseignant le prévoit, l'élève aura l'occasion de prédire les résultats, de justifier ce qu'il observe et d'analyser les constats tirés de l'expérience. Dans ce cas, « c'est un style qui rappelle les formes traditionnelles d'enseignement, mais qui prend soin de l'activité intellectuelle effective des élèves » (ASTOLFI, 1997). Les connaissances théoriques sont abordées en lien et sur base des observations réalisées. Les observations sont en général convergentes.

Attention, une expérience-outil peut donner l'impression d'être l'occasion, pour l'élève, de mettre au point, voire de concevoir un dispositif expérimental. Prenons un exemple en biologie, à propos des conditions de développement des champignons³⁵...



Une expérience-outil qui fait penser à une expérience-objet...

4. Tu manipules, tu mesures.

Quels sont les besoins des champignons pour se développer ?

Quelques observations peuvent te mettre sur la bonne voie pour émettre des hypothèses (en sciences, émettre une hypothèse, c'est imaginer une explication vraisemblable d'un phénomène observé, avant de vérifier de manière expérimentale si cette explication est correcte).

Par exemple : Beaucoup de champignons apparaissent en automne alors que la terre est chaude et humide. Quand il fait chaud et humide, la nourriture préparée, les fruits et les légumes moisissent rapidement, qu'ils soient enfermés dans une armoire ou non. S'ils sont placés au frigidaire, ils moisissent beaucoup moins vite.

Il semble donc que pour se développer, les champignons aient besoin de
et de mais ils n'ont pas besoin de.....

À toi de faire travailler ta perspicacité pour vérifier ces hypothèses. Attention, n'oublie pas qu'on ne peut faire varier qu'un paramètre à la fois.


Tu consignes tes recherches dans un rapport (modèle : fiche 27).

³³ COQUIDE M., 1998. *Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles*, Aster n°26 P:109-132

³⁴ ASTOLFI JP., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. et TOUSSAINT J., 1997. Mots-clés de la didactique des sciences. Pratiques pédagogiques. De Boeck Université. 194 p.

³⁵ Extrait de BERTRAND S, MOLS J., 2002. Je construis mes apprentissages en sciences au premier degré- Fiches-outils 1^{ère} - De Boeck. P.70

Dans ce cas-ci, on pourrait penser, à première vue, qu'il s'agit d'une expérience-objet, puisqu'il y a « vérification d'hypothèses ».


 Mais « l'objectif, ici, n'est pas de faire émerger des conceptions relatives à un domaine de savoir et de les approfondir par le biais d'expériences, mais plutôt d'illustrer, par un dispositif expérimental, un savoir déjà connu. »³⁶

En effet, les conditions de développement des champignons (appelées ici « hypothèses ») sont annoncées dès le départ. On ne peut pas parler d'émission d'hypothèses dans le chef de l'enfant et l'expérience que l'enfant construit est envisagée pour montrer l'influence d'une variable. Il s'agit donc bien d'**illustrer** que les champignons ont besoin de chaleur et d'humidité, mais pas de lumière, pour se développer. La consigne va même jusqu'à rappeler à l'enfant qu'il doit veiller à isoler des variables. Sans cela, les résultats expérimentaux ne seraient pas possibles à interpréter.

Pourquoi ce modèle didactique est-il si répandu ?

Cette manière de travailler présente de nombreux avantages.

Elle est avant tout **rassurante** pour l'enseignant qui, s'il a bien préparé le document de travail et le matériel, ne craint plus guère de surprise. Tout est prévu. Il met donc de côté toutes les chances pour que les expériences réussissent et pour que l'élève arrive là où l'enseignant l'a prévu (voir a contrario expérience-objet).

 « La résistance du réel peut faire peur aux enseignants. (...) Les professeurs préfèrent gommer cette matérialité, en intervenant très vite dans le guidage ou en proposant d'office des protocoles « clés en main » » (COQUIDE, 1998).³⁷

Pour l'élève aussi, cette démarche graduelle et analytique le rassure car elle lui permet d'avancer sans se perdre dans des voies qui n'aboutissent pas (voir expérience-objet). Elle est donc plus **confortable pour les élèves** qui sont peu à l'aise dans les approches globales.

De plus, grâce au balisage proposé et aux tâtonnements ainsi évités, cette manière de travailler est assez **économique en temps**. C'est un élément qui n'est pas à négliger quand les études montrent que très peu de temps est consacré à l'apprentissage des sciences (NYSSSEN, 2002)³⁸.

Quels sont les apprentissages possibles ?

Bien sûr, à l'école primaire, l'expérience-outil permet au jeune élève de **se familiariser avec l'approche expérimentale**. La « marche à suivre » guide l'enfant sur un chemin « sûr ». La richesse de l'activité dépendra de la manière dont l'enseignant aura construit le « cahier de laboratoire ». Un simple texte à

³⁶ Pistes didactiques Formation scientifique Evaluation externe en 1^{ère} année A de l'enseignement secondaire.2004

³⁷ COQUIDE M., 1998. *Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles*, Aster n°26. P:109-132

³⁸ NYSSSEN MC., 2002. L'enseignement des sciences en communauté française. Etude descriptive dans l'enseignement fondamental in Les cahiers du Service de Pédagogie Expérimentale N°s 9 et 10 – Service de Pédagogie expérimentale ULG.

trous sera rapide à remplir, mais n'apportera pas autant qu'un document ouvert qui permet la divergence des points de vue des élèves.

L'expérience-outil est efficace quand l'objectif d'apprentissage choisi par l'enseignant est essentiellement orienté vers des **contenus matière** et non vers une démarche de recherche.

- 📌 Elle permet **d'aider l'enfant à comprendre** en illustrant par l'expérience un concept abstrait dont la clarification est nécessaire pour la suite du travail (tout en sachant que l'exemple est réducteur et choisi dans un champ de validation donné).



La notion de « pression » est un concept difficile pour un jeune enfant. Dans un travail sur les moulins à eau, il était important de clarifier ce concept de « pression de l'eau ». L'expérience proposée ici permet à l'enfant de ressentir puis d'exprimer la pression de l'eau

Le ballon-fontaine³⁹

- Pour réaliser l'expérience suivante, placez-vous par deux.

L'un prend un ballon de baudruche, le place sur l'embouchure du robinet et remplit le ballon en ouvrant le robinet.

Pendant que le ballon se remplit, demande à ton coéquipier de poser délicatement ses mains sur le ballon.

Que ressent-il?

.....

Prends maintenant, le même ballon mais percé de petits trous à l'aide d'un compas. Recommence l'expérience.

Qu'observez-vous dans ce deuxième cas?

.....

- Réalise un schéma pour mieux comprendre....

Dessine le robinet et le ballon qui se remplit. Utilise des flèches pour indiquer dans quelle direction et dans quel sens l'eau pousse sur le ballon.

Au secondaire, l'expérience-outil peut devenir une **expérience-indice** (ou joker) pour aider un groupe en panne ou remettre un élève à niveau, dans une démarche expérimentale plus ouverte (voir expérience-objet).



Dans un travail expérimental sur la flottaison des corps, des élèves cherchent à comprendre pourquoi un comprimé d'aspirine effervescent, en se dissolvant, remonte à la surface.⁴⁰

³⁹ D'après le fichier *A la découverte de l'eau – Les transformations – Les petits Débrouillards* (Albin Michel Jeunesse)

⁴⁰ Cet exemple a été vécu avec des élèves plus âgés qui avaient déjà eu quelques notions de chimie.

Les élèves mettent en évidence qu'un gaz est dégagé lorsque le comprimé est plongé dans l'eau mais ne parviennent pas à comprendre ce qui provoque le dégagement gazeux. Après avoir plongé l'aspirine dans différents liquides, ils concluent que l'eau est nécessaire. Par ailleurs, en plongeant différentes substances dans de l'eau, ils constatent que peu d'entre elles produisent un dégagement gazeux. Ils cherchent l'explication dans la notice en lisant la composition de l'aspirine, mais les ingrédients sont nombreux et les substances chimiques ne leur disent rien. Comment savoir ce qui agit?

L'enseignant propose l'expérience-indice suivante :

La danse des bulles¹

- Placez environ une cuillère à soupe de bicarbonate de soude au fond d'un verre haut et transparent.
- Penchez ensuite le verre pour le remplir délicatement d'huile végétale assez claire. Agissez de manière à maintenir le bicarbonate au fond du verre.
- Versez alors 3 cl de vinaigre coloré par-dessus l'huile.
- Rapidement, le vinaigre pénètre dans l'huile en formant des gouttelettes qui descendent au fond du verre. Puis, à peine touchent-elles le fond qu'elles remontent jusqu'à la surface, avant de redescendre à nouveau...Il faut attendre cinq bonnes minutes avant que cette danse ne s'arrête !

Par l'expérimentation, les élèves constatent que la réaction est due au vinaigre et au bicarbonate de soude. En reprenant ensuite la notice, ils constatent que le comprimé effervescent contient un acide (acide ascorbique) et du bicarbonate de soude. Certains composés de l'aspirine, placés au contact de l'eau, réagissent; ce qui produit l'émission d'un gaz.

(Une recherche documentaire ultérieure permet de découvrir que l'eau est nécessaire à la réaction chimique).

L'expérience-indice apporte une réponse à leur questionnement. Le groupe peut alors poursuivre son travail d'investigation en cherchant, par exemple, à comprendre le rôle du gaz produit.

¹ Cette expérience a été présentée dans le cadre de l'exposition « la chimie naturellement » qui s'est déroulée du 6 mai au 30 novembre 2003 à la Cité des sciences et de l'industrie, porte de la Villette, à Paris (www.cite-sciences.fr)



Parce que la marche à suivre est bien balisée, l'apprentissage peut se focaliser sur l'utilisation correcte d'un instrument de mesure (balance, dynamomètre...). La méthode permet alors certains **apprentissages techniques** : apprendre à mesurer avec rigueur, récolter des résultats et les analyser, réfléchir à la pertinence et à la précision de la mesure et aux moyens de l'améliorer...

Ce type de mode didactique sera plus intéressant si l'enseignant a prévu un document de structuration bien construit qui laisse une place à l'enfant. Ainsi, l'élève pourra garder une trace de ce qu'il a vu, senti, entendu ... mais pourra aussi faire des liens, mettre en relation, tenter de conclure et parvenir peu à peu à structurer sa pensée. C'est grâce au document proposé par l'enseignant et aux questions ou consignes qui le jalonnent que l'enfant va apprendre à **observer**, à **comparer**, à **raisonner** par **analogie** ...

📌 **Apprendre à comparer** est loin d'être évident pour l'enfant. Or, cette activité mentale est une des étapes du processus de l'abstraction, comme le sont la perception, l'inférence et la vérification de l'inférence (BARTH, 1987)⁴¹.

📖 « Pour comparer, il faut mettre deux éléments côte à côte et les examiner par rapport à ce qui les caractérise (...) Une comparaison opérée de façon cohérente et complète est déjà une opération mentale très complexe. Elle prépare l'étape suivante : la conclusion, le choix. Avant de faire ce choix, il faut explorer le plus grand nombre possible de rapprochements existants entre les objets ou les idées à comparer » (BARTH, 1987)⁴².

Le passage à l'abstraction est une étape majeure de l'évolution de la pensée de l'enfant et, dans une perspective de continuum primaire-secondaire, apprendre à comparer est certainement une compétence à travailler dès l'école primaire.

Quelles sont les limites de ce modèle didactique ?

Ne travailler que de cette manière présenterait un certain nombre d'inconvénients :

- Les conditions d'expérience sont réfléchies, aménagées pour que « ça marche ». Elles sont donc assez éloignées de la réalité. Le danger est grand de voir fleurir **des apprentissages « scolaires », peu fonctionnels**. Par exemple, apprendre comment fonctionnent les engrenages sans partir du vécu de l'enfant ou sans faire un transfert avec la réalité n'apportera pas de sens à l'apprentissage. L'expérience-outil doit au contraire être envisagée dans une démarche plus globale qui permettra à l'enfant de s'interroger, de réaliser des visites, de mener des investigations ... Il pourra en découvrir davantage sur le rôle des engrenages dans l'essoreuse à salade, dans les moulins à eau, dans le dérailleur de vélo...
- Ce type de démarche est **non efficace pour développer une attitude scientifique**.

📖 « L'enfant est seulement un exécutant. Il ne sait pas toujours ce qu'il faut voir, ce qui se passe ou comment interpréter. (...) Ce type d'expérience ne représente pas la pensée de l'élève. Ce type de pratique ne favorise en rien l'appropriation de la démarche expérimentale. (...) De plus, pour n'avoir pas pris réellement conscience de ce qu'ils faisaient, ils sont incapables de répéter la même expérimentation dans une situation proche. Nous avons affaire au mieux à un conditionnement répétitif » (GIORDAN, 1999)⁴³.

L'enseignant devra donc faire des choix et considérer le mode didactique à privilégier en fonction des apprentissages qu'il veut favoriser chez ses élèves.

⁴¹ BARTH B.-M., 1987. L'apprentissage de l'abstraction Paris : Editions Retz. p. 120-121

⁴² BARTH B.-M., 1987. L'apprentissage de l'abstraction Paris : Editions Retz. p. 120-121.

⁴³ GIORDAN A., 1999. Une didactique pour les sciences expérimentales, Guide Belin de l'enseignement.

- L'enseignant doit être vigilant car l'élève peut même réussir l'expérience sans s'interroger, sans rien comprendre, donc, sans apprendre. **L'activité s'apparente alors davantage à un « bricolage »** (voir à ce propos l'activité « électricité » proposée au chapitre III).



« Réussir à apprendre exige de mettre en œuvre de multiples stratégies mentales. Ce qui est fondamental pour l'élève est l'activité dans sa tête. Il peut s'activer avec ses mains ou son corps tout en gardant son esprit totalement passif. C'est ce qui se passe quand il suit une liste de consignes proposées sur une fiche-guide ou un document à remplir (le pire étant bien sûr les questionnaires à trous !). En fait, il exécute une série de gestes qui ne peuvent avoir aucun sens pour lui. Il agit, mais ne sait pas pourquoi. » (GIORDAN, 1999).

Nous ne pouvons qu'insister une fois de plus sur le rôle important de l'enseignant qui construira un « cahier de laboratoire » adapté qui permette le questionnement, la réflexion de l'enfant.

- Soulignons aussi que l'expérience-outil occulte le plus souvent tout ce qui pourrait conduire à douter du modèle enseigné et donne à l'élève une image linéaire et univoque de la démarche de pensée scientifique. Cette approche renforce une **vision dogmatique des sciences** (voir point 6).

3.3.2. *Expérience illustrative réalisée par l'enseignant ou l'animateur*

L'expérience a ici un tout autre statut et ne concerne pas directement l'enfant qui est **spectateur** de ce qui se déroule devant lui. Les auteurs, tels M. COQUIDE, n'envisagent d'ailleurs pas le « transmissif illustré » dans les multiples facettes de l'expérience-outil.

Pourtant, il est important de situer ce mode d'apprentissage dans une typologie des expériences en classe de science, car on le rencontre fréquemment sur le terrain. Par ces expériences illustratives, il s'agit de transmettre de la manière la plus abordable possible, l'état actuel des connaissances sur un sujet. L'information y est claire et structurée. Les apprentissages y sont de type transmissif, construits en gradation, illustrés par des exemples de la vie quotidienne. Des expériences démonstratives que l'élève observe sans agir apportent crédit aux propos. Le réel est modélisé pour en expliquer les propriétés de manière analytique.

Nous distinguons deux variantes :

- soit le professeur réalise lui-même une expérience devant ses élèves;
- soit le professeur utilise un document (vidéo ou papier) pour montrer une expérience à ses élèves.

Dans le premier cas, l'élève est spectateur d'une expérience que le professeur réalise devant ses yeux. Les raisons qui mènent un enseignant à agir à la place de l'élève peuvent être nombreuses :

- la manipulation est dangereuse ;
- le matériel est fragile et/ou onéreux ;
- le gain de temps ;

- le désordre qu'engendrent les manipulations réalisées par les élèves.

Dans le deuxième cas, il s'agit souvent d'une vidéo qui illustre le savoir à enseigner. L'émission de la chaîne FR3 « C'est pas sorcier » (très bien illustrée... l'enseignant a bien souvent moins de moyens !) remporte un vif succès et est évidemment très rassurante et confortable, tant pour l'enseignant que pour l'élève. Utilisée avec parcimonie, la vidéo peut être intéressante au début d'un travail pour susciter le questionnement ou en synthèse. Mais n'oublions pas que le contact direct avec le réel est absent et le risque est grand que l'enfant ait une perception biaisée de la réalité. Parce qu'avec les moyens techniques, il est aisé de faire des gros plans, de montrer des images prises en microscopie électronique, l'enfant peut se tromper d'échelle et s'imaginer qu'une petite plante carnivore est un monstre capable de l'engloutir ! La vidéo ne remplacera jamais la confrontation au réel avec tout ce qu'il apporte à l'enfant : les odeurs, les bruits, la sensation d'humidité... De plus, si une vidéo peut être efficace pour aborder un concept, elle ne permettra pas de développer une « attitude scientifique » : le questionnement, le travail d'investigation, le tâtonnement, ...ne font pas partie du processus.

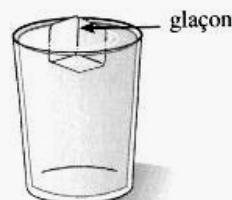
S'il s'agit d'un document « papier » : les élèves ont alors sous les yeux une description d'un protocole expérimental qu'ils ne réaliseront pas. L'expérience est seulement évoquée. Les résultats sont fournis. Au mieux, l'élève sera amené à les interpréter.



L'expérience d'un glaçon dans un verre d'eau est décrite et illustrée ; les constatations à faire et l'explication du phénomène sont directement accessibles par l'élève... (BOECHE et al., 2004 p. 8)⁴⁴

E UNE EXPÉRIENCE.
Lorsque la glace se transforme en eau, le volume de l'eau diminue.
C'est pour cela que l'eau du verre n'a pas débordé. Par contre, si l'eau se transforme en glace, son volume augmente.

Une expérience



Verre plein d'eau avec un glaçon



Le glaçon a fondu et pourtant l'eau n'a pas débordé

⁴⁴ BOECHE S., CHAIX L. et DELPEUCH R., 2004. Sciences cycle 3. Coll. A nous le monde. Ed. SEDRAP. P.191.

3.4 Expériences-objet

Expériences pour prouver, pour vérifier⁴⁵

« C'est quelque chose qu'on essaye (on fait une hypothèse). C'est aussi quelque chose qu'on a vu ou écrit et on veut voir si cela marche »
(Amélie)

Une expérience, ça sert à vérifier une hypothèse sur une question. C'est un essai, ça peut réussir et ne pas réussir
(Igor)

Lors d'expériences-action « pour voir » (voir 3.2.), les enfants sont amenés naturellement à essayer d'identifier les paramètres en jeu lors des manipulations. L'occasion se présente alors de proposer aux enfants de réaliser une expérience qui prouve l'impression qui s'est dégagée de leurs manipulations. L'hypothèse implicite qui a guidé l'action de l'enfant doit devenir explicite. L'émergence de celle-ci est facilitée par les sollicitations de l'enseignant.



Des enfants du primaire (5^e et 6^e années) essayent de faire tourner une roue à « aube » avec un peu d'eau. Un enfant change la position et l'orientation du jet de l'eau sur les pales cuillères. Il dit : « plus l'arrosoir est haut, plus la roue tourne vite »...



Il s'agit alors de demander aux enfants de concevoir une expérience qui prouve leurs impressions, leurs hypothèses (ici : l'importance de la hauteur du jet

⁴⁵ Propos recueillis par Mr Roiné, professeur d'école à Bordeaux (CE) in Cahiers pédagogiques n° 409, décembre 2002.

d'eau). C'est ce que l'on va appeler, à la suite de plusieurs auteurs (COQUIDE, 2001⁴⁶ ; KOUHILA, 2000⁴⁷ ; AGERS 2004⁴⁸ ...) : une « expérience-objet ».

Dans l'expérience-objet, les manipulations ne sont plus réalisées d'emblée. Cette approche vise au contraire à amener les élèves à réfléchir de manière approfondie sur les expériences à réaliser. Ainsi, la construction d'un dispositif expérimental bien pensé, c'est-à-dire appuyé sur des hypothèses préalables, est au centre de l'activité. Les hypothèses à tester viennent souvent des préconceptions de l'enfant et correspondent à l'expression explicite des systèmes explicatifs sous-jacents qui ont orienté les actions de l'enfant lors des expériences-action qui précèdent.

Cette méthode de travail se rapproche d'une démarche réelle de recherche : les résultats sont analysés et mis en relation avec les hypothèses posées ; la communication des résultats permet une structuration des idées chez les élèves. Ce mode d'investigation peut également développer la métacognition et le retour sur les démarches suivies. Le raisonnement mathématique ne rentre pas seul en ligne de compte et les situations proposées recouvrent des dimensions beaucoup plus vastes, d'apprentissages méthodologiques, de mise à l'épreuve de la résistance du réel, de développement d'un esprit critique face au possible artefact et à l'interactivité des variables⁴⁹.

3.4.1. *Du côté des enseignants...*

Selon ASTOLFI et al. (1997)⁵⁰, le modèle pédagogique qui traduit l'activité de l'enseignant est le style interactif : l'enseignant anime, relance, conseille, présente certaines exigences. Il oriente l'activité tâtonnante, surtout de manière indirecte : suggestions et apports qui modifient l'activité ; facilitation des échanges entre les groupes ; reformulations... Il provoque aussi des moments structurants d'explication, de vérification, de confrontation, de communication.

L'enseignant est associé dans le processus de recherche avec l'élève. Il ne sait pas quelles expériences seront proposées par l'élève, il ne connaît peut-être pas les résultats de l'expérience. Il est le guide du travail, prévoit le matériel, évoque des idées d'expériences pour aider les groupes bloqués, fait reformuler les hypothèses avant l'action, vérifie l'adéquation des protocoles expérimentaux proposés...

⁴⁶ COQUIDE M. 2001. Les démarches en sciences expérimentales. Intervention à l'Université de Rouen.

⁴⁷ KOUHILA M., 2000. *Formation en épistémologie de la physique à l'ENS* -- Groupe Girest - Ecole normale supérieure - Marrakech - Maroc - Revue Didaskalia - 17 - Octobre 2000

⁴⁸ Evaluation externe en première année A de l'enseignement secondaire : pistes didactiques. Formation scientifique. Mars 2004. Ministère de la Communauté française Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique. Service général du Pilotage du Système éducatif. 62 p.

⁴⁹ COQUIDE M., 1998. *Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles*, Aster n°26 P:109-132

⁵⁰ ASTOLFI JP., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. et TOUSSAINT J., 1997. Mots-clés de la didactique des sciences. Pratiques pédagogiques. De Boeck Université. 194 p.



L'enseignant (P)⁵¹ : voici l'énigme : « *Le spectacle de l'école a lieu la semaine prochaine. Nous devons éclairer le décor blanc en jaune, mais le spot jaune est cassé. Comment peut-on faire pour le remplacer avec le matériel que nous avons ici ? Qui a une idée ?* ».

Certains élèves écrivent ou dessinent des idées et d'autres n'en ont aucune. Ils pensent (pour une large majorité d'entre eux) au mélange des couleurs. Par exemple : vert + bleu, ou orange + blanc... Certains utilisent la couleur comme filtre et d'autres, comme objet réfléchissant.

P collecte les idées émises par les élèves et demande à chacun des groupes de choisir la ou les piste(s) qu'ils ont envie de tester et d'imaginer comment ils vont s'y prendre.

P : « quand vous avez choisi votre hypothèse de travail par groupe, vous pouvez aller chercher du matériel. Il y a : des gobelets colorés en plastique, des lampes de poche, des papiers colorés, des peintures, des ballons à gonfler, du papier crépon, des plastiques, des caisses en carton, du tissu... ».

P demande d'anticiper le résultat de l'expérience proposée : est-elle en accord avec l'hypothèse de travail choisie et quels sont les résultats attendus ?

Certains cherchent à réaliser un filtre avec des matériaux variés : des gobelets (vert+bleu) ; des ballons à gonfler, du papier crépon...

Un groupe place un filtre vert sur la lampe, la lumière observée sur le banc est jaunâtre. P : « Attention, le décor, comme dit dans l'énigme, est blanc ; or ici, le banc est jaunâtre. Sur une feuille blanche, la lumière paraît verte. ». « Donc cette expérience n'est pas la solution... mais vous n'avez pas raté, vous avez réussi votre expérience ». Il les rassure. « En sciences, on essaie ; l'expérience doit être réussie, c'est très bien, même si on n'arrive pas à résoudre l'énigme »

D'autres diluent des peintures dans de l'eau d'un gobelet. En éclairant le gobelet par le dessus avec une lampe de poche, il diffuse une lumière jaunâtre.

P : « mais ce n'est pas vraiment de la lumière jaune, car la lumière ne traverse pas l'eau du gobelet. Vous ne saurez pas éclairer un personnage de cette façon. »

Un dernier groupe place du papier crépon vert sur un gobelet orange et place le gobelet au bout d'une lampe de poche.

En guise de synthèse...

P : « Vous avez essayé beaucoup de pistes mais aucune n'aboutit à la réponse finale qui permettrait de répondre à l'énigme. Qu'est-ce qui rend les choses difficiles ? »

Elève : « Il y a trop de lumière, il aurait fallu une chambre noire ».

P : « N'auriez-vous pas pu en fabriquer une avec le matériel que vous aviez ? »

Elève : « Si : la caisse. »

L'enseignant distribue à chacun les schémas des synthèses additives et soustractives des couleurs et ajoute : « moi aussi, j'ai cherché la solution et j'ai trouvé ceci dans un livre. Y a-t-il quelque chose en rapport avec notre énigme et qui pourrait nous aider ? ».


P explique : « En peinture, on n'aurait pas pu créer du jaune, car c'est une couleur primaire. En couleurs-lumières, le jaune est un mélange de rouge et de vert ». « Comment vérifier si ce qui est écrit là est bien correct ? »

⁵¹ Inspiré de L. Jadin E.C. de Bonnelles, 6ième primaire. 20 élèves. 2002


Il propose à tous les élèves d'essayer de croiser un faisceau de lumière rouge avec un vert, créés à l'aide gobelets et de lampes de poche. Les enfants réalisent leur nouvelle expérimentation et tous les groupes, satisfaits, y arrivent.

Cette manière d'apprendre les sciences est celle prônée actuellement dans les programmes, mais la mise en œuvre semble complexe, car il faut constater que peu d'enseignants travaillent de cette manière.

Cette situation résulte, aux dires des enseignants (PETIT, 2000)⁵², de contraintes matérielles et organisationnelles sur lesquelles vient se greffer une appréhension légitime face à la démarche scientifique de type expérimental.

 Pour expliquer cette résistance, ASTOLFI (2002)⁵³ écrit que *«les professeurs de sciences craignent plus que tout de laisser les élèves s'engager dans des voies qu'ils n'ont pas prévues, et face auxquelles ils redoutent de vite se trouver en situation d'insécurité professionnelle ... Or, engager les élèves à expérimenter suppose que l'on encourage leur activité investigatrice et divergente. Toute recherche véritable ne suppose-t-elle pas qu'on s'écarte des procédures balisées pour explorer des chemins nouveaux ? Encore faut-il ne pas faire semblant, en cherchant à tirer les ficelles par derrière... »*. *« L'expérimentation est un puissant levier pour les apprentissages, dans la mesure où elle joue positivement sur la motivation des élèves. Encore faut-il que ce ne soit pas qu'un feu de paille et qu'on n'en attende pas d'effets magiques, mais que la combustion soit entretenue pour éviter que le soufflé ne retombe »*.

Dans la construction d'une démarche en gradation soucieuse de varier la place de l'expérience dans la classe, nous devons tenir compte de ce paradoxe entre les réalités de terrain et l'idéal pédagogique. Il nous semble important, dans cette recherche de gradation de l'apprentissage, d'envisager, avec les enseignants, la place et le rôle de l'expérience dans la classe et de pointer le modèle d'enseignement des sciences que ce choix sous-tend.

 Comme le signalent ASTOLFI et al. (1997)⁵⁴, *« dans toutes les activités où une grande liberté est laissée à l'élève et à la classe, le rôle de l'enseignant est délicat, car il faut développer un type de rigueur adaptée à ce type de situation. Le problème pédagogique essentiel est de ne pas « fermer » le problème par des interventions inadéquates à l'objectif. Un équilibre doit être trouvé entre une aide aux élèves et une absence d'aide pour leur permettre de développer leurs idées »*.

Cela se traduit pour l'enseignant, par, *« répondre aux questions par d'autres, poser soi-même des questions aux étudiants, dans le but de maintenir l'activité de recherche. Ceci n'est pas toujours facile, car cette pratique rompt, par*

⁵² PETIT C., 2000. Module de Didactique de l'enseignement secondaire : didactique spéciale – sciences : un tour d'horizon des pratiques de laboratoire. Mémoire de licence en Science de l'Éducation. Université de Liège.

⁵³ ASTOLFI JP., 2002, l'œil, la main, la tête in Cahiers pédagogiques « Expérimenter ». Décembre 2002. P. 15-18.

⁵⁴ Astolfi JP., Darot E., Ginsburger-Vogel Y. et Toussaint J., 1997. Pratiques de formation en didactique des sciences. Pratiques pédagogiques. De Boeck Université. 490 p.

certains côtés avec la pratique habituelle, ce qui surprend les élèves, et surtout peut troubler l'enseignant » (ASTOLFI et al., 1997).

Il s'agit aussi pour l'enseignant d'essayer de transformer les questions des enfants en changeant les « pourquoi » en « comment », comme le suggèrent HARLEN et JELLY (2000).



Les questions des enfants désarçonnent souvent les animateurs d'activités scientifiques (scientifiques ou non !). Quelques exemples donnés par Harlen et Jelly (2000, p. 29-32⁵⁵) permettent de saisir la difficulté de traiter les questions des enfants :

1. Comment appelle-t-on le petit du tigre ?
2. Qu'est-ce qui fait pleuvoir ?
3. Pourquoi se voit-on dans une fenêtre ?
4. Pourquoi le hamster est-il malade ?
5. Si je mélange ces couleurs, quelle couleur obtiendrai-je ?
6. Si Dieu a créé l'Univers, qui a créé Dieu ?
7. Combien de temps les vaches vivent ?
8. Comment fonctionne un ordinateur ?
9. Quand les têtards deviennent-ils grenouille ?
10. Y a-t-il des êtres humains dans l'espace ?

Selon les auteurs, certaines questions (6 et 10) relèvent plus de la philosophie que de la science et les réponses ne peuvent être « correctes ». Toutes les autres questions ont une réponse, mais cela ne signifie pas que la forme de chaque réponse soit la même, ni que l'enseignant connaisse toutes les réponses, ni même que les enfants puissent comprendre toutes ces réponses...

Les enfants peuvent poser des questions pour diverses raisons : pour avoir des réponses, pour attirer l'attention, pour montrer que le sujet les intéresse... parfois, ils n'attendent même pas la réponse...

Les questions 1, 7 et 9 peuvent faire l'objet d'une recherche collective d'information ou d'une réponse simplement différée. L'enseignant peut toujours dire : « je ne sais pas, mais on va chercher... ». Malheureusement, cette méthode est vite frustrante (pour l'enseignant comme pour l'élève...). Voici ce que proposent Harlen et Jelly pour traiter certaines questions complexes et particulièrement celles de la catégorie des « pourquoi ».

En science, on s'intéresse plus au « comment » des choses qu'au « pourquoi », ce dernier apportant des réponses plus philosophiques. Le principe consiste donc à convertir les « pourquoi » en « comment » pour transformer la question en action concrète (« voyons comment nous pouvons faire pour comprendre... »).

Il s'agit donc pour l'enseignant de :

Analyser rapidement la situation et utiliser « l'examen des variables en jeu » pour produire des questions plus riches et plus faciles à traiter, par exemple, pour la question 3 : « se voit-on toujours ? quelles conditions sont nécessaires ? Quel type de fenêtre ? quel éclairage ?... »

Transformer les questions en activités pratiques de type expérimental, par exemple : « examinons quelles sont les conditions d'éclairage pour se voir dans une fenêtre ... »

⁵⁵ HALEN W, JELLY S, 2000. Outils pour enseigner. Vivre des expériences en sciences avec des élèves du primaire. De Boeck. 132 p.

Les enfants qui explorent selon de telles lignes directrices élargissent certainement leur compréhension de ce qui est en jeu dans un phénomène, sans pour autant nécessairement savoir répondre à la question du départ, c'est vrai. Mais l'important est peut-être plus de déclencher une recherche scientifique digne de ce nom, que de fournir une réponse qui ne sera pas comprise ou... pas écoutée.

L'enseignant consacre aussi une part importante de son temps et de son attention à observer la manière dont les élèves procèdent pendant la recherche – individuellement et par groupe – pour adapter ses interventions à ces observations : comment les élèves utilisent-ils les concepts étudiés antérieurement ? Quelles connaissances sont-ils capables de mobiliser correctement ? Quelles erreurs commettent-ils ? ... Tout ce qu'il apprend ainsi sur ses élèves l'aidera à concevoir des situations d'apprentissage mieux adaptées (DE VECCHI, 2000⁵⁶ ; ARSAC et al., 1988⁵⁷).

3.4.2. *Du côté des élèves ...*

Il se dégage de l'épreuve externe (octobre 2003), réalisée en première année A de l'enseignement secondaire⁵⁸, que le savoir faire lié à l'élaboration d'un dispositif expérimental pose problème aux élèves. Beaucoup d'élèves ne répondent pas à cet item, sans doute désarçonnés. Ceux qui proposent un dispositif de recherche le font de manière très imprécise : certains se limitent à une liste de matériel nécessaire ; d'autres encore ne précisent pas l'hypothèse envisagée dans leur dispositif, ce qui ne permet pas de cerner la logique sous-jacente à l'élaboration du dispositif proposé ; bon nombre d'élèves ne pensent pas à isoler la variable qu'ils souhaitent étudier plus en profondeur et ainsi neutraliser les autres variables qui pourraient intervenir dans le système proposé...

Pour entrer réellement dans une démarche expérimentale, les élèves doivent partir d'une question, émettre des hypothèses, déterminer des paramètres à faire varier successivement. Ils doivent aussi pouvoir imaginer un montage expérimental et une procédure.

Développer en eux l'attitude scientifique nécessaire pour qu'ils entrent dans une telle démarche exige du temps et bien des tâtonnements. Nous savons en effet que bien des élèves sont déstabilisés lorsqu'on les place dans une situation où ils doivent eux-mêmes imaginer tout le processus expérimental. Ils ont l'impression que le professeur ne joue pas le jeu en ne leur donnant pas le matériel nécessaire et le protocole à suivre. Progressivement cependant, et au fur et à mesure de séquences d'apprentissage où ils sont placés en situation de recherche, ils posent davantage de questions et osent prendre l'initiative de

⁵⁶ DE VECCHI G., 2000. Aider les élèves à apprendre. Hachette Education. Paris : 237 p

⁵⁷ ARSAC G. et al., 1988, in ASTOLFI J.P. et al., 1997. Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies. De Boeck Université, Pratiques pédagogiques, pp.94.

⁵⁸ Evaluation externe en première année A de l'enseignement secondaire : pistes didactiques. Formation scientifique. Mars 2004. Ministère de la Communauté française Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique. Service général du Pilotage du Système éducatif. 62 p. (p41)

construire eux-mêmes une situation expérimentale en relation avec la question qu'ils se posent.⁵⁹

Il s'agira donc de confronter les élèves à une situation ou une observation de la vie courante, car les situations de départ qui ont un ancrage dans le réel (vécu proche de l'élève de préférence), donnent un sens concret aux apprentissages. Le rôle de l'enseignant est alors de les aider à problématiser ou à émettre un projet ; de favoriser la mise en œuvre effective des investigations ; de favoriser les dynamismes et les confrontations, de distinguer un guidage pédagogique d'exploration et un guidage pédagogique de validation, et d'inciter les élèves à réfléchir sur les démarches et sur les raisonnements (COQUIDE, 1998)⁶⁰.



Inspiré de « Les glaciers à glace naturelle ». Hypothèse ASBL. Projet soutenu par la DGTRE. Région wallonne. p. 37.

Les élèves⁶¹ ont été visiter une glacière. Une fois rentrés en classe, l'enseignant propose aux enfants de trouver différents moyens pour faire fondre le plus vite possible un glaçon. Ils dessinent leurs projets puis, par deux, les réalisent à l'aide du matériel présent en classe (expériences-action pour voir).

Deux enfants essayent de faire fondre un glaçon en utilisant un sèche-cheveux. Deux autres le mettent dans de l'eau chaude. Une petite fille cherche un vieux pull en laine « pour le réchauffer... ». Un autre groupe a décidé d'écraser son glaçon à l'aide d'une pierre. Quelques enfants utilisent des bougies en tenant les glaçons dans des cuillères...

Après cette phase de découverte, l'enseignant propose aux enfants de « comparer les méthodes qui marchent le mieux ». Ainsi, les facteurs de chaleur, de rapport taille/surface du glaçon, de lumière, de mouvement d'air... sont évoqués.

Une autre phase de recherche s'engage alors pour vérifier ce qui marche le mieux (expériences-objet pour prouver).

L'enseignant demande aux différents groupes de choisir un facteur et de construire une expérience pour montrer l'influence de ce facteur et de pouvoir le comparer aux autres. Il s'agit de construire un protocole expérimental sur papier, puis de réaliser l'expérience et de préparer une communication des résultats obtenus.

Un groupe d'enfant dessine un marteau qui écrase un glaçon et un autre glaçon intact à côté. Un autre groupe imagine un dispositif compliqué de bougies avec des glaçons suspendus au-dessus...

Lors de la réalisation des expériences, quelques enfants demandent des chronomètres pour « calculer le temps que le glaçon met pour fondre ». D'autres veulent une balance pour « avoir le même glaçon que l'autre groupe pour comparer les glaçons au départ des expériences ». Un groupe veut tester l'influence de la lumière à l'aide de bougies...

⁵⁹ BERTRAND-RENAULT S., MOLS J., 2003. Je construis mes apprentissages en sciences au premier degré. Guide pédagogique 1^{ère} & 2e. De Boeck.128 p.

⁶⁰ COQUIDE M., 1998. *Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles*, Aster n°26 P:109-132

⁶¹ Inspiré de « Les glaciers à glace naturelle ». Hypothèse ASBL. Projet soutenu par la DGTRE. Région wallonne. p. 37.

L'enseignant aide les enfants à systématiser leurs démarches, à établir un témoin, à faire des mesures et à contrôler les variables. Il contrôle également l'adéquation de l'hypothèse avec l'expérience proposée : pour montrer l'influence de la lumière sur la fonte de la glace, si on utilise une bougie, on ajoute un autre facteur à celui de la lumière, celui de la chaleur.

Les élèves apprécient à la fois, la possibilité offerte que l'enseignant réfléchisse avec eux sur une énigme - au lieu d'être celui qui sait tout - et l'occasion favorable de voir comment celui-ci s'y prend quand il est confronté à un problème. Lorsque l'enseignant montre ses propres compétences méthodologiques en situation, il devient alors un vecteur intéressant pour développer les leurs (STEGEN et SACRE, 2000)⁶².

Sur le plan éducatif, la démarche scientifique est très porteuse (ASTOLFI et al. 1998)⁶³. Elle permet de développer une multitude de qualités et d'investigations. En voici quelques-unes de manière non exhaustive:


- stimuler la curiosité, l'imagination et l'esprit critique;
- savoir formuler des hypothèses,
- imaginer un dispositif expérimental;
- savoir observer, enquêter;
- savoir argumenter, discuter des résultats;
- savoir travailler en groupe et communiquer...

⁶² STEGEN P. ET SACRE A., 2000. *La préparation, un moment-clé pour la mise en place de nouvelles pratiques didactiques*. Math-Ecole n° 194 : 13-20


⁶³ ASTOLFI J.P., PETERFALVI B., VERIN A., 1998. Comment les enfants apprennent les sciences, Retz, Paris : 266 p. Voir aussi Giordan A., 1999. Une didactique pour les sciences expérimentales. Guide Belin de l'enseignement. Paris ; Giordan A., 2002. C'est quoi ? Maîtresse..., Dossier expérimenter in Cahiers pédagogiques N° 409, décembre 2002. Et ASTOLFI JP., 2002, l'œil, la main, la tête in Cahiers pédagogiques « Expérimenter ». Décembre 2002. P. 15-18.

3.4.3. Expérience de validation d'un résultat découvert de façon théorique

Ici, un défi est proposé de façon théorique à l'élève. Par exemple, après avoir étudié de manière concrète le fonctionnement des poulies et les engrenages, les élèves sont invités à réfléchir à cette question : « *Que se passe-t-il si on inverse les roues de la grue ?* », à l'aide d'un dispositif en Lego photographié.⁶⁴



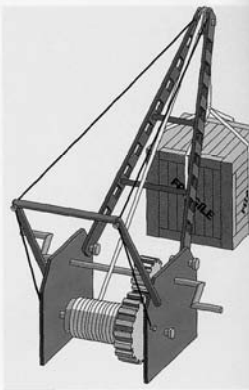
Un défi pour émettre des idées et mobiliser des acquis...

 **Des recherches pour répondre...**

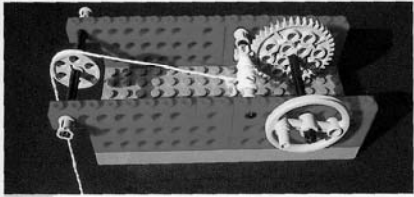
1. Pourquoi les roues dentées n'ont-elles pas la même taille ?

Regarde attentivement les dispositifs Lego présentés ci-dessous.
Rédige une réponse dans ton cahier de laboratoire, puis construis un dispositif pour vérifier si ton idée est correcte.

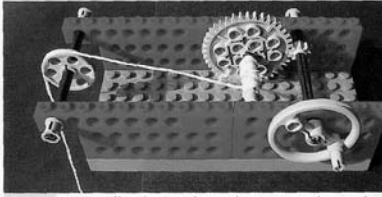
- ↳ Soulève la même charge avec chaque maquette. Que constates-tu ?
- ↳ Réponds à la question du paragraphe.



Doc 2



Doc 3 Dans cette maquette, c'est la grande roue qui entraîne la petite roue.



Doc 4 Dans celle-ci, c'est la petite roue qui entraîne grande roue.

Ce n'est qu'après cette phase de réflexion et après avoir émis leur résolution qu'ils sont amenés à vérifier, à l'aide du matériel concret, s'ils avaient raison.

Cette résolution théorique du défi nécessite l'application de règles ou loi connues. L'élève n'a pas accès au préalable à l'essai sur le réel. L'expérience est alors proposée pour valider le résultat obtenu (voir si le résultat prédictif est juste). Il s'agit plus d'un **entraînement mental** que de l'application d'une démarche scientifique : l'élève doit utiliser et appliquer ses modèles explicatifs référents. Par calcul ou application d'une loi, il prévoit un résultat à la situation.

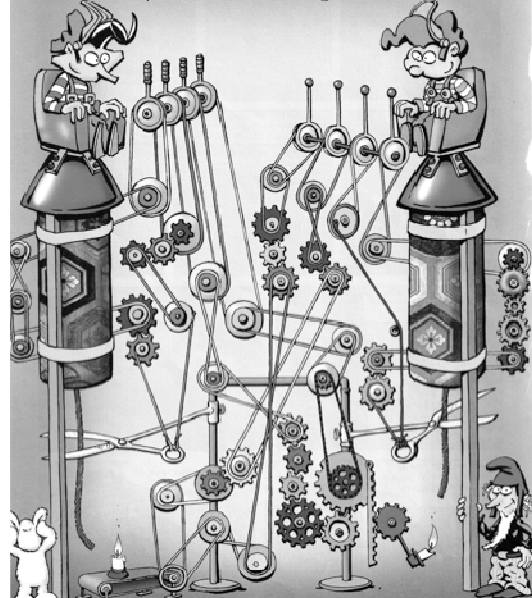
Après avoir proposé une solution, il peut vérifier son résultat en le confrontant avec la situation réelle. Il essaie avec le matériel. L'expérience, dans ce cas, permet la **validation d'une anticipation théorique**.

⁶⁴ Inspiré de : ROLANDO J-M, POMMIER P, SIMONIN M-L, NOMBLLOT J, LASLAZ J-F, COMBALUZIER S., 2003. 64 enquêtes pour comprendre le monde cycle 3. Magnard. Paris. 233 p.



Un défi théorique pour motiver ou pour vérifier les acquis...

PIC et ZOU sont tous deux assis sur des sièges éjectables très puissants. Ils disposent de manettes qu'ils ne peuvent que TIRER VERS EUX. Parmi elles, seulement deux sont utiles : UNE sert à expédier le copain dans l'espace et l'autre sert à empêcher d'être soi-même éjecté ! Trouvez ces bons leviers !



Dans le cadre des travaux menés lors de cette recherche, les enfants ont eu l'occasion de manipuler des engrenages. Ils ont ainsi découvert les sens et les vitesses de rotation ainsi que les rapports entre la taille des roues. À la fin de cet apprentissage guidé par des notes à compléter et des protocoles à suivre, ils ont été amenés à résoudre un défi théorique⁶⁵. Ce défi faisait appel à leur vécu, mais aussi à d'autres notions, comme l'utilisation de courroies de transmission du mouvement et de crémaillères. Les enfants se sont rendus compte de l'écart qu'il y avait avec leurs apprentissages antérieurs et ont de suite proposé de réaliser un petit test avec du matériel concret (élastiques, engrenages...).

C'est très valorisant pour l'élève quand le réel se comporte tel qu'il l'a prédit. Mais la méthode nécessite une bonne connaissance préalable des notions car la motivation n'existe que chez les élèves présentant assez de confiance en eux que pour éprouver du plaisir devant les défis (car ils se projettent capables de les résoudre). Ces situations sont de bons prolongements d'une approche plus concrète.


Mais la méthode est très décourageante pour les élèves peu à l'aise dans l'abstraction. Quand le cours de sciences se résume à des exercices théoriques où l'élève doit trouver des solutions « sur papier », sans approche concrète, il favorise les élèves qui connaissent déjà.


Il faut noter que ce type de défi théorique s'applique surtout au secondaire, puisqu'il faut déjà des notions essentielles pour pouvoir le relever. Au primaire, on l'utilisera surtout en fin de séquence comme application des notions vues (voir Pic et Zou, ci-dessus et fiche « engrenages » n°3).

Un aspect intéressant de ce type de démarches, c'est le caractère externe de l'évaluation : c'est la situation qui permet la validation ou non du défi et pas l'enseignant. Le statut de l'enseignant est par là même aussi différent de ce que l'on rencontre habituellement à l'école : il n'est pas là pour valider ou cautionner une démarche, mais bien pour guider les élèves dans leur apprentissage. Cet état de fait peut avoir une influence directe sur le rapport à l'autorité et l'enseignant dans sa classe.

⁶⁵ PIC et ZOU, extrait du journal Spirou

Certains manuels scolaires proposent aux élèves ce type de démarche pour lancer l'activité de recherche. Par exemple⁶⁶ : « Pourquoi utilise-t-on des roues dentées ? ». Avant d'entrer dans la démarche, le manuel demande à l'élève de s'interroger. Ce n'est qu'après cette phase de réflexion qu'ils sont amenés à rechercher et vérifier, à l'aide de matériel concret, leurs idées.


Une question pour réfléchir avant de chercher...



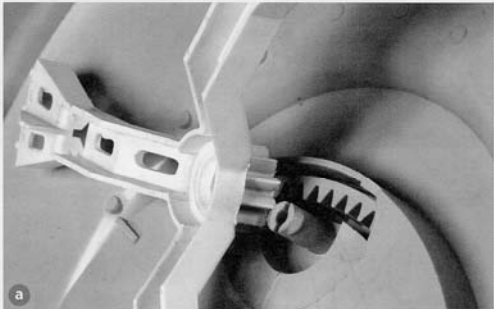
Pourquoi utilise-t-on des roues dentées ?

LE MONDE
CONSTRUIT PAR L'HOMME

Document 1

Des roues dentées pour accélérer le mouvement.


■ Observe uneessoreuse à salade



INTERROGE-TOI

Avant d'étudier les documents...

- À quoi sert uneessoreuse à salade ? Comment l'utilise-t-on ? Pourquoi le panier doit-il tourner très vite ?



- Apporte des objets qui fonctionnent avec des roues dentées. Sais-tu à quoi servent ces roues dentées dans ces objets ?

nombre de tours de manivelle	nombre de tours du panier
1	7
2	14
3	21

Conclusion : le nombre de tours du panier

Cette phase de validation des résultats est importante à plus d'un titre et trop souvent, les enseignants font l'impasse par manque de temps ou de matériel, de cette validation externe. Les élèves sont alors obligés de croire l'enseignant « sur parole », et l'enseignant de reprendre sa place de dispensateur du savoir... Dommage.

Il ne faut pas confondre ce type de démarche avec celle trop souvent proposée par les manuels scolaires : une lecture du descriptif d'une expérience plus ou moins réaliste qui pose une question à l'élève, dont la réponse figure, en général dans le texte juste en dessous. Cette démarche n'est intéressante que si elle est réellement suivie par une phase d'expérimentation pour vérifier ou pour comprendre (voir expériences-outil 3.3.).

⁶⁶ CALMETTES B. et al., 2003. Sciences expérimentales et technologie. CM1 cycle 3. Collection Tavernier. Edition Bordas. p. 86.

3.5 Tableau général : les statuts de l'expérience

Type d'expérience	Rôle de l'expérimentation	Rôle de l'élève	Rôle de l'enseignant	Point de départ de la démarche	Apprentissage	Position du savoir
<p>Expérience-action :</p> <p>Pour ressentir</p> <p>Pour voir en manipulations libres</p> <p>Pour voir dans un défi expérimental</p> <p>Pour sensibiliser</p>	<p>L'expérimentation permet de découvrir et de se familiariser avec un phénomène</p>	<p>L'élève est un « découvreur », à l'aide de ses sens. Par essais et erreurs, par approche affective et subjective, il va « se faire une idée » des phénomènes et des notions abordées. Il dirige ses propres projets et leurs orientations.</p> <p>L'élève s'exprime (a priori et a posteriori), il communique ses résultats et essaye d'en interpréter la portée.</p>	<p>L'enseignant est à l'écoute des besoins des enfants et cherche à favoriser leur expression. En observant la classe, il prélève des informations qui lui permettront ultérieurement d'intervenir autrement. Il repère des problèmes scientifiques intéressants à reprendre et détermine une variété d'objectifs possibles (style incitatif)</p>	<p>Un défi à relever : l'exploration libre réalisée par les élèves pourra servir de tremplin à la découverte des notions mises en oeuvre</p> <p>Une manipulation libre</p>	<p>L'accent est mis principalement sur son degré de précision (ex. utilisation d'instruments de mesure)</p>	<p>Il est travaillé à la fin des activités. L'analyse des différentes façons de relever les défis permettra d'aborder le savoir</p>

Type d'expérience	Rôle de l'expérimentation	Rôle de l'élève	Rôle de l'enseignant	Point de départ de la démarche	Apprentissage	Position du savoir
<p>Expérience-outil :</p> <p>Réalisée par l'élève selon un protocole établi</p> <p>Réalisée en direct par l'enseignant en suivant un protocole</p> <p>Réalisée à distance, sur film</p>	L'expérimentation est envisagée pour illustrer un phénomène théorique	L'élève est un exécutant : il suit de manière précise les consignes ou protocoles mis à sa disposition. Parfois, l'élève est spectateur d'une expérience qui se déroule devant lui (exécutée par l'enseignant) ou qui est filmée et diffusée sur écran.	Le dialogue est essentiellement commandé par l'enseignant qui oriente un projet précis. Les diverses techniques (expérimentation, travail par groupes, audiovisuel, documents...) servent principalement de dispositif en ce sens. C'est un style qui rappelle les formes traditionnelles d'enseignement, mais qui prend soin de l'activité intellectuelle effective des élèves (style normatif)	Un modèle théorique : sur base de ce modèle théorique, des expériences devront être imaginées ou analysées en vue d'isoler des variables	<p>La nécessité de neutraliser certaines variables sera principalement envisagée</p> <p>La manipulation fine ou le respect de consignes strictes peuvent être un apprentissage intéressant</p> <p>L'apprentissage sera surtout un apprentissage de notions de manière univoque (chemin balisé) et avec les résultats attendus (la loi à illustrer)</p>	Il apparaît avant d'envisager les activités : elles visent à illustrer le savoir

Type d'expérience	Rôle de l'expérimentation	Rôle de l'élève	Rôle de l'enseignant	Point de départ de la démarche	Apprentissage	Position du savoir
<p>Expérience objet</p> <p>Pour prouver ou vérifier, de manière expérimentale</p> <p>Pour valider un résultat découvert de manière théorique, un apprentissage</p>	<p>L'expérimentation permet de mettre à l'épreuve certaines hypothèses.</p>	<p>L'élève est au centre de l'activité ; c'est lui qui construit une hypothèse de travail puis un dispositif expérimental la mettant à l'épreuve. C'est la situation elle-même (le milieu) qui va valider son action et orienter ses recherches</p>	<p>L'enseignant anime, relance, conseille, présente certaines exigences. Il oriente l'activité tâtonnante, surtout de manière indirecte : suggestions et apports qui modifient l'activité ; facilitation des échanges entre les groupes ; reformulations... Il provoque aussi des moments structurants d'explication, de vérification, de confrontation, de communication. (style interactif)</p>	<p>Des conceptions à mettre à l'épreuve : une émergence ou une mise à jour des conceptions permettra d'envisager des dispositifs susceptibles de tester ces hypothèses de travail</p>	<p>L'intérêt est de concevoir un dispositif qui s'appuie sur une conception exprimée sous la forme d'une hypothèse</p>	<p>Il apparaît tout au long des activités (tant dans la définition des hypothèses que dans l'analyse des résultats d'expérience).</p>

4. Structurer les apprentissages

L'enfant apprend en agissant avec le matériel, mais cette étape, bien qu'indispensable à tout apprentissage scientifique, ne suffit pas.



L'enfant a besoin d'être accompagné pour « *pouvoir se dégager de la particularité de chaque expérience pour atteindre des concepts plus larges et construire des savoirs transférables à d'autres situations* »⁶⁷.

Structurer les acquis c'est « *mettre en relation les éléments découverts, établir des analogies avec le vécu, synthétiser* »⁶⁸

4.1 Structurer prend du temps.

Dans le feu de l'action, les événements se déroulent parfois très vite, voire trop vite. Certains phénomènes à observer sont fugaces et il n'est pas certain que chacun ait perçu l'une ou l'autre étape essentielle. Par ailleurs, les enfants agissent parfois en groupe, souvent avec empressement, et ne sont pas toujours attentifs à ce que leurs pairs testent ou modifient.



Dès lors, « *il est important de pouvoir s'arrêter en cours de route pour exprimer ce qu'on a fait, ce qu'on a vu et, éventuellement, ce qu'il faudrait faire pour être plus efficace* » (GIOT & QUITTRE, 2004)

Ces moments d'arrêt, guidés par l'enseignant, seront l'occasion de repréciser la question de départ car, dans des démarches ouvertes, il n'est pas rare que les élèves s'en éloignent. Ces brefs moments d'échange permettront aussi d'aider des élèves « en panne », qui, en voyant comment d'autres s'y prennent, reproduiront ce qu'ils viennent de voir ou testeront de nouvelles idées. C'est bien dans les interactions au sein du groupe et entre les groupes que le savoir se construit.



De courtes séquences vidéo montrent des élèves du secondaire à l'œuvre. Leur tâche est d'expliquer oralement le dispositif qu'ils viennent de construire (voir chapitre III - séquence « *électricité au secondaire* »).

Site Internet de la recherche : <http://www.hypo-these.be/spip>.



« *Apprendre à structurer ses acquis doit être progressif. Cette structuration ne peut être imposée : c'est l'élève qui la construit à son rythme avec l'aide de l'enseignant et dans le dialogue avec les autres. Il s'agit d'encourager la mise en relation des faits observés entre eux, et des faits observés avec ce que l'on connaît déjà, en d'autres termes de développer en sciences une attitude réflexive* ». Il est essentiel de savoir « *que chacun*

⁶⁷ GIOT B., QUITTRE V. – Les activités scientifiques en classes de 3^e et 4^e années primaires. Aider les élèves à structurer leurs acquis. Document à l'usage des enseignants. Chapitre II – les chemins de la structuration p.26 – Service général du pilotage du système éducatif Novembre 2006

⁶⁸ idem

progresses à son rythme et fait ses propres découvertes » (GIOT & QUITTRE, 2006)⁶⁹.

L'enseignant doit aussi être conscient que la structuration des acquis porte aussi bien sur les contenus abordés (cela tombe sous le sens !) que sur la démarche suivie (ce qui plus rarement le cas !). Par exemple, dans un travail expérimental du type expérience-objet, la démarche d'investigation poursuivie par l'enfant est capitale. Cette démarche est difficile à acquérir, mais en aidant l'élève à prendre conscience de son vécu, par des questions telles que « *Comment avons-nous travaillé ?* », « *Comment faire pour... ?* », l'enseignant favorise l'acquisition d'une démarche de recherche scientifique dans le chef de l'enfant. Le cheminement deviendra une référence et pourra être réinvesti par l'enfant lors d'une prochaine recherche.

4.2 De l'oral à l'écrit : un passage difficile.

La structuration démarre déjà lors des échanges entre enfants ou entre enfants et enseignants. Cette étape est essentielle et doit « être encouragée dans un dialogue constructif » entre l'enfant et l'enseignant. Au cours de ce dialogue, l'enseignant permet à l'enfant de s'exprimer sur ce qu'il est en train de faire, il l'aide à formuler sa pensée et relance le travail d'investigation par un questionnement adapté.

Ensuite, l'enfant va pouvoir consigner par écrit ses observations, des résultats obtenus, les questions qu'il se pose... Écrire est une tâche difficile, mais qui permet à l'enfant (comme à l'adulte !) de mettre de l'ordre dans ses idées, de « structurer sa pensée ».



Activité menée au secondaire à propos de l'électricité (voir voir chapitre III - séquence « électricité au secondaire »).



Les élèves eux-mêmes expriment combien faire un schéma correct et l'annoter sont des tâches difficiles.

	<p>Ce document montre combien la réalisation du schéma à partir du réel est difficile : au niveau électrique, le montage n'est pas correct ; certaines parties sont floues (branchements de l'ampoule) sans doute parce que insuffisamment maîtrisée, le schéma et les annotations s'interpénètrent, rendant la lecture difficile.</p>
--	--

⁶⁹ GIOT B., QUITTRE V. – Les activités scientifiques en classes de 3^e et 4^e années primaires. Aider les élèves à structurer leurs acquis. Document à l'usage des enseignants. Chapitre II – les chemins de la structuration p.26 – Service général du pilotage du système éducatif Novembre 2006

Il nous paraît indispensable de donner à l'enfant la possibilité de prendre des notes, de faire ses propres schémas, au brouillon. Pour être un véritable outil de pensée scientifique, il serait important que ces brouillons fassent uniquement l'objet d'évaluations formatives. Par la suite, avec l'aide du groupe (y compris de l'enseignant), l'enfant sera invité à remettre au net pour garder une trace plus définitive dans le cahier.

Lors de cette recherche, dans le travail mené avec les élèves, nous avons voulu construire des documents de structuration qui balisent le travail mais laissent une **place à l'élève** pour indiquer ce qu'il ressent, formuler lui-même ses remarques et observations, ou garder une trace (schéma) du montage qu'il vient de réaliser (voir chapitre III – documents de structuration). Mais cette étape est difficile. Tant au primaire qu'au secondaire, des enseignants du groupe de recherche ont mis en évidence la grande difficulté des élèves à s'exprimer.

	Activité menée au primaire à propos des moulins à eau. Expression du ressenti de l'enfant...
<p>Mets ta main dans le sac, attache-le à ton poignet avec l'élastique, puis plonge ta main dans l'eau d'une bassine.</p>  <p>Que ressens-tu ?</p>	<p><u>La main dans le sac</u>⁷⁰</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pour réaliser l'expérience suivante, tu as besoin d'un récipient rempli d'eau (par exemple un bassin), d'un sachet en plastique et d'un élastique. <p>Je sens que.....</p>

À l'école primaire, il n'est pas question de véritable compte-rendu scientifique. Néanmoins, V. QUITTRE et B. GIOT (2004)⁷¹ proposent des directions vers lesquelles encourager l'élève : une recherche d'objectivité, un caractère organisé faisant appel à des formes d'écritures complémentaires (textes, dessins, schémas), des tentatives pour expliquer et mettre en relation les phénomènes observés, un vocabulaire spécifique.

Pour transformer des écrits temporaires (les brouillons) en écrits « définitifs », il peut être intéressant de confronter les perceptions et observations des élèves à un savoir de référence afin de prendre un recul critique sur le vécu ou d'élargir le champ de validité. Cela permet en outre aux élèves d'apprendre progressivement à lire des graphiques, des tableaux de données... et à chercher l'information. Ici aussi, le rôle de l'enseignant est capital. Il doit choisir des documents adaptés au vécu en classe et accessibles à ses élèves pour ensuite les accompagner dans la

⁷⁰ D'après le fichier *A la découverte de l'eau – Les transformations – Les petits Débrouillards* (Albin Michel Jeunesse)

⁷¹ GIOT B., QUITTRE V. – Les activités scientifiques en classes de 3^e et 4^e années primaires. Aider les élèves à structurer leurs acquis. Document à l'usage des enseignants. Chapitre II – les chemins de la structuration p.26 – Service général du pilotage du système éducatif Novembre 2006

lecture de ceux-ci. Cette démarche, accessible dès le primaire, nous paraît particulièrement intéressante au secondaire.



Activité menée au primaire à propos des moulins à eau

- Un document de référence, pour compléter les découvertes de l'enfant...

Comment l'eau fait-elle tourner la roue du moulin ?

La plupart des moulins à eau rencontrés en Wallonie sont des **moulins « par-dessus »** car l'eau arrive par le dessus de la roue.

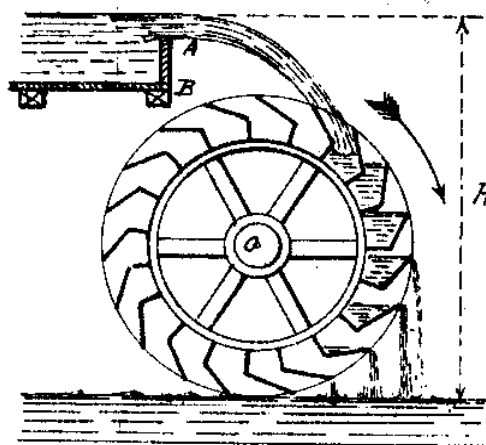
L'eau tombe dans des **augets**.

Les augets sont des petits compartiments en bois repartis sur le pourtour de la roue.

Le poids de l'eau dans l'auget entraîne le mouvement de la roue.

Quand la roue tourne, l'auget rempli d'eau se vide à mi-parcours et remonte vide.

Sur le schéma ci-contre, représente le sens de rotation de la roue...



4.3 Respecter le niveau de formulation de l'élève.

Le document de synthèse qui figurera au cahier est parfois **proposé** à l'enfant et **non construit** avec lui. L'enseignant utilise alors un écrit scientifiquement correct, mais qui peut devenir inaccessible à l'enfant. A. GIORDAN et G. DE VECCHI (2002), notamment, se sont intéressés à cet épineux problème du niveau de formulation.



« **Tout ce qui devient un savoir utilisable pour l'apprenant correspond à ce qu'il peut réellement exprimer.** Ainsi la connaissance va se construire en passant par des niveaux de formulation successifs. **Un niveau de formulation** peut se définir par :

- Une somme de connaissances nécessaires pour construire en énoncé,
- Un certain niveau de développement intellectuel,
- Une pratique sociale (vécu constituant le support à la formulation du concept).

Plus simplement, le niveau de formulation est un énoncé correspondant à un seuil que l'on atteint ; c'est un certain **niveau d'abstraction** qui se manifeste par un énoncé global que l'on demande à l'apprenant de **produire** (et non de réciter !). (...) C'est une **étape** dans l'élaboration d'un concept. Il se présente

sous la forme d'une **idée** plus ou moins **abstraite** et de quelques **mots clés** à faire construire »⁷²

Pour l'enseignant, le défi est grand : il s'agit de faire évoluer l'idée qu'une formulation matérialise. « Une phrase n'est qu'un indice : c'est la structure sous-jacente qui doit être atteinte ». Ces auteurs invitent les enseignants à définir au préalable le niveau de formulation qu'il souhaite voir atteindre par ses élèves. Il est important de préciser que ce niveau sera défini dans un **champ de validité** donné. Ainsi, en fonction de l'âge des enfants, l'enseignant pourra considérer un premier niveau d'élaboration du savoir parce qu'il peut être considéré comme une connaissance opérationnelle. Reprenons l'exemple exposé par DE VECCHI et GIORDAN en astronomie :



« Si un enfant de 4 ans dit « le soleil se lève là, il monte dans le ciel et il se couche de l'autre côté », cela sous-entend qu'il pense que c'est le Soleil qui tourne autour de la Terre... ce qui, bien sûr, est « faux ». (...) Cette affirmation correspond bien à un premier niveau d'élaboration de savoir qui est valable dans un champ de validité donné, limité ici à ce qui l'on peut appréhender directement et quotidiennement. Plus tard, ce niveau de formulation pourra (devra !) être dépassé. Les connaissances des élèves se construisent ainsi ».



« Les définitions pour comprendre seront peut-être dans un premier temps, exprimées dans un langage que beaucoup d'enseignants considèrent comme non-scientifique et inacceptable, mais il faut les voir comme des outils en cours de fabrication⁷³ ».



S'arrêter à un premier niveau de formulation, valable dans un champ de validité donné...

Dans le cadre de cette recherche, dans l'activité sur les moulins à eau, nous avons amené l'enfant à définir, en première approche, les notions de force et de pression de l'eau. Pour y parvenir, nous nous sommes basés sur le ressenti de l'enfant grâce aux expériences proposées : « on sent que ça pousse », « le ballon gonfle dans ma main parce que l'eau pousse »... Nous nous sommes arrêtés à un premier niveau de formulation, valable dans un champ de validité donné : celui qui est accessible à l'enfant de 5^e primaire, par ses propres sens. Il va sans dire que les notions de force et de pression sont approximatives et devront être redéfinies plus tard dans un cadre plus vaste, quand les caractéristiques d'une force (point d'application, direction, sens, intensité) auront du sens pour lui.

Cette notion de « champ de validité » contribue à rassurer les enseignants du fondamental car elle l'autorise à « commencer à construire des connaissances conceptuelles sans pour cela entrer dans des détails trop fins ou un degré

⁷² DE VECCHI, G., GIORDAN, A. L'enseignement scientifique Comment faire pour que « ça marche ? » Delagrave Edition, 2002

⁷³ idem


*d'abstraction très élevé. On peut donc comprendre que **n'importe quel concept peut être abordé à n'importe quel âge**, à condition qu'il ait du sens pour les élèves, que l'on définisse un champ de validité limité (lié au vécu quotidien ou prenant des exemples proches de l'enfant) et que l'on ne soit pas trop prétentieux quant au contenu du niveau de formulation visé ».*⁷⁴

Le but des activités d'éveil scientifique en primaire serait de multiplier les expériences concrètes de l'enfant pour stimuler l'enfant dans l'expression d'un savoir provisoire. Une connaissance des objectifs disciplinaires visés à plus long terme, permet à l'enseignant de mieux percevoir la pertinence du savoir provisoire exprimé par l'enfant. Nous posons l'hypothèse que, chez ces enfants, au secondaire, le processus qui conduit à des formulations plus conceptuelles sera facilité.

4.4 Varier les formes de la structuration

La structuration peut prendre des formes variées : texte bien sûr, tableaux, dessins, schémas, graphiques... Il nous semble indispensable de varier le type d'écrits, en choisissant le mode adapté à chaque situation.

De plus, il est important de varier le statut de l'écrit : tantôt des écrits pour soi, formalisés ou non, tantôt des écrits destinés à autrui, qui seront communiqués. Ces écrits communicables seront retravaillés pour devenir des comptes-rendus, à l'image de ce que font les scientifiques. Le travail d'écriture peut être individuel ou réalisé par le groupe. Il est indispensable que l'enseignant précise à l'enfant pourquoi et pour qui il écrit.

	Structurer en réalisant un site Web
<p>- Deux enseignants qui ont participé à la présente recherche, l'un au primaire, l'autre au secondaire, ont construit avec leurs élèves un site Internet pour relater les expériences vécues en classe de sciences⁷⁵. Cette communication vers autrui est enrichissante et motivante pour les élèves. En effet, la structure très hiérarchisée de l'information dans un site et les liens à prévoir entre ces informations est un moyen particulièrement adapté pour travailler la structure d'une communication. Nous vous invitons à visiter les sites réalisés pour vous en convaincre : http://www.ompare.be et http://www.saintjo-remouchamps.ipedagogie.net/cdw/index.htm</p> <p>- À Esneux, le travail mené avec les élèves de 5^e primaire sur l'électricité s'est finalisé lors de l'exposition sur l'Energie organisée par l'ensemble de l'équipe éducative des écoles communales. L'exposition ouverte aux parents et au public durant deux week-ends montrait une maquette de maison éclairée par des circuits électriques simples munis d'interrupteurs, accompagnée de quelques panneaux explicatifs.</p>	

⁷⁴ GIOT B., QUITTRE V. – Les activités scientifiques en classes de 3^e et 4^e années primaires. Aider les élèves à structurer leurs acquis. Document à l'usage des enseignants. Chapitre II – les chemins de la structuration p.26 – Service général du pilotage du système éducatif Novembre 2006

⁷⁵ Dans le cadre du projet « Crack du Web » mené par l'asbl Hypothèse, grâce au soutien de DNS.be

5. Une gradation didactique

5.1 Articulation des activités

Les différentes activités d'expérimentation qui ont été proposées tout au long de ce travail ne suffisent pas **à elles seules** pour mener les élèves vers une démarche expérimentale, au sens entendu dans les documents officiels de référence (résoudre une énigme, répondre à un questionnement scientifique). Notre démarche n'a pas tant été de hiérarchiser ces différentes perspectives expérimentales, mais d'essayer de mieux comprendre la cohérence de chacune d'elles et de favoriser leur articulation dans toute démarche d'investigation, tant au primaire qu'au secondaire et à la transition de ces deux niveaux.

Ainsi, laisser les enfants du dernier cycle du primaire manipuler de l'eau et des objets ne sert à rien, s'il n'y a pas ensuite une investigation systématique des hypothèses ou préconceptions des enfants apparues en cours de manipulation. De même, une expérience de sensibilisation (par ex. ressentir la force de l'eau sur soi à la piscine) ne suffit pas à conduire l'enfant à l'acquisition de concepts ou de lois. Une articulation des différentes activités (et donc des différents statuts de ces activités) est strictement nécessaire.

Voici un exemple de « parcours » d'une enseignante de l'équipe, Mme Delville, et de ses classes du primaire à l'institut Saint Michel (Esneux), à travers les activités proposées et leurs différents statuts. Le parcours a été transcrit dans un tableau aménagé à partir de KOUHILA⁷⁶ et de l'« Evaluation externe en 1^{ère} année A de l'enseignement secondaire »⁷⁷.

Les différentes phases :

1. expériences pour ressentir la force de l'eau : mettre sa main gantée dans un bac à eau ; sentir la pression sur une « bombe à eau »
2. expériences pour faire porter la force de l'eau sur un objet
3. expériences pour faire tourner un objet avec de l'eau (type moulin)
4. démarche dirigée sur les engrenages (sens, vitesse)
5. défi théorique Pic et zou
6. défi expérimental : comment passer d'un mouvement vertical de la roue du moulin à un mouvement horizontal de la meule ?

⁷⁶ KOUHILA M. 2000. *Quelles activités de formation pourrait-on mettre à l'œuvre avec les stagiaires de l'ENS en vue d'assurer une adéquation entre la formation à la didactique et la pratique professionnelle au lycée ? Compte-rendu d'innovation*. Didaskalia n° 17 - octobre 2000. P : 173-193.

⁷⁷ Évaluation externe en première année A de l'enseignement secondaire : pistes didactiques. Formation scientifique. Mars 2004. Ministère de la Communauté française Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique. Service général du Pilotage du Système éducatif. 62 p.

Tests réalisés au niveau primaire / secondaire ; année(s) : 5 et 6

Etablissement : Saint Michel Esneux

	Statut	Explicitation	Engrenages	Force de l'eau	Électricité
Expérience - action	1	Expérience de sensibilisation	Motivation de la classe ; nouvelle question.		
	2	Expérience pour ressentir	perception <u>par le corps</u> des phénomènes abordés		1
	3	Expérience « pour voir » dans un défi expérimental	Essai plutôt informel ; se familiariser avec un concept		2 — 3
	4	Expérience spectacle	Présenter un phénomène pour provoquer l'étonnement		
Expérience - outil	5	Expérience illustrative réalisée par l'animateur à distance	Illustrer un concept, un phénomène. Mettre en évidence une loi.		
	6	Expérience illustrative réalisée par l'élève.	faire redécouvrir une loi ; protocole donné. Les résultats sont prévus par l'animateur		
Expérience - objet	7	Expérience « pour prouver »	<u>Concevoir une expérience</u> afin de vérifier une hypothèse formulée. L'animateur est associé dans le processus de recherche		
	8	Expérience de validation d'un résultat, d'une prédiction, dans le cadre d'un défi théorique.	Règles ou lois connues. Expérience proposée pour valider le résultat obtenu (voir si le résultat prédictif est juste)		

Un autre exemple de parcours au secondaire, à l'Athénée d'Esneux chez Mme de Bouharmont :

Phases :

1. Expérience-action « pour voir » : manipulation libre des engrenages
2. Expérience-outil : découverte du sens et de la vitesse de rotation des roues
3. Expérience-action « pour voir » : découverte du changement de plan de l'axe de rotation
4. Expérience-objet « pour prouver » : découverte du vélo et de l'utilité des pignons et plateaux

On voit par ce parcours que des allers-retours sont tout à fait possibles entre les différents statuts de l'expérience. De même, on remarque que l'enseignante a choisi de permettre à ses élèves de découvrir librement les engrenages avant de se lancer dans un apprentissage plus formel et plus guidé. Aux dires de l'enseignante elle-même, ce n'est en rien du temps perdu, mais une avance pour la suite...

La manipulation concrète du vélo clôturait ce parcours : redécouverte d'un objet familier et surtout, mise au point d'une expérience-objet pour prouver l'importance des pignons et plateaux, étape la plus difficile à construire pour les élèves.

Tests réalisés au niveau ~~primaire~~ / secondaire ; année(s) : 2

Etablissement : AR Esneux

	Statut	Explicitation	Engrenages	Force de l'eau	Électricité	
Expérience – action	1	Expérience de sensibilisation	Motivation de la classe ; nouvelle question.	1		
	2	Expérience pour ressentir	perception <u>par le corps</u> des phénomènes abordés			
	3	Expérience « pour voir » dans un défi expérimental	Essai plutôt informel ; se familiariser avec un concept	3		
	4	Expérience spectacle	Présenter un phénomène pour provoquer l'étonnement			
Expérience – outil	5	Expérience illustrative réalisée par l'animateur à distance	Illustrer un concept, un phénomène. Mettre en évidence une loi.			
	6	Expérience illustrative réalisée par l'élève.	faire redécouvrir une loi ; protocole donné. Les résultats sont prévus par l'animateur	2		
Expérience – Objet	7	Expérience « pour prouver »	<u>Concevoir une expérience</u> afin de vérifier une hypothèse formulée. L'animateur est associé dans le processus de recherche	4		
	8	Expérience de validation d'un résultat, d'une prédiction, dans le cadre d'un défi théorique.	Règles ou lois connues. Expérience proposée pour valider le résultat obtenu (voir si le résultat prédictif est juste)			

5.2 Du primaire au secondaire

Comme il a été dit plus haut, chaque stade d'une démarche est important et nécessite d'avoir été vécu par l'enfant le long de son cursus scolaire. Ainsi, l'enfant qui au début du secondaire n'a pas encore eu l'occasion de manipuler pour ressentir ou pour voir ne pourra pas accéder facilement aux étapes suivantes de la démarche expérimentale. Comment savoir mettre en place une expérience sur la force de l'eau sans jamais l'avoir ressentie ? Comment résoudre un défi théorique⁷⁸ sur les engrenages sans avoir manipulé ceux-ci auparavant ? Bien que ces étapes de manipulations libres pour ressentir et pour voir prennent toute leur place au primaire, il est important d'en faire au moins des rappels ou des évocations plus rapides au secondaire. Trop souvent, ces étapes sont mises de côté par les enseignants car elles consomment du temps et peuvent paraître aux yeux de certains élèves un peu « bêtes ». Pourtant, il n'en est rien.

5.3 Passer de l'expérimentation dirigée à l'expérimentation autonome

Dans le secondaire, comme nous l'avons déjà mentionné, les pratiques de classe laissent peu de place aux démarches de découverte plaçant l'élève dans la situation de concevoir un protocole d'expérience en rapport avec les hypothèses posées. Daphné Orban, étudiante en régentat sciences, associée au groupe de recherche-action, propose dans son travail de fin d'étude⁷⁹ une démarche permettant de passer graduellement d'un mode de fonctionnement dirigé (expérience-outil) comparable à ce que les élèves avaient vécu jusqu'à présent, à une expérimentation où chacun est autonome. L'objectif était de faire prendre conscience aux élèves de l'importance de faire varier un seul facteur à la fois et de penser à la procédure la plus adaptée pour contrôler au mieux les variables.



« Expérimentons l'Expérimentation ! »
Travail réalisé par Daphné Orban en vue de l'obtention du diplôme A.E.S.I en sciences – Année 2006-2007

« ...Tout au long d'une séquence portant sur la propagation de la chaleur et les matériaux conducteurs et isolants, j'ai voulu amener les élèves à travailler par eux-mêmes, à être capables d'imaginer des dispositifs expérimentaux et à travailler de façon rigoureuse.

En variant les types d'expériences proposées, en plaçant les élèves en situation de conception d'un protocole expérimental plutôt que d'exécution d'un protocole pré-établi, en les perturbant afin de les obliger à réfléchir sur leurs pratiques afin qu'ils perçoivent les critères de rigueur nécessaires à l'élaboration d'une expérience valide, en passant par des débats et des critiques de démarches menées en classe, j'ai voulu faire évoluer

⁷⁸ Un problème est posé sur papier et demande une réflexion mentale sans matériel disponible

⁷⁹ ORBAN D. – 2007 – « Expérimentons l'expérimentation » : Travail réalisé par en vue de l'obtention du diplôme A.S.E.I en sciences - HE ISELL - rue Hors château ,61 4000 Liège

l'image linéaire que les élèves avaient des sciences et la leur faire apparaître comme un vrai processus de recherche, mais également leur faire acquérir une démarche scientifique rigoureuse et leur permettre d'exercer leur esprit critique.(...)

Pour ce faire, il a fallu construire une gradation des expériences proposées afin d'éviter que les élèves, peu habitués à travailler par la recherche, soient amenés à effectuer des activités dont ils ne comprennent pas le sens et qui n'auraient dès lors eu aucune efficacité dans la construction d'une démarche expérimentale rigoureuse».

Nous vous invitons à consulter sur le site interactif de la recherche-action⁸⁰ cette gradation intéressante et son analyse.

Une activité dans cette séquence est particulièrement intéressante car elle a permis aux élèves d'appliquer un recul critique sur leurs propres pratiques. Le compte-rendu de cette partie de la séquence vous est présenté ci-dessous. Dans cette démarche, un temps est consacré à la prise de risque de l'élève et à la possibilité de vivre des erreurs constructives. Les élèves sont amenés à prévoir une expérience et la réaliser en choisissant le matériel nécessaire. Mais le matériel proposé est inadéquat et ne permet pas une expérimentation rigoureuse. Vont-ils s'en rendre compte ?



De l'expérience pour voir à l'expérience pour prouver
Sujet : les conducteurs thermiques

Analyse à priori :

Dans cette activité, la transition entre l'expérimentation directive et l'expérimentation autonome est continue. L'élève est à présent appelé à réfléchir lui-même et à concevoir une expérience qu'il pourrait mener afin de vérifier l'hypothèse. Il n'est cependant pas encore tout à fait autonome ; c'est toute la classe qui réfléchit à une expérience et non l'élève seul.

Le fait que l'expérience ne soit pas valable va permettre au professeur de mener une discussion critique de l'expérience réalisée et de faire réfléchir les élèves sur ce qu'ils doivent mettre en place pour qu'une expérience soit rigoureuse.

Objectif : Permettre à l'élève de prendre conscience de l'importance de faire varier une seule variable à la fois lors d'une expérimentation, d'utiliser un matériel adéquat en fonction du paramètre étudié, de penser la procédure afin de contrôler au mieux les variables.

Description de l'activité :

Le professeur rappelle l'expérience qui a été faite pour illustrer la propagation de la chaleur par conduction et pose une nouvelle question : « *Tous les matériaux permettant à la chaleur de se propager de proche en proche conduisent-ils la chaleur de la même manière ?* ».

Les élèves proposent des expériences permettant de vérifier l'hypothèse et le groupe se met d'accord sur une expérience commune : plonger 3 barres constituées de matériaux différents dans de l'eau bouillante et fixer un bouton sur chacune à l'aide de cire de bougie. Ils espèrent ainsi prouver que des matériaux différents conduisent différemment la chaleur. Le matériel est ensuite distribué par le professeur et les élèves réalisent l'expérience par paires.

⁸⁰ <http://www.hypo-these.be>

Remarque : Volontairement, le matériel distribué par le professeur ne permet pas une expérimentation rigoureuse. En effet, les barres n'ont pas le même diamètre. De plus, les élèves ne réfléchissent pas assez à l'expérience pour pouvoir mettre en place certaines choses indispensables à une expérimentation rigoureuse. En effet, ils ne placent pas les boutons à la même hauteur sur chaque objet, n'utilisent pas la même quantité de cire pour chaque bouton, placent les barres avant que l'eau ne soit chaude et ne chronomètrent pas...

Pour le cours suivant, les élèves doivent rédiger le rapport de laboratoire ainsi qu'un commentaire concernant la validité de l'expérience et ce qui devrait être mis en place pour l'améliorer. Par cette consigne, l'enseignante donne la permission aux élèves de critiquer la démarche suivie lors de l'activité.

Analyse :

Devant le protocole imprécis et le matériel inadéquat, aucun élève n'a émis d'objection ; ils se lancent tous dans l'action. Pendant celle-ci, aucun élève ne se questionne sur la validité de la manipulation et des constats. Ils réalisent l'expérience sans se soucier du fait que plusieurs facteurs varient en même temps (quantité de cire, section des barres, taille et position des boutons ...).

Pourtant, devant la grande différence de section des barres utilisées, l'enseignante avait imaginé qu'ils réagiraient à cette aberration.

Ce manque d'esprit critique et cette confiance aveugle dans les activités proposées par le professeur sont certainement dus, en partie, au contexte scolaire : les élèves sont très souvent mis dans des situations linéaires dirigées, où les protocoles sont prévus, ce qui ne leur permet pas de développer un esprit critique. Ils sont très rarement mis en situation d'apprendre à concevoir des protocoles expérimentaux. De plus, les expériences proposées par les professeurs sont toujours des expériences qui fonctionnent. L'élève n'est que rarement sollicité pour émettre un avis critique sur ce qui lui est proposé. Dès lors, l'élève ne doit pas réfléchir à ce qu'il fait et se conforte dans cette attitude passive. Les enseignants, en appliquant cette procédure linéaire, croient cependant apprendre aux élèves à réaliser des protocoles expérimentaux.

Cet extrait permet de se rendre compte que passer d'un statut d'expérience-outil à une expérience-objet est difficile pour l'élève. Il ne suffit pas d'essayer une fois pour que cela fonctionne. L'enseignant devra travailler de manière progressive en se fixant un objectif à la fois et en acceptant de « perdre du temps » à analyser les démarches vécues pour faire progresser au mieux ses élèves. Mais s'agit-il vraiment d'une perte de temps ? Si l'on vise la maîtrise des savoir-faire, il faut s'en donner les moyens et accepter que cet apprentissage soit coûteux en temps.

5.4 Et dans les livres scolaires ? Quel statut pour quelle expérience ?

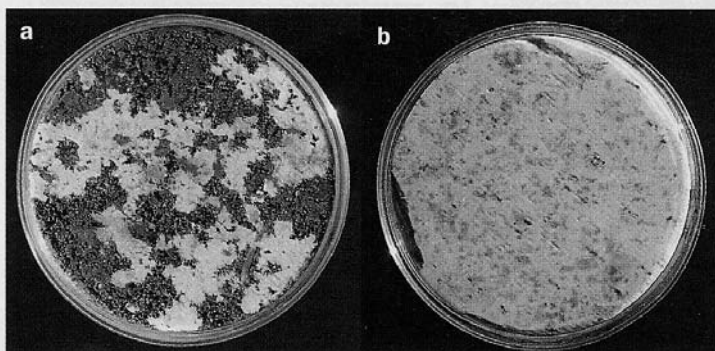
Voici trois approches différentes du même sujet de leçon : *les décomposeurs*.



Document 1 : Les décomposeurs version protocole expérimental (Duco A., 2002)⁸¹.

Protocole expérimental Doc. 5

- 1** Placer un disque de papier filtre (à base de cellulose) sur le fond d'une boîte de Pétri.
- 2** Recouvrir de terreau de jardin humide.
- 3** Placer à l'étuve durant une semaine.
- 4** Réaliser la même expérience avec de la terre stérilisée. Conclure.



5 La décomposition expérimentale de la cellulose: après une semaine avec du terreau (a), avec de la terre stérilisée (b). La cellulose est un polymère (molécule ramifiée à base de monomères de glucose: $[C_6H_{10}O_5]_n$). C'est le principal constituant de la biosphère. Environ 10^{15} kg de cellulose sont synthétisés et dégradés sur Terre chaque année.

Doc. 7: La décomposition de la production primaire.

2. Démarche scientifique : La partie B expose les mécanismes de cette décomposition, puis généralise l'importance de ce phénomène à l'échelle du globe.
3. Conseils et documents complémentaires. L'expérimentation concernant la dégradation de la cellulose nécessite une bonne semaine d'incubation. Si ce chapitre est traité en premier, il est préférable de préparer quelques boîtes avant la rentrée, pour qu'elles soient disponibles au moment voulu.

⁸¹ DUCO A., 2002. Sciences de la vie et de la Terre. Terminale S. Spécialité. Belin. Paris. 287p. (p : 13) et Duco et al., 2002. SVT Term. S Spécialité. Livre du professeur. Sciences de la vie et de la Terre. Belin. P. 172 (p : 11)



Document 2. Les décomposeurs version Calmettes B et al., 2005⁸².



ÉDUCATION À
L'ENVIRONNEMENT

Le rôle discret mais efficace des décomposeurs

INTERROGE-TOI

Avant d'étudier les documents...

■ Sais-tu ce que deviennent les feuilles des arbres qui tombent à l'automne ?



■ Cherche dans la litière de feuilles mortes qui recouvre le sol d'un jardin ou d'une forêt, les petits animaux qui y vivent.

■ Dans un aquarium, mets une couche de feuilles mortes d'une dizaine de centimètres d'épaisseur. Ferme l'aquarium avec une feuille de matière plastique afin de maintenir l'humidité. Observe régulièrement ce que deviennent les feuilles.

Activités

Document 1 :

- Résume en une phrase les informations qui te semblent les plus importantes dans le texte de B. Fischesser.

Document
1

Quelques habitants des feuilles mortes.



« Il y a plus d'organismes vivants dans un hectare de forêt que d'humains sur l'ensemble du globe. Un gramme de sol peut abriter jusqu'à trois milliards de micro-organismes.

Un hectare de forêt renferme près de 600 kilogrammes de vers de terre, avec un effectif approchant la population de Marseille. Les vers de terre sont capables de transporter 1 000 tonnes de terre par an. »

D'après Bernard Fischesser



⁸² Calmettes B, Canal J-L, Coqblin M-J, Lamarque J, Margotin-Passat M, Pierrard M-A, Tavernier R, 2005. Sciences expérimentales et technologie. CM2 cycle 3. Bordas. P : 32-33.


Document 3 les décomposeurs : version De Vecchi G, 2004⁸³.

DES FEUILLES... QUI DISPARAISSENT?

Description résumée de la démarche :

Objectifs : Comprendre que les feuilles constituant la litière d'une forêt se décomposent. Savoir quelles sont la composition et l'origine du sol. Prendre conscience que c'est un milieu de vie très peuplé.

Niveau 6^e de collège.

Situation-problème 1 : Chaque année, un chêne perd ses feuilles en automne. Sous l'arbre, on voit 20 cm de feuilles mortes. En combien d'années, un élève de 6^{ème} qui mesure 1,40 m, sera-t-il recouvert? La calculatrice est autorisée.

Les élèves n'envisagent pas le phénomène de décomposition des feuilles. En grande majorité, ils font un calcul ($1,40 : 20$ ou $20 \times \dots = 1,40$ m).

Pour les aider, je leur dis : « 1,40 m, c'est la même chose que 140 cm. » La réponse est alors trouvée plus facilement : 7 ans. Quelques élèves par groupe disent ne pas pouvoir répondre puisqu'ils ne mesurent pas 1,40 m! Ils font le calcul pour 1,50 m au 1,60 m. Un élève répond : « C'est des maths ! » Un autre, qui l'a entendu, lui dit : « Mais non, on parle de feuilles et d'un arbre ! »

Aucun élève ne trouve ma question bizarre. Puisque tous ont réfléchi et trouvent une ou des solutions, je leur dis : « je vais vous donner un renseignement ».

Situation-problème 2 :

Qui est déjà allé dans la forêt voisine? Tous! Donc vous allez vite trouver la réponse ! Sachant que dans la forêt voisine, on voit des chênes qui ont 300 ans, quelle hauteur de feuilles mortes y a-t-il en dessous ? calculatrice autorisée. Ils me répondent : « C'est facile, vous nous aidez ! ».

Et tous font la multiplication: $20 \text{ cm} \times 300 \text{ ans} = 6\,000 \text{ cm}$. Qui a trouvé la réponse? (Je ne dis pas laquelle !) Tous sont contents. Je précise alors : « $6\,000 \text{ cm} = 60 \text{ m}$. » Un élève me dit : « ça fait comme la tour Eiffel ! » Je précise: « Non, mais c'est comme 10 collèges superposés. » Ils réalisent alors que cela n'est pas possible... mais pas pour la raison à laquelle je pense. Pour eux, ce n'est pas 20 cm de feuilles mortes qui étaient tombés, mais beaucoup moins. Je me suis donc trompé ! Ils refont le calcul avec 10 cm, puis 5 cm... Cela n'est pas satisfaisant!

Situation-problème 3 : Mais alors, où sont passées les feuilles ?

Leurs réponses sont diverses...

- Les feuilles sont utilisées : « Les feuilles sont ramassées par les gens au par un homme » (un balayeur comme dans les jardins publics!); « On les utilise pour faire du papier, du terreau (orthographe : terro, terrot, terreaux, en terrau), de la terre. » - Les feuilles disparaissent : « C'est le vent qui les emporte » ; « Elles sont balayées par le vent » ; « La plupart des feuilles sont en miettes » ; « Elles s'éparpillent dans la forêt » ; « Elles entrent en terre » (sous-entendu, on les piétine et elles s'enfoncent).

- Les feuilles sont consommées : « Les animaux les mangent » (précisions demandées et apportées : les renards, les oiseaux, les petites bêtes, les « verres » de terre, les « bactériens » !). - Les feuilles « se décomposent » (Peu d'élèves - entre 5 et 10 % -

⁸³ De Vecchi G, 2004, Une banque de situations-problèmes. Tous niveaux. Vol.1. Hachette Education. Paris. P : 94-96.

fournissent cette explication).

Les hypothèses sont posées. Des recherches vont les mettre à l'épreuve.

Obstacles et ruptures : Les élèves n'envisagent que très difficilement la décomposition des feuilles et leur absorption comme « nourriture » par les végétaux verts. « Se nourrir de terre, c'est sale »... mais ce n'est pas le cas si elles se nourrissent d'engrais ! Il n'est pas question, à cet âge, d'aborder ces problèmes dans le détail. Par contre, observer une coupe du sol, puis en analyser les composants en classe, permet de prendre conscience que ce sol est constitué de plusieurs couches, chacune étant formée d'un mélange de composants organiques (restes d'animaux et de végétaux) et de composants minéraux (provenant des roches du sous-sol). Le sol contient en outre un grand nombre d'animaux (microfaune du sol) et de végétaux (bactéries et champignons). Ceux-ci sont responsables de la décomposition de la litière et de sa transformation progressive en humus.

On voit dans ces exemples qu'il faut être très attentif à la façon dont le problème est posé et dont la démarche est suggérée ou imposée à l'élève.

Le document 1 s'adresse à des élèves du secondaire. Une expérience est suggérée, mais les informations à recueillir sont déjà présentes, clairement. L'enseignant peut, s'il le souhaite vraiment, faire les expérimentations avec ses élèves, mais il n'en a pas besoin.


Une autre approche est suggérée dans le document 2, qui s'adresse à des élèves du primaire. Posons-nous d'abord les questions, avant d'aller plus loin. « *Interroge-toi... avant d'étudier les documents...* ». Ici, une démarche un peu plus ouverte est suggérée directement à l'élève, acteur de son apprentissage. L'enseignant ne consacrerait peut-être pas de temps à cet encart du livre, mais l'élève est libre de faire ses propres recherches. Bien entendu, la suite des apprentissages est présente sur la même page : réponse tacite à la question posée dans l'encart...

Le dernier document (3) s'adresse directement à l'enseignant et pas uniquement du fondamental. Il suggère, par témoignage interposé, de laisser les élèves mener une réflexion sur le sujet, avant tout apport de concepts ou de contenus. On part de l'élève, de ses représentations pour le mener vers la question à se poser et surtout les démarches à faire pour y répondre.

Il n'y a pas la « bonne » technique, mais il faut savoir ce que l'on met en jeu avec les élèves, en fonction de la présentation d'un document papier.

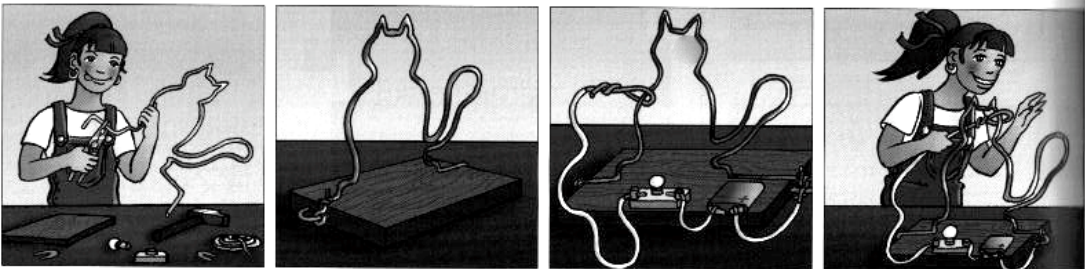
Un autre exemple, dans le domaine de l'électricité.

Deux enseignantes de l'équipe avaient l'habitude d'introduire la notion de circuit électrique en demandant aux élèves (secondaire) de construire le jeu du « fil qui chante ». Les consignes et le matériel étaient fournis aux élèves. Cette façon de faire, semblable à celle présentée dans le document 4, consiste en une expérience-outil, selon la gradation construite ensemble : l'élève est un exécutant, il applique le protocole donné.



Document 4 : l'électricité, extrait de BOËCHE S. et al. 2004⁸⁴.

Réalise un jeu électrique.
 Matériel : une planchette – une pile de 4,5 V – une ampoule et sa douille – du fil de métal rigide – du ruban adhésif – un marteau – une pince – 2 crampons en U – 3 morceaux de fil électrique aux extrémités dénudées, dont un de 50 cm de long.



1. Avec la pince, donne une forme au fil rigide (animal, monument...), en prévoyant plusieurs courbes. Fais un crochet aux extrémités.

2. Fixe cette forme sur la planchette avec les crampons en U.

3. Fais une boucle (d'environ 1 cm de diamètre) à l'extrémité du fil électrique le plus long. Puis réalise les branchements comme indiqué sur le dessin.

4. Déplace la boucle sans allumer l'ampoule. La boucle joue le rôle d'interrupteur : quand elle entre en contact avec le fil de fer, elle ferme le circuit et l'ampoule s'allume.

Que nous apprend cet extrait ?

📌 **L'enfant est un exécutant.** Il agit en suivant les indications qui lui sont fournies. L'activité s'apparente à un bricolage « scientifique ». Il doit être rigoureux et précis, en respectant les consignes qui lui sont données.

📌 **Le questionnement de l'enfant** est peu présent, voire inexistant, et non pris en compte dans la démarche proposée.

📌 **L'explication scientifique (le contenu matière)** est donnée à l'enfant. Dans cet exemple, elle apparaît à la fin de la marche à suivre. Dans d'autres cas, elle est proposée dans un encart situé, soit avant, soit après l'activité.

L'implication de ces deux enseignantes dans le travail de recherche les a amenées à modifier leur façon de faire. Elles ont décidé de changer le statut de leur séquence expérimentale en évoquant le jeu à construire et en fournissant aux élèves un matériel vaste et varié, pas nécessairement utile à la réalisation. Les élèves devaient donc réfléchir à la conception du jeu et assembler eux-mêmes le matériel sélectionné par leur soin. Ici, l'expérimentation s'apparente


⁸⁴ BOËCHE S. et al. 2004. – Sciences – cycle 3 – Collection « A nous le monde » - Sedrap.

davantage à une expérience-action : l'élève procédait par essais et erreurs pour monter lui-même le dispositif.

On pourrait même imaginer de demander à l'enfant d'imaginer le dispositif, de le dessiner avant de passer à la phase de réalisation. Dans ce cas, on se rapproche de l'expérience-objet. C'est la démarche qui est suggérée dans le document 5. L'auteur demande à l'enfant de réfléchir au dispositif évoqué par ce jeu, avant de se lancer dans sa réalisation concrète. Bien sûr, le manuel donne la liste du matériel utile et propose un exemple de réalisation, mais il laisse tout de même la possibilité aux élèves (et à l'enseignant) de faire émerger leurs représentations avant l'apprentissage.

Document 5 : l'électricité, extrait de GRATIAN M., et al. (2004)⁸⁵

1 J'observe et je réfléchis.



1. Comprends-tu la règle du jeu auquel jouent ces enfants?
À ton avis, comment ce jeu fonctionne-t-il? Peux-tu imaginer ce qu'il y a dans la boîte?

2. Note dans ton cahier d'expériences tes remarques et tes questions.

En tant qu'enseignant, il faut donc être très attentif à la façon de proposer l'activité aux élèves, puisque, selon la formulation même de la consigne, suivant le matériel que l'on va mettre à disposition des élèves, le statut de leur apprentissage scientifique expérimental va changer.

Ces considérations sur le statut de l'expérience vont plus loin que l'on ne pourrait l'imaginer car, suivant la manière de concevoir et d'animer les activités scientifiques, c'est l'image des sciences véhiculée auprès des élèves qui diffère.


⁸⁵ GRATIAN M., MATEU I., MORVAN M. et MORVAN Y., (2004). J'apprends les sciences par l'expérience - Cycles 2 et 3 - Ed. Belin


6. Position épistémologique du savoir enseigné

Selon la manière de concevoir et d'animer des séances d'apprentissage en sciences, les enseignants véhiculent, le plus souvent à leur insu, une image de la science. La place donnée à l'expérience renforcera également certaines conceptions de la science.

Par exemple, lorsque l'enseignant propose à l'élève un protocole préétabli dont les résultats illustrent une loi ou un phénomène qu'il veut mettre en évidence (expérience-outil), la connaissance scientifique est alors présentée comme l'interprétation univoque des résultats observés. Autrement dit, le réel semble se comporter comme dit la loi.

Dans un souci de clarté, les connaissances sont amenées de façon très linéaire, structurée, comme coulant de source. Loi et réalité se confondent, la science apparaît comme dogmatique et se rapproche du courant positiviste. Or, nous trouvons qu'il est important, comme le défendent la plupart des chercheurs en didactique des sciences, d'inscrire notre enseignement dans un courant constructiviste. Il nous importe également de montrer comment la connaissance est et *n'est qu'une* modélisation du réel, une construction collective, une écriture du réel (écriture rigoureuse, il faut d'ailleurs en apprendre la grammaire !), mais qui n'est pas le réel. Cette vision bien plus créative de la science permet à l'enfant de se projeter comme scientifique potentiel. Lire le réel s'apprend, comme le reste. On est loin de cette représentation du scientifique - savant fou, être d'exception - qui aurait des lunettes particulières pour deviner lois et théories !

 « Le **courant positiviste** est important dans l'histoire de l'épistémologie. (...) Cette représentation estime découvrir les lois de la nature et de la société, en partant des phénomènes. Elle a peu à peu donné naissance au positivisme « vulgaire » qui est devenu la philosophie spontanée de beaucoup de scientifiques. Il s'agit d'une croyance selon laquelle la science découvre les lois universelles et éternelles de la nature, d'une façon méthodique et rationnelle. LA science permettrait ainsi d'atteindre une vérité aussi objective que possible, même si l'on sait que cette proposition est provisoire et que l'on peut être amené à en adopter une autre, plus conforme à ce que nous dicte la « réalité » des choses » (LAROCHELLE & DESAUTELS, 1992).⁸⁶

 « Le **courant constructiviste** « propose un nouveau scénario dans lequel le « sujet-en-quête-de-connaissance », les « choses-à-connaître » et « le processus de connaître » se redéfinissent mutuellement par les nouvelles relations qui s'établissent entre eux. Dans ce scénario, les connaissances n'existent pas en soi parce qu'elles ne peuvent être que construites par le sujet à travers l'expérience qu'il fait du monde dans lequel il vit. (...) ».

Donc, et contrairement au courant positiviste : « La connaissance entendue comme une copie plus ou moins achevée de la réalité n'a pas de sens puisque

⁸⁶ LAROCHELLE M., DESAUTELS J, 1992. Autour de l'idée de science. De Boeck.

nous n'avons accès à la réalité que par nos représentations » (LAROCHELLE & DESAUTELS, 1992).

Beaucoup de manuels de sciences, utilisés notamment au premier degré du secondaire, proposent une ou plusieurs expériences ou observations à réaliser ; des résultats à collecter ou des comparaisons à faire et une connaissance scientifique est amenée comme conclusion. Une analyse comparative de manuels scientifiques scolaires français (GALIANA, 1999)⁸⁷ a montré que sur un plan de la logique expérimentale, les manuels présentent fréquemment des interprétations abusives et une imposition dogmatique du savoir sous couvert de l'expérience. Cette étude dénonce les problèmes en termes d'apprentissage des méthodes de redécouverte par l'élève et de l'utilisation exclusive des processus inductifs dans la présentation. Les démarches proposées ne permettent pas de rendre compte du travail scientifique dans toute sa richesse.

Plusieurs remarques peuvent être exprimées à partir de l'exemple présenté à la page suivante.

Tout d'abord, du point de vue de l'apprentissage, il faut souligner qu'un saut conceptuel important est demandé à l'élève pour passer des résultats à leur interprétation (passer du glaçon qui fond plus vite ou moins vite sur différentes matières à la conductivité thermique spécifique de chacune d'elle !). La réponse finalement apportée par l'enseignant est, pour l'élève, une réponse parmi d'autres possibles. L'élève est, il faut bien l'avouer, placé dans une situation de soumission devant l'interprétation apportée (imposée) par l'adulte « qui sait » ce qu'il faut mettre dans la case vide titrée : « conclusion ».

Devant ces manuels présentant des vides à remplir à la suite de questions et d'observations et d'expériences à réaliser, les enseignants eux-mêmes se disent bien incapables d'animer le cours s'ils n'ont pas le manuel « corrigé à destination du professeur » qui présente les réponses attendues dans les cases vides...

Si ce système livre des connaissances très structurées, il exprime par ailleurs une vision très dogmatique de la science, plaçant l'apprenant dans une position de soumission par rapport au savoir scientifique ou aux scientifiques qui eux, savent.


Cette démarche permet l'apprentissage de savoirs scientifiques chez les élèves qui perçoivent les attentes du professeur ou chez ceux qui ont assez de référents pour accepter comme étant logique, la conclusion présentée. Par contre, ceux (nombreux !) qui veulent jouer le jeu impossible d'induire un modèle explicatif à partir des situations telles que cela leur est demandé, échouent dans l'exercice et considèrent le cours de sciences comme une « *activité mentale qui n'est pas de leur ressort* ». **On peut peut-être trouver là une cause possible d'un certain décrochage en sciences...**

⁸⁷ GALIANA, 1999. *Les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées*. ASTER n°28



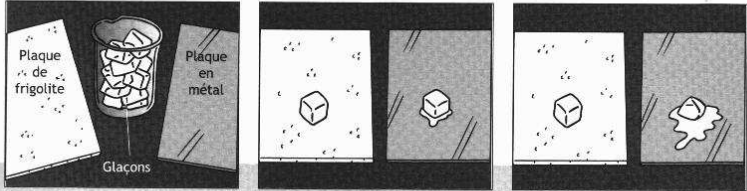
Exemple d'activité proposée au premier degré du secondaire (SCULIER, 2002 : p. 53)⁸⁸

Version élève

 **V. CONDUCTEURS ET ISOLANTS THERMIQUES**

A. Expérimentation 1

À l'aide des illustrations suivantes, rédige un rapport dans la fardes. Celui-ci reprendra le matériel utilisé, le mode opératoire, les observations et une conclusion. Tu peux réaliser cette expérience toi-même.



B. Expérimentation 2

À l'aide du matériel suivant, imagine et réalise une expérience qui montre qu'une vitre épaisse arrête le rayonnement : rédige un rapport reprenant le mode opératoire, les observations et une conclusion.

1. Matériel
Une bougie, une vitre épaisse (plaque en verre ± 30 cm sur 30), des allumettes.

2. Mode opératoire

3. Observations et conclusion

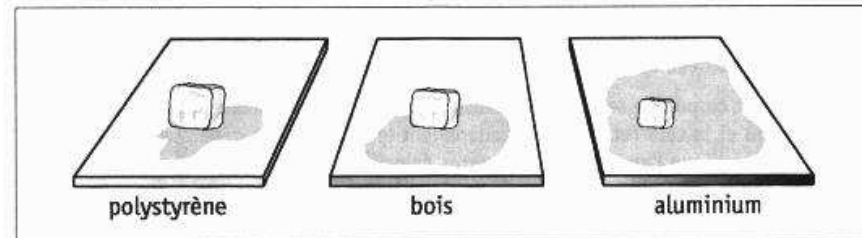
Version corrigée

B. Conductivité thermique de différents milieux

① Situation-problème.

La bouteille thermos empêche la chaleur ambiante d'atteindre le liquide qu'elle contient alors que les glaçons placés dans la soucoupe, au contact de l'air chaud ambiant, fondent.

④ Schéma expérimental.



P 84.

⑤ Résultat expérimental.


Le glaçon fond le plus rapidement sur l'aluminium puis sur le bois et enfin sur le polystyrène.

⑥ Interprétation du résultat expérimental et généralisation.

L'aluminium conduit très bien la chaleur ambiante et le glaçon fond rapidement alors que le polystyrène la conduit mal ; le bois se situe entre ces deux extrêmes. Les corps ont une conductivité thermique différente. S'ils sont bons conducteurs de la chaleur, ils auront une conductivité thermique importante et réciproquement.

⁸⁸ SCULIER D. & WATERLOO D., 2002. Sciences et compétences au quotidien. Corrigé et notes pédagogiques. De Boeck. P. : 52-53.

Par ailleurs, la connaissance scientifique est présentée dans la conclusion comme une vérité univoque. Le manuel présente donc la connaissance scientifique construite comme l'unique modèle explicatif qui découlerait des observations.

 Or, comme le précise Fourez⁸⁹ lorsqu'il définit l'induction, «*étant donné un nombre fini d'observations, il y a toujours une infinité de modèles qui peuvent en rendre compte (comme il y a une infinité de récits d'un évènement)... Il y a généralement abus de langage quand on semble prétendre qu'un certain nombre d'expériences conduisent à un seul modèle. Il n'est pas correct de dire que « ces expériences montrent que tel modèle est le bon » ; il serait plus correct de dire « ce modèle rend assez bien compte de ces expériences »*».

Dans l'exemple cité plus haut, les expériences mentionnées ne « prouvent » pas que les matières ont une conductivité thermique différente, mais elles « aident à nous convaincre » que le modèle théorique que les scientifiques ont construit est fécond !

La nuance est très importante et l'enseignant doit la percevoir s'il veut donner une image plus créative de la science. S'il veut, comme l'auteur de l'analyse comparative de manuels mentionnée plus haut⁹⁰, faire passer que « *l'expérimentation scientifique, plus qu'une démarche, est un processus qui permet d'aboutir à la construction de connaissances nouvelles* » et que « *c'est à ce titre de processus dynamique et producteur de savoir qu'elle doit être appréhendée par les élèves, car l'enjeu est de taille : redonner aux jeunes le goût de faire des sciences.* »

En effet, ces démarches faussement inductives, ne permettent finalement pas une implication et une participation. Elles ne mobilisent pas l'enfant.

Les analyses critiques actuelles de l'enseignement scientifique concernent essentiellement des situations du secondaire. La tendance étant d'amplifier le temps consacré aux apprentissages en sciences dans le fondamental, nous pouvons nous inquiéter de voir apparaître les mêmes écueils dans les démarches qui fleuriront au primaire.

De nombreux livres d'éveil qui apportent des idées pratiques aux enseignants et des interprétations théoriques simplifiées, sont d'ailleurs porteurs de mêmes avatars en matière de conception de la science : protocole à suivre, observations bien choisies comme preuves induisant une théorie explicative présentée comme la vérité, peu de liens entre le nouveau savoir et l'utilité de cette connaissance dans la société. Le tout donne une image idéalisée de la science, excluant toute controverse et polémique.

Dans ce travail de recherche-action mené avec les enseignants du primaire et dans l'objectif d'établir des repères méthodologiques en matière d'apprentissage de savoirs et savoir-faire en sciences expérimentales, nous avons cherché des pistes concrètes pour :

- éviter le dogmatisme ;
- éviter le saut trop important entre l'activité proposée en classe et le « savoir savant » imposé ensuite ;

⁸⁹ FOUREZ G, ENGLEBERT V., MATHY P, 1997. Nos savoirs sur nos savoirs. De Boeck

⁹⁰ GALIANA, 1999. Les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées. ASTER n°28

- éviter de piéger l'élève dans des processus faussement inductifs ;
- donner des sciences une image d'une activité mentale créative dans laquelle tous peuvent participer ;
- sortir du savoir notionnel scolaire et inscrire les apprentissages dans leur utilité sociétale ;
- passer d'une vision dogmatique des sciences à une vision constructiviste (passer de « la science qui explique le réel » à « la science qui permet de construire des modèles explicatifs du réel »).

Voici deux de ces pistes, présentées ci-après.

Piste°1: Constater plutôt que théoriser !

Certains enseignants redoutent ce moment où il faut passer de l'action menée à la structuration. Certains expriment la crainte de ne pouvoir donner d'explications justes aux situations vécues. Nous prenons le parti de dire qu'en primaire, la structuration repose essentiellement sur les **constats** et, comme dit plus haut, elle doit respecter un niveau de formulation accessible. Quelques interprétations peuvent être suscitées, mais sans dépasser le champ de référence de l'enfant. Le travail de l'animateur sera d'aider l'enfant à préciser l'idée et à l'exprimer pour tous dans un langage accessible. Il s'agit de vérifier que le constat est bien en accord avec ce qui a été réalisé et observé et non de donner l'explication toute faite des scientifiques sur le sujet.



Dans l'exemple ci-dessous, l'enseignant aide à exprimer l'idée et ce qui est noté au cahier ne comporte pas d'explications scientifiques complexes.

Les constats :

Ce 20 Février 2007, les élèves de 6° primaire de l'école « Y » ont construit des roues à l'aide de matériaux divers. Ils ont constaté que:

1. Lorsque l'eau tombe de plus haut, la roue tourne mieux, mais lorsque l'eau tombe de trop haut, la roue ne tourne plus très régulièrement.
2. S'il y a trop peu de pales (4 pales) la roue ne tourne pas bien. Le mouvement est saccadé (irrégulier). La roue avec 8 pales présente par contre un mouvement régulier. S'il y a trop de pales (16 pales), la roue ne tourne pas mieux qu'avec 8 pales.
3. La roue du groupe 2 et celle du groupe 3 ont le même nombre de pales et pourtant celle du groupe 2 tourne bien mieux.
4. Les roues tournent grâce à l'eau qui tombe, mais aussi si on souffle sur la roue.

Les idées que l'on a eues par rapport à ces constats :

1. X et V ont vu qu'il y avait plus d'éclaboussures quand l'eau tombait de trop haut, peut-être que cela empêche la roue de tourner correctement.
2. Quand il y a trop de pales, l'eau rebondit dessus. Il y a des pertes d'eau et ce serait pour cela que la roue de 16 pales fonctionne moins bien que la roue de 8 pales
3. On dirait que la roue en plastique du groupe 3 est plus freinée que la roue « de hamster » en métal, utilisée par le groupe 2. La tige du groupe 2 frotte plus sur la roue, c'est pour cela qu'elle est freinée...

La théorie concernant la transformation de l'énergie potentielle (contenue dans une masse d'eau tombant une certaine hauteur) en énergie mécanique cinétique entraînant un mouvement de rotation de la roue, ou plus encore, l'expression formulaire $E_{\text{pot}} = mgh$ et $E_{\text{cin}} = mv^2/2$ ne seront bien évidemment abordées qu'au secondaire. Pourtant, nous faisons le pari que les enfants qui auront fait de tels essais et formulé de tels constats à partir de ces activités concrètes, entreront plus facilement dans les explications plus abstraites et formulaires qu'ils rencontreront dans la suite de leur scolarité.

Dans l'exemple ci-dessus, des phrases introductives du type : «*Aujourd'hui, le ... les enfants de telle année de l'école ... ont réalisé telles actions et ont observé que ...* » permettent d'éviter toute généralisation abusive. De plus, cela donne à l'enfant une vision socio constructiviste qui, comme le précise Fourez⁹¹, présente les sciences, non pas comme des connaissances individuelles, mais comme le produit standardisé d'une action collective.

Nous ne voulons toutefois pas occulter la difficulté qu'expriment ces enseignants quant à leur propre maîtrise des notions scientifiques. Une connaissance minimale des principes de bases des sujets traités est bien sûr nécessaire. Mais cette maîtrise nous semble plus essentielle encore, lors de la phase de conceptions de situations riches d'apprentissage, afin que celles-ci abordent le problème sous ses multiples facettes, que lors de la phase de structuration proprement dite.

Piste 2: Faire lien entre les situations de vie et les activités en classe.

C'est important que l'enfant fasse le lien entre les apprentissages scolaires en sciences et la vie de tous les jours.

Les visites extérieures permettent d'établir ce lien. Qu'elles soient en début de démarche pour ouvrir le questionnement, qu'elles soient en cours de démarche pour apporter des éclaircissements supplémentaires, les visites ont permis de susciter un raisonnement analogique entre les observations faites en classe et les situations de terrain.

Les activités que nous avons conçues avec les enseignants présentent un fil conducteur en lien avec le réel. Les activités d'expérimentation sont fonctionnelles, car elles sont un moyen de répondre à des questions en lien avec la vie.

Nous trouvons très important de garder ce lien avec le réel et d'être très explicites sur l'intérêt et la place de l'activité dans le cadre plus large de la recherche envisagée.

De plus, des rencontres avec des personnes de terrain donnent aux enfants des exemples d'utilisations techniques des notions scientifiques et une rencontre des métiers techniques et scientifiques.

⁹¹ FOUREZ G, ENGLEBERT V., MATHY P, 1997. Nos savoirs sur nos savoirs. De Boeck.



Compte-rendu de visite de la classe de 6^o primaire à l'usine « Mérytherm » d'Hony (Esneux).

Dans la petite usine d'affinage de pièces métalliques « Mérytherm » que nous avons visitée, nous avons vu qu'une chute d'eau permettait de faire tourner une turbine. Comme dans le mouvement de la roue de moulin qui permettait de moudre le grain, ici le mouvement de rotation de la turbine permet de chauffer du métal dans des cuves. Quand l'usine est fermée, le mouvement de la turbine permet de fabriquer de l'électricité.

Monsieur X, Directeur de l'usine, nous a montré une photo de l'ancienne turbine. Il a placé une nouvelle turbine, car avec l'ancienne, il y avait des pertes dues aux éclaboussures de l'eau.

Suivant la quantité d'eau de la rivière et la hauteur de la chute, il a choisi la turbine la mieux adaptée au niveau de sa forme, sa dimension et son nombre de pales.

Nous avons aussi remarqué en classe, lorsque nous avons construit des roues, que le nombre de pales, leur forme et la dimension des roues, influençaient leur efficacité.

Piste 3: Identifier et varier le statut des expériences en classe.

C'est surtout cette piste que nous avons essayé de travailler avec les enseignants de l'équipe. Le résultat de ce travail est présenté de manière concrète au chapitre III, sous la forme de séquences d'activités d'enseignement.

III. Expérimentations en classe

1. Introduction

Ce chapitre présente quatre séquences qui ont été construites lors de cette recherche. Ces séquences ont été expérimentées dans des classes du dernier cycle de l'enseignement primaire ou du premier cycle de l'enseignement secondaire. Sur le plan des savoirs, toutes appartiennent au domaine de l'énergie : la force de l'eau, les engrenages ou l'électricité.

Chacune de ces quatre séquences se compose de plusieurs activités qui se sont succédées dans le temps. Pour chaque activité mettant en œuvre une démarche expérimentale -qu'elle soit de type expérience-action, expérience-outil ou expérience-objet-, une fiche-outil a été rédigée. Ces fiches-outils doivent être considérées comme un complément à la séquence mais ne sont pas destinées à être sorties de leur contexte. C'est en effet la gradation que nous trouvons intéressante puisqu'elle permet de faire varier le statut de l'expérience en classe et donc le rôle de l'élève ainsi que les savoir-faire mis en jeu.

2. Comment se présente chaque séquence ?

- Chacune débute par un **descriptif du vécu en classe**. Cette partie est illustrée par des photos prises sur le terrain et enrichies de commentaires des enseignants, des enfants ou des chercheurs ;
- Pour accroître la lisibilité, **un plan** reprend les différentes phases de travail (celle-ci correspondent aux différentes périodes scolaires durant lesquelles les activités ont été menées).
- Deux tableaux précisent les **compétences**, savoirs et savoir-faire, que la séquence permet d'exercer auprès des enfants.
- Les **fiches-outils** apportent un complément d'information pour qui voudrait mener la séquence en classe : précision quant au statut de l'expérience, liste du matériel nécessaire, organisation du déroulement – mise en situation, tâches attendues des élèves, ...-, prolongements éventuels, sources et références.
- Enfin, les **documents de structuration** sont les documents que les élèves ont reçus. Ils correspondent soit à un « cahier de laboratoire », soit à une synthèse théorique des concepts abordés, soit à des documents « pour aller plus loin ».

Les fiches-outils et les documents de structuration ont été conçus et rédigés, tantôt par les enseignants, tantôt par l'équipe de recherche.

Organisation des activités autour des moulins à eau au primaire.

Cette description de séquence s'inspire fortement du vécu dans les classes de 5^e et 6^e années à l'École Saint Michel d'Esneux, dans la classe de Françoise. Delville. L'ensemble des activités s'est organisée sur trois semaines, à raison de 50 minutes par classe (20 à 25 élèves) et par semaine ; les 3 classes du troisième degré en parallèle.

Les fiches-outil et documents de structuration proposent des variantes et prolongements à la séquence décrite ci-dessous.

1. Première séance « à la découverte de la force de l'eau »

1.1 Expériences-action pour ressentir la force de l'eau

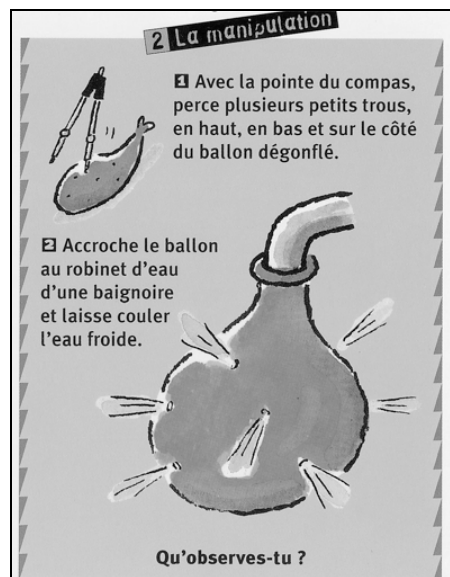
Les élèves réalisent deux mises en situation pour se rendre mieux compte de la force de l'eau.

Il s'agit ici de mettre sa main dans un bac à eau dans un sachet et de décrire ce que l'on ressent. *« ça colle, ça pousse, ma main est compressée », « j'ai l'impression que ma main est mouillée », « l'eau chasse l'air qui est dans le sachet, vers la surface » « le sachet change de couleur »...*



Ensuite, on demande de remplir un ballon de baudruche avec de l'eau et en mettant ses mains dessus, de ressentir la pression sur les parois du ballon. Un

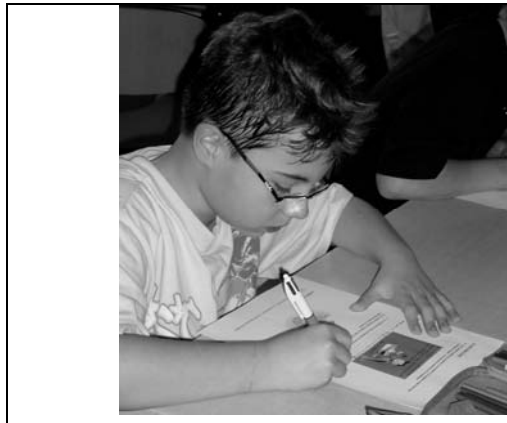
autre ballon dont la paroi a été perforée au compas est ensuite gonflé avec l'eau et les enfants observent les jets d'eau qui s'en échappent.



Réf¹



1.2 Phase de structuration.



On demande aux enfants de dessiner les forces en jeu sur le stencil prévu (voir document de structuration 1) (vers la main, vers les parois du ballon puis dans le bac à eau : dans toutes les directions).

Certains enfants dessinent des flèches qui sortent de l'eau, vers le haut. D'autres à la surface de l'eau vers les parois du bassin.

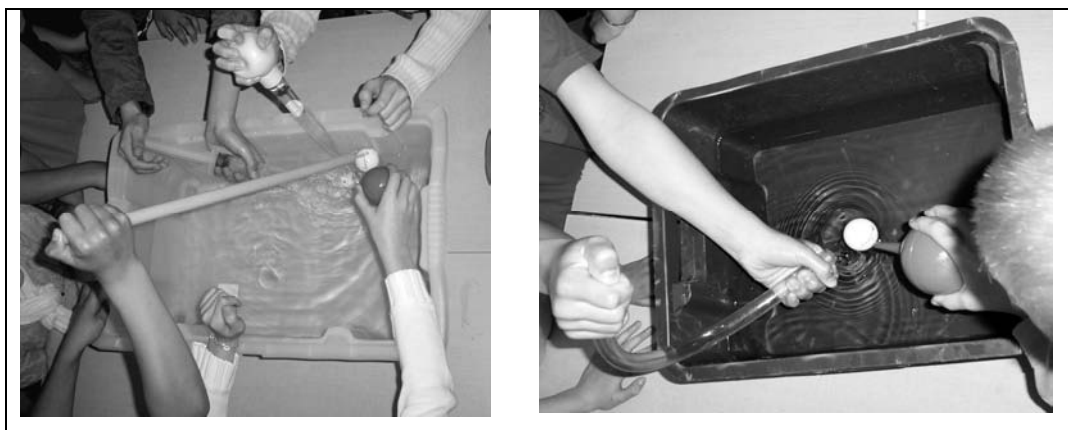
¹ Fiche « les petits débrouillards L'encyclopédie pratique Albin Michel Jeunesse- fiches »

1.3 Expériences-action pour voir la force de l'eau

Les enfants ont constaté une force exercée par l'eau, mais « Comment va-t-on pouvoir se servir de cette force ? La diriger ? Comment mettre quelque chose en mouvement ? » (voir fiche-outil « eau » 1).

Les enfants émettent d'abord leurs idées sur une feuille, en rédigeant ou en dessinant. Ce n'est que dans un second temps qu'ils sont confrontés au matériel qui est mis à leur disposition.

Ils procèdent par groupe et par essais et erreurs pour arriver à mettre un objet en mouvement.



1.4 Phase de structuration.

Les enfants complètent alors le cahier de laboratoire (voir document de structuration 2) pour garder une trace de leurs manipulations.

1.5 Phase de sensibilisation

Les enfants sont ensuite amenés à donner des exemples d'utilisation de la force de l'eau, actuellement ou par le passé. Ils sont aussi invités à demander chez eux, pour la fois prochaine, ce que l'on peut bien faire avec la force de l'eau.

2. Deuxième séance : à la découverte du moulin...

2.1 Phase de sensibilisation

N'ayant pas la possibilité temporelle de se rendre dans un moulin pour une visite, l'enseignante a choisi de montrer une courte séquence filmée sur les moulins à eau². Le but est de faire émerger quelques aspects importants tels que :

- Qu'y a-t-il à l'extérieur du moulin ? Quelle est sa situation géographique ? Quels sont les aspects historiques présentés ?...
- Quel est le rôle du moulin ?
- Qu'y a-t-il à l'intérieur du moulin ?

2.2 Expérience-action : utiliser la force de l'eau pour imiter le mouvement de la roue du moulin

Il s'agit ici de construire des roues qui tournent avec l'eau (roues à aube ou à auges) et de constater les différents paramètres possibles (taille de la roue, débit de l'eau, hauteur de chute, nombre et forme des pales, ...).

Les enfants doivent d'abord se mettre d'accord sur un projet avant d'aller chercher du matériel. Le matériel est disposé en vrac sur une table centrale, chaque groupe prend ce dont il a besoin (voir fiche « eau » 2 qui propose une version plus longue).



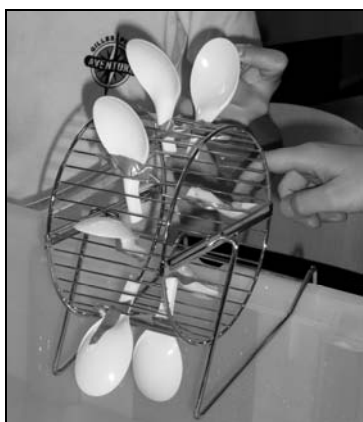
² Séquence de l'émission « Télétourisme » : les moulins et les hommes. Guy Lemaire. RTBF

La plupart des groupes s'empare des roues de hamster montées sur pieds. Ils essayent alors de les faire tourner à l'aide d'un jet d'eau. Cela ne marche pas. Il faut imaginer un dispositif « comme les planches du moulin » « quelque chose qui cale l'eau ». Certains colmatent la roue avec de l'adhésif avant d'y fixer des récipients pour l'eau (gobelets en carton, cuillères en plastique...).



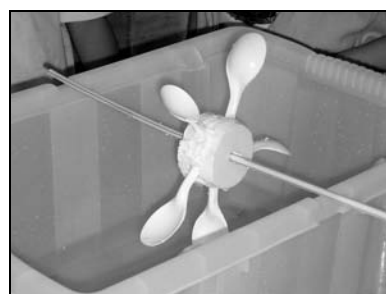
« On a mis d'abord du papier collant pour boucher les trous de la roue, mais cela ne tournait pas, alors on a eu l'idée de mettre comme des planches (les pinces à linge) pour caler l'eau et cela marche... »

« Les pinces à linge, cela tient tout seul sur la roue, mais cela ne va pas très bien car l'eau ne touche pas toujours les pinces et puis les pinces bougent... »



« Nous, on a pensé à utiliser des cuillères pour garder un peu l'eau qui tombe... il faut en mettre beaucoup et les fixer... »

« Il y a aussi l'eau qui sort de l'arrosoir; elle ne peut pas venir n'importe comment, il faut bien viser dans la cuillère... »



« Avec les gobelets, cela marche super bien ! la roue tourne très vite, mais quand on en met trop, on dirait que l'eau n'arrive plus à rentrer dans les gobelets et c'est comme si on avait une roue plus grande et plus lourde à faire tourner... »



« Nous, on a essayé de faire tenir les cuillères sur une roue en frigolite, pour qu'elles soient plus fixées... mais il faut en mettre plus... »



Essais réalisés par des enseignants en formation

2.3 Phase de synthèse

Chaque groupe montre aux autres ce qu'il a réalisé comme expérience, puis colle le schéma de son(s) expérience(s) dans l'espace prévu à cet effet dans le document de synthèse (voir document de structuration 4).



3. Troisième séance : à la découverte de la transmission de mouvements

3.1 Phase de sensibilisation

Comment passer d'un mouvement vertical (de la roue extérieure du moulin) à un mouvement horizontal (de la meule) ? Les enfants expriment leurs idées sur le sujet. Beaucoup parlent des engrenages : « *il y a des roues et des dents* », « *il y a des engrenages entre la roue dehors et la meule dedans, ils doivent servir à faire tourner...* ». Quelques photos rappellent les images vues la séance précédente.

3.2 Expérience-action : ressentir en soi le mouvement

Pour démarrer la séquence à propos des engrenages, nous avons jugé utile de rappeler de manière corporelle, un mouvement de rotation dans un plan vertical ou horizontal. Nous voulions aussi nous assurer de la compréhension par tous de ce que veulent exprimer les termes : rotation dans le sens des aiguilles d'une montre ou rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre. Certains enfants, plus tard dans la séquence, décrivaient avec difficultés le sens de rotation devant les roues qu'ils actionnaient. Nous les réinvitions à passer par cette étape corporelle et cela semblait vraiment les aider.



Mon bras est la petite aiguille, il indique midi, puis une heure, deux heures... Mon bras tourne dans le sens des aiguilles d'une montre. Le mouvement de rotation est vertical.



Je tourne sur moi-même, dans le sens des aiguilles puis dans le sens inverse. Deux enfants se trompent lors de ce passage à la rotation dans un plan horizontal. « C'est comme si la montre était à plat », leur dit un autre.³

³ photos issues du vécu en classe de 3^e et 4^e chez Nathalie. Delville à E.C. d'Harzé

3.3 Expériences-action : manipulations libres à la découverte des engrenages

Le matériel est distribué sur les tables et les enfants se répartissent en groupe de six dans les ateliers. Les enfants sont excités à l'idée de jouer avec le matériel amené qu'ils ne connaissent pas. Nous leur laissons cinq minutes de découverte. Après quelques montages individuels pour se familiariser à l'assemblage des supports, ils collaborent et associent leurs éléments pour réaliser de longues chaînes comprenant le plus possible de roues.

Peu de découvertes fortuites sont exprimées à ce stade en ce qui concerne les vitesses relatives des roues en fonction de leur taille. Il n'y a pas non plus d'observation de changement de sens de rotation des roues associées. Un groupe découvre que le système qu'ils ont construit (un circuit fermé d'un nombre impair de roues) bloque, mais ce n'est rien, si on enlève une des roues, cela tourne à nouveau. Le besoin de comprendre ne semble pas tracasser ces enfants, c'est la réussite de l'action qui prime. Nous savons toutefois que cet exemple vécu viendra bien à point comme illustration dans la suite de la séquence, ce cas de figure fait l'objet d'un constat dans les observations proposées.

Cinq minutes de manipulation libre, ce n'est pas grand-chose mais ce fut un moment indispensable pour que les enfants s'impliquent ensuite dans la démarche plus dirigée qui suit.



3.4 Expériences-outil: sens de rotation des engrenages

Les enfants sont répartis autour des tables en quatre groupes, le matériel est distribué en fonction des besoins de chaque étape.

La première observation à réaliser après avoir construit une série linéaire d'engrenages, concerne **le sens de rotation des roues**. Les enfants voient très rapidement l'alternance de sens de rotation d'une roue à l'autre. Pour ceux qui éprouvent des difficultés, des drapeaux en papier déposés sur les roues à l'aide de plasticine, permettent une meilleure visualisation du phénomène. (voir fiche-outil « engrenage » 1).

La structuration se fait au fur et à mesure par une expression orale de ce que l'on observe. Les enfants remplissent leur feuille après la réalisation de chaque consigne (voir document de structuration 3).

Lorsque, après les premières observations, il est demandé à l'enfant de deviner « dans quel sens tournera la 57^e roue ? ». L'enfant trouve un truc... Il crée une règle qui lui permettra de résoudre la question sans devoir essayer avec 57 roues. Il faut signaler que des situations d'apprentissage en primaire où l'enfant possède suffisamment d'éléments pour construire (induire) lui-même une loi, sont devenues rares. Ici, il suffisait de la maîtrise de la notion de nombre pair et impair pour donner une interprétation du phénomène. Ces moments d'induction accessibles sont importants, car ils reflètent une vision constructive des sciences. Ils rendent également compte à l'enfant de l'utilité des lois et formules pour prévoir une situation. Ils permettent une image plus dynamique de l'activité des scientifiques : ce sont des hommes et femmes qui construisent des règles qui permettront de prévoir.



3.5 Expériences-outil en protocole : vitesse de rotation des engrenages

A cette étape, les groupes d'enfants reçoivent uniquement deux roues, une grande et une petite. D'emblée, guidés par la consigne de l'étape précédente, ils réexaminent le sens de rotation. Nous les guidons sur une autre piste : **la vitesse de rotation** (voir fiche « engrenage » 2). Alors, ils remarquent que les roues ne tournent pas à la même vitesse. Volontairement, nous avons sélectionné des roues présentant un rapport simple entre leur nombre respectif de dents: 16 dents et 8 dents. En effet, la notion de rapport et de proportionnalité simple est une notion en cours d'acquisition à cet âge et, proposer des rapports non-entiers serait inaccessible. Il est plus aisé de voir que la petite roue fait deux tours quand la grande roue en fait un que de percevoir que la petite roue fait 1,5 tours quand la grande roue en fait un, comme cela se passerait dans un rapport de 12 dents à 8 dents.

Nous devons à ce stade attirer votre attention sur le choix du matériel. Il nous a fallu comparer plusieurs marques de jeux d'engrenages pour trouver celui qui conviendrait à un apprentissage graduel de la notion de proportionnalité en proposant des roues dont le rapport était entier.

Les enfants comptent le nombre de tours en actionnant tantôt la grande roue, tantôt la petite. Grâce aux repères (gommettes), ils comptent le nombre de tours et remplissent le tableau (voir document de structuration 3).

Là aussi, lorsque l'on a compris qu'il existe un rapport entre les deux colonnes plaçant côte à côte les deux grandeurs proportionnelles (nombre de tours des roues selon le type de roues), on peut anticiper le nombre de tours sans devoir essayer.

3.6 Expérience-objet en défi théorique : pic et zou

Chaque enfant reçoit un document présentant une situation amusante à résoudre : « Comment envoyer Pic ou Zou dans l'espace ? » (voir fiche-outil « engrenage » 3).

La situation mobilise les enfants. Le défi leur semble accessible. Pour trouver la solution, il s'agit de tracer sur papier le sens de rotation de différentes roues d'engrenages adjacentes. La situation présente toutefois une nouveauté : des roues reliées par des courroies, droites ou croisées.

Pour certains enfants, une simple évocation mentale leur permet de dire que deux roues reliées par une courroie tournent dans un sens identique et que le sens s'inverse quand la courroie est croisée. D'autres n'ont aucune idée. Le matériel est ressorti pour des essais, un élastique jouera le rôle de courroie.

Lors de ce moment, nous pouvons pleinement mesurer la différence de type de raisonnement entre les enfants; plus encore peut-être à cette période de transition entre la pensée concrète et abstraite qu'est la 6^e primaire.

Trop souvent les situations d'apprentissage en éveil se résument à des situations représentées sur feuille, sans une approche concrète préalable. Ces démarches ne peuvent alors mobiliser qu'un petit nombre d'enfant. Ici, la situation plus abstraite ne vient qu'en fin de processus, elle devient alors accessible à plus grand nombre, car une phase concrète la précède. Cependant, et malgré cette gradation, certains enfants ont le besoin de retourner à la phase concrète. Nous pouvons constater que ce retour à des essais concrets a permis de lever bien des blocages chez certains.

3.7 Expériences-action en défi technique

Nous évoquons à nouveau cette roue de moulin qui actionne à distance la rotation horizontale de la meule.

Comment passe-t-on d'un mouvement vertical de la roue du moulin à un mouvement horizontal de la meule?

La consigne est la suivante : « Par groupe de deux, vous allez construire un système où le mouvement des roues passe du vertical à l'horizontal (ou l'inverse) »

Devant cette consigne, certains groupes proposent des systèmes très simples qui répondent à la contrainte. D'autres se lancent dans des constructions complexes.



3.8 Structuration et synthèse










La structuration des apprentissages se fait au fur et à mesure des trois moments d'ateliers, sous la forme de **notes de travail** sur les documents élève dans les espaces réservés à cet effet et de **reformulations orales** des acquis à chaque stade (représentation de la force de l'eau ressentie, schéma de la roue construite, feuilles et tableaux complétés pour la séquence engrenage).

La structuration générale au cahier s'est faite en classe, deux jours après la dernière des séquences de 50 minutes. Les feuilles de synthèse proposées aux enfants constituent le document de structuration 4.

Cette synthèse générale refait les liens avec la situation concrète de départ -le fonctionnement d'un moulin- et apporte des éléments de connaissance devenus totalement accessibles à l'enfant qui est passé par une phase d'apprentissage très concrète.

Cette synthèse n'a d'ailleurs posé aucun problème de compréhension et les nouvelles situations présentées comme application des nouveaux savoirs acquis ont été résolues sans difficulté. Les explications données par les enfants en réponse aux questions concernant la vitesse de la meule par rapport à la vitesse de la roue extérieure du moulin font largement référence aux situations analogues vécues en classe avec des roues de tailles différentes. Lors de cette structuration, les liens se font et les apprentissages prennent sens.

Plan d'organisation des activités autour des moulins à eau au primaire.

Phases et statuts de l'expérience	Docu- ments de structura- tion	Fiches d'activité
Première séance « à la découverte de la force de l'eau »		
Expérience-action pour ressentir la force de l'eau : la main dans l'eau	 1	
Expérience-outil pour ressentir la force de l'eau : le ballon percé	 1	
Expérience-action pour voir la force de l'eau : comment mettre quelque chose en mouvement ?	 2	  1
Phase de sensibilisation Donner des exemples d'utilisation de l'eau présents et passés		
Deuxième séance : à la découverte du moulin...		
Phase de sensibilisation : film		
Expérience-action pour imiter le mouvement de la roue du moulin	 4	  2
Troisième séance : à la découverte de la transmission de mouvement		
Phase de sensibilisation : qu'y a-t-il à l'intérieur du moulin ? Découverte des engrenages sur photo		
Expérience-action : ressentir en soi le mouvement horloger		
Expérience-action : manipulation libre à la découverte des engrenages	 3	



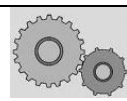


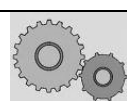

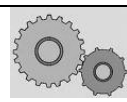

Expérience-outil en protocole: sens de rotation des engrenages	 3	  1
Expérience-outil en protocole : vitesse de rotation des engrenages	 3	  2
Expérience-objet en défi théorique : pic et zou		  3
Expérience-action en défi technique : passer d'un mouvement vertical à un mouvement horizontal		
Synthèse finale	 4	

Tableau des savoirs

Activités autour des moulins à eau au primaire

L'ÉNERGIE	
<i>Généralités</i>	
Les principales sources d'énergie	
Les différentes formes d'énergie	✓
Transformation d'une forme d'énergie en une autre	✓
Quelques formes de stockage d'une énergie	
<i>Electricité</i>	
L'électricité est le résultat d'une transformation d'énergie	
Transformation de l'énergie électrique en une autre forme	
Le circuit électrique simple	
Bons et mauvais conducteurs	
<i>Les forces</i>	
Mise en évidence d'une force par ses effets perceptibles	✓
Principe de l'action-réaction	✓
Approche de la relation masse-poids	
La pression : relation force-surface	
<i>La chaleur</i>	
Distinction chaleur et température	
Transformation des différentes formes d'énergie en énergie thermique	
Transfert de la chaleur dans les différents états de la matière	
Les qualités d'un bon isolant thermique	
Dilatation et contraction	

Tableau des compétences

Activités autour des moulins à eau au primaire

<i>Savoir-faire</i>		<i>Domaine du savoir envisagé</i>	<i>Engrenages</i>	<i>La force de l'eau</i>	<i>L'électricité et l'énergie</i>
C1	Formuler des questions à partir de l'observation			✓	
C2	Rechercher et identifier des indices			✓	
C3	Agencer les indices en vue de formuler des pistes de recherche			✓	
C4	Différencier les faits établis de réactions affectives et de jugements de valeur				
C5	Concevoir ou adopter une procédure expérimentale	✓		✓	
C6	Recueillir des informations par des observations			✓	
C7	Identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat				
C8	Exprimer le résultat d'une mesure	✓			
C9	Repérer et noter une information issue d'un écrit scientifique				
C10	Repérer et noter une information issue d'un graphique				
C11	Repérer et noter une information issue d'un croquis, d'un schéma				
C12	Comparer, trier, classer...				
C13	Mettre en évidence des relations entre deux variables	✓		✓	
C14	Rassembler des informations dans un tableau et les communiquer à l'aide d'un graphique	✓			
C15	Valider les résultats d'une recherche				
C16	Elaborer un concept, une loi	✓		✓	
C17	Réinvestir les connaissances acquises dans d'autres situations				



FICHES OUTILS - EAU

1- Constat, observer hors de soi la force de l'eau ; expériences « PasTouche ».

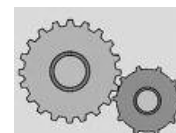
Voir la force de l'eau s'exercer sur un objet

2- Constat, observer hors de soi la force de l'eau ; expériences « PasTouche ».

Voir la force de l'eau s'exercer sur un objet pour le faire tourner.

3- Comment soulever une lourde charge en utilisant la pression de l'eau ?

FICHES OUTILS - ENGRENAGES






1- Je pars à gauche ou à droite

2- Vite ou pas vite ?

3- Qui sera envoyé dans l'espace ?

4- De quoi dépendent la vitesse et le sens de rotation d'une roue ? Nombre de roues alignées ? Position dans un alignement de roues ?

5- Le pont-levis

<p>Constater, observer hors de soi la force de l'eau ; expériences « PasTouche »⁴</p>		<p>1</p>
	<p>Expériences-action pour voir la force de l'eau s'exercer sur un objet</p>	
<p>Buts de l'activité</p> <p>Expérimenter par essais et erreurs que l'eau a une force en montrant ses effets sur un objet.</p>		
<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mise en situation : feuilles A3, crayons, marqueurs... • Phase de recherche : tuyaux souples – verres – pailles – récipients divers – entonnoir – seringue – robinet d'eau – robinet et tuyaux souples – pistolet à eau – arrosoir – ballons de baudruche – poulies – objets flottants (bouchons, belles de ping-pong, figurines...)... 		
<p>Déroulement</p> <p>Mise en situation « Avec le contenu d'un verre d'eau seulement, trouvez un moyen de rendre visible la force de l'eau sur un ou quelques objets qui « subiront » l'effet de cette force ».</p> <p>Description des tâches attendues Par groupe de 4, les enfants cherchent et représentent sur papier des idées qui permettront de rendre compte des effets de la force de l'eau sur un ou plusieurs objets. Ils ont à leur disposition des feuilles, des crayons et des marqueurs (les couleurs motivent et stimulent assez spectaculairement la réalisation des dessins). Après un partage des idées, les élèves sont amenés à construire réellement leurs dispositifs expérimentaux imaginés. Par groupe de 4, les enfants confrontent leurs idées au matériel et réalisent l'une ou l'autre expérience. Cette phase de découverte du matériel entraîne souvent de nouvelles idées d'expériences, ou aide à les préciser. Ils sont ensuite amenés à noter et/ou représenter quelques expériences au cahier d'éveil. Les idées sont plus structurées et peuvent être classées de manière intuitive selon les causes (les facteurs agissants) et la ou les conséquences. Il est aussi important de noter des hypothèses si elles se présentent (Par exemple : « je pense que la hauteur de chute de l'eau de mon verre a de l'importance »). Quelques idées : Comparer la flottaison de différents objets - Faire un trou dans une feuille de papier avec un jet d'eau – faire une trace dans du sable avec de l'eau qui coule - plier une feuille avec une chute d'eau – faire descendre un ascenseur – faire tourner une balle de ping-pong dans l'eau à l'aide d'une paille et une seringue...</p>		

⁴ Cette activité est reprise de la brochure « les moulins à eau et les centrales hydrauliques » ASBL Hypothèse avec le soutien de la DGTR de la Région wallonne.



LIAISON PRIMAIRE- SECONDAIRE

Organisation mise en commun

Lors de la mise en commun orale des expériences, on peut inciter les élèves à joindre le geste à la parole ; c'est aussi stimulant pour celui qui raconte que pour celui qui écoute. Les mots appellent les gestes et ceux-ci suscitent de nouvelles phrases plus complètes, plus précises. L'observation des mouvements se fait presque inconsciemment, l'attention est captée, le silence se fait au profit de la parole. L'animateur joue le jeu et demande à chacun de reproduire les gestes qui miment l'explication.

On peut aussi choisir de leur faire présenter une « foire aux expériences » pour que chacun se rende compte concrètement des propositions de tous.

Les idées peuvent être classées selon divers critères : des effets, les causes, les facteurs agissants, les conséquences ... Il est intéressant de les faire préciser par les enfants, de leur faire saisir l'utilité de ces concepts qui permettront de structurer et de classer les actions menées.

Institutionnalisation

Mise en évidence d'une force par ses effets perceptibles ; principe de l'action-réaction. Une force peut entraîner un mouvement, modifier un mouvement existant au préalable, provoquer une déformation...

Pour aller plus loin

Voir fiche-outil 2.

Sources/références

Brochure 2006 « Les moulins à eau et les centrales hydrauliques » ASBL Hypothèse avec le soutien de la DGTRE de la Région wallonne ; Collin I. et Daro S., conceptrices. Contact@hypothese.be.

<p>Constater, observer hors de soi ; expériences « TourniPasTouche »⁵</p>		<p>2</p>
	<p>Expériences-action pour voir la force de l'eau s'exercer sur un objet pour le faire tourner</p>	
<p>Buts de l'activité</p> <p>Reproduire le mouvement de la roue du moulin à eau en manipulations libres, par essais et erreurs.</p>		
<p>Matériel</p> <p>Une matière en plastique souple qui peut se découper, de la frigolite, des pistolets à colle, des axes tournants, des cuillères en plastique, des roues, des bobines de câble, bouchons, tuyaux en mousse, des brochettes en bois, des bouteilles en plastique, des bacs en plastiques, des tourniquets de hamster, des petits gobelets en plastique, de l'adhésif double face...</p>		
<p>Déroulement</p> <p>Mise en situation « Avec le contenu d'un verre d'eau seulement, trouvez un moyen de faire tourner un objet pour imiter le mouvement de la roue d'un moulin à eau ».</p> <p>Description des tâches attendues En silence, chacun imagine une expérience où l'eau fait tourner quelque chose ; tout est possible : une situation réelle, inventée, absurde... Ensuite, chacun peut suggérer une idée, l'animateur la schématise sur un panneau. Par exemple : un pneu qui tourne dans le courant, un tourbillon qui emporte un objet, le moulin à eau, des pierres au fond d'un ruisseau qui roulent sur elles-mêmes... Après un partage des idées, les élèves sont amenés à construire réellement des dispositifs expérimentaux inspirés par ces idées. Par groupe de 4, les enfants confrontent leurs idées au matériel et réalisent l'une ou l'autre expérience. Cette phase de découverte du matériel entraîne souvent de nouvelles idées d'expériences, ou aide à les préciser. Ils sont ensuite amenés à représenter l'expérience la plus concluante au cahier d'éveil. Il est important de noter des hypothèses si elles se présentent (Par exemple : « je pense que la hauteur de chute de l'eau sur les pales a de l'importance »). Quelques idées : si l'eau tombe de plus haut, la roue tournera-t-elle plus vite ? Si les pales sont incurvées, le mouvement est-il plus efficace ? Le nombre de pales est-il important ? Et leur écartement ?</p>		

⁵ Cette activité est reprise de la brochure « les moulins à eau et les centrales hydrauliques » ASBL Hypothèse avec le soutien de la DGTR de la Région wallonne.



LIAISON PRIMAIRE- SECONDAIRE

Organisation mise en commun

Lors de la **mise en commun orale** des expériences et lors des phases de structuration, le travail de l'animateur sera de réagir sur le fond, d'aider l'enfant à préciser l'idée et l'exprimer dans un langage accessible, de vérifier que le constat est bien en accord avec ce qui a été réalisé ou observé et non de donner l'explication toute faite des scientifiques sur le sujet. Il s'agit de reconnaître ces **formulations provisoires** d'enfants comme des premiers essais de traduction du réel. Une précaution est aussi d'éviter de généraliser les observations faites dans le contexte de la classe en vérités immuables. Des phrases introductives du type : « *aujourd'hui le (...), les enfants de troisième année de l'école de (...) ont réalisé telles actions et ont observé que ...* », permettent de contextualiser les conclusions sans généraliser abusivement.

On peut aussi choisir de leur faire présenter une « **foire aux expériences** » pour que chacun se rende compte concrètement des propositions de tous.

Institutionnalisation

Mise en évidence d'une force par ses effets perceptibles ; principe de l'action-réaction. Une force peut entraîner un mouvement, modifier un mouvement existant au préalable, provoquer une déformation...

La découverte libre du matériel, l'élaboration d'hypothèses et la construction de dispositifs pour vérifier celles-ci, la communication des résultats ; autant d'étapes d'une approche expérimentale adaptée aux enfants que l'animateur contribue à mettre en place.



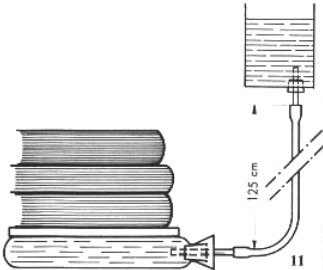
Il est important de distinguer mouvement et force qui entraîne un mouvement. Lors de la phase de réflexion faisant suite à la consigne, l'idée de la machine à lessiver a été évoquée par quelques enfants. Si l'eau visible dans le tambour par le hublot est en mouvement, ce n'est néanmoins pas elle qui le provoque... De même, ce n'est pas la force de l'eau qui fait tourner la roue du bateau à aube. C'est donc l'occasion de préciser le sens des mots en lien avec la réalité qu'ils recouvrent.

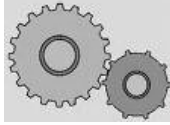

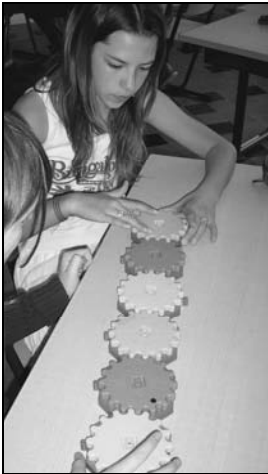

Pour aller plus loin

Voir fiche-outil 3.

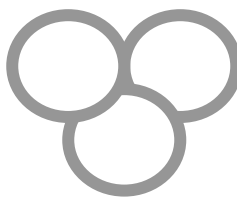
Sources/références

Brochure 2006 « Les moulins à eau et les centrales hydrauliques » ASBL Hypothèse avec le soutien de la DG TRE de la Région wallonne ; Collin I. et Daro S., conceptrices. Contact@hypothese.be.

Comment soulever une lourde charge en utilisant la pression de l'eau ?		3
	Expériences-outil	
<p>Buts de l'activité</p> <p>Constater que la hauteur de la colonne d'eau influence la pression exercée par l'eau.</p>		
<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une bouteille d'eau en plastique (ou autre réservoir) • Une bouillotte • Un tuyau d'au moins 1,25m • Un petit tube en verre • Du mastic ou ligature pour étanchéifier les raccords. • De l'eau • Une planche de la taille de la bouillotte. • Des livres 		
<p>Déroulement</p> <p>Mise en situation Le matériel est distribué aux groupes d'élèves avec le protocole. Les élèves réalisent le montage indiqué. On pose alors cette question : « que va-t-il se passer si on verse de l'eau dans le réservoir ? »</p> <p>Description des tâches attendues Après avoir construit le dispositif, les élèves émettent des hypothèses sur ce qu'il va se produire. Ensuite, ils expérimentent et représentent ce qui s'est passé en confrontant les deux étapes. Ils essaient de tirer quelques conclusions.</p>		
<p>Organisation mise en commun</p> <p>A l'aide de panneaux et d'un rapporteur par groupe, on va confronter les différentes explications données par les enfants.</p>		
<p>Institutionnalisation</p> <p>Mise en évidence d'une force par ses effets perceptibles : l'eau a une force qui peut s'exercer sur des objets. Cette force augmente si la hauteur de la colonne d'eau augmente.</p>		
<p>Sources/références Adapté du Manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences – Unesco Paris 1972 par Fabrice Louys, enseignant du fondamental.</p>		

<h2>Je pars à gauche ou à droite</h2>		<p>1</p>
	<p>Expériences-outil pour découvrir une loi, un phénomène, à l'aide d'un protocole expérimental.</p>	
<p>Buts de l'activité</p> <p>Construire un alignement de roues dentées afin d'observer le sens de rotation des différentes roues et d'établir une loi.</p>		
<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des engrenages en plastique issus de jeux pour enfant. Les roues doivent être de même diamètre et avoir le même nombre de dents¹. • Plateau de fixation. • Plasticine • Petits drapeaux sur cure-dents 		
<p>Déroulement</p> <p>Mise en situation L'activité peut suivre une visite d'un moulin à l'intérieur duquel on aura pu observer une série de roues dentées. Pour des enfants qui n'ont jamais approché ce type de matériel, ou des enfants plus jeunes, une manipulation libre peut s'avérer judicieuse. Les enfants entreront plus facilement dans le respect des consignes par la suite.</p> <p>Description des tâches attendues Construire une série linéaire de roues, observer le sens de rotation de chacune. Pour aider l'enfant à observer le sens de rotation, utiliser un peu de plasticine pour fixer un drapeau sur les roues. Noter le sens de rotation des roues sur un schéma semblable à celui ci-dessous (voir annexe**).</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>Trouver une loi qui permet d'anticiper dans quel sens tourne par exemple la 36e roue (un nombre pair) et la 57e roue (nombre impair).</p>		

Réaliser le montage suivant et observer ce qui se passe lorsqu'on met en mouvement une des roues.



Organisation mise en commun

Mise en commun des résultats – correction des sens des flèches sur les schémas.

Formulation de la loi en notant bien la différence du sens de rotation d'une série linéaire en nombre impair ou en nombre pair.

Institutionnalisation

Le sens de rotation des roues dans un engrenage s'inverse de l'une à l'autre dans une série d'engrenages contigus. Si la roue menante (motrice) tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, toutes les roues impaires tourneront dans le sens des aiguilles d'une montre et inversement pour les roues paires.

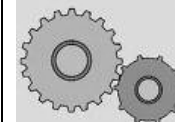
Pour aller plus loin

Voir fiche-outil 2.

Sources/références

Equipe de recherche

¹ Par exemple, Wacky Factory. Learning resources. 130 pièces. A commander chez Viroux (071/77 67 80).

Vite ou pas vite!

2



Expériences-outil pour découvrir une loi, un phénomène, à l'aide d'un protocole expérimental.

Buts de l'activité

Construire un alignement de roues dentées afin d'observer la vitesse de rotation des roues en fonction de leur taille ; puis établir le rapport entre le nombre de dents et la vitesse de rotation.

Matériel

- Des engrenages en plastique issus de jeux pour enfant. Les roues doivent avoir des diamètres différents et avoir un nombre de dents multiple d'un type de roue à un autre¹.
- Plateau de fixation

¹ Par exemple, Wacky Factory. Learning resources. 130 pièces. A commander chez Viroux (071/77 67 80).

**Déroulement****Mise en situation**

L'activité peut suivre une visite d'un moulin à l'intérieur duquel on aura pu observer une série de roues dentées.

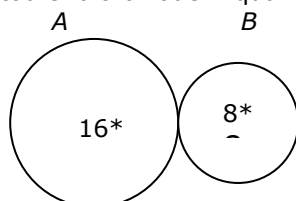
Pour des enfants qui n'ont jamais approché ce type de matériel, ou des enfants plus jeunes, une manipulation libre peut s'avérer judicieuse. Les enfants entreront plus facilement dans le respect des consignes par la suite.

Description des tâches attendues

Demander par groupe de construire une série d'engrenages contenant des roues de tailles différentes et observer de manière qualitative les vitesses de rotation respectives.

Proposer ensuite les situations suivantes pour une approche quantitative :

Situation 1 : Combien de tours fait la roue B quand la roue A fait 1, 3, 5, 12, 17 tours ?



* Nombre de dents

Réaliser un tableau de valeurs : nombre de tours roue A et nombre de tours roue B
 Observations : Nombre de dents- dimension des roues.

Exprimer sous forme de phrases :

Le nombre de tours de B est deux fois le nombre de tours de A

Le nombre de dents de B est la moitié du nombre de dents de A

Trouver **le rapport** entre les deux colonnes : X 2



LIAISON PRIMAIRE- SECONDAIRE

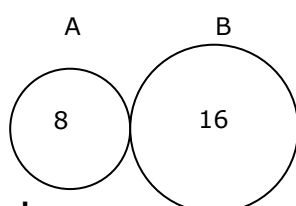
Quelques éléments d'analyse à priori :

On appelle A la roue qui tourne en premier, B la roue entraînée. Le rapport choisi est volontairement simple (l'entier : 2). Les élèves ont accès au matériel.

Dans la série proposée pour « Tours A », le choix de 1 comme première valeur favorise la procédure (X2) ; la présence de nombres tels que 50 et 54 peuvent inciter à utiliser la linéarité : $54 = 50 + 4$ et $50 = 5 \times 10$

Le comptage du nombre de dents fait ressortir l'aspect de proportionnalité inverse.

Situation 2: Combien de tours fait la roue B quand la roue A fait 2, 8, 10, 1, 3, 30, 33 tours ?



Exprimer sous forme de phrases :

Le nombre de tours de B est la moitié du nombre de tours de A.

Le nombre de dents de B est deux fois plus grand que le nombre de dents de A.

Le rayon de B est deux fois le rayon de A.

Trouver le rapport entre les deux colonnes : je dois diviser par deux pour passer de la colonne A à la colonne B ($\times \frac{1}{2}$).

Quelques éléments d'analyse a priori :

Le rapport est plus complexe dans ce sens : $\frac{1}{2}$.

Dans la série du nombre de tours à réaliser avec la roue motrice, le « 1 » n'apparaît volontairement plus en première position. Il permet une écriture décimale ou fractionnaire selon la procédure de résolution choisie ; la procédure expérimentale mettra en évidence le $\frac{1}{2}$ et une procédure linéaire favorisera l'écriture décimale ($10 : 10 = 1$ et $5 : 10 = 0,5$). Des procédures linéaires peuvent être envisagées pour trouver le nombre de tours de B correspondant à 30 ou à 33 ($30 = 3 \times 10$ et $33 = 30 + 3$)

Organisation mise en commun

Mise en commun des résultats à chaque étape.

Formulation d'une loi.

Institutionnalisation

La vitesse relative de rotation des roues est inversement proportionnelle au nombre de dents ou au rayon de celles-ci. (autrement dit, une roue deux fois plus petite tourne deux fois plus vite). Le nombre de tours de la roue menée est proportionnel au nombre de tours de la roue motrice selon le rapport suivant :

Le nombre de dents de la roue menée sur le nombre de dents de la roue motrice. ou

Le rayon de la roue menée sur le rayon de la roue motrice.

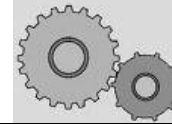
Pour aller plus loin

Pour le secondaire, proposer le même exercice avec une roue de 12 dents entraînant une roue de 8 dents (rapport $\frac{3}{2}$). Demander aux élèves de tracer un graphique sur papier millimétré reprenant les données récoltées lors des différentes manipulations (variable contrôlée : nombre de tours de la roue A ; variable dépendante : nombre de tours de la roue B)

Sources/références

Equipe de recherche.

Qui sera envoyé dans l'espace ?



3



Expériences-objet en défi pour initier un questionnaire ou pour vérifier les acquis.

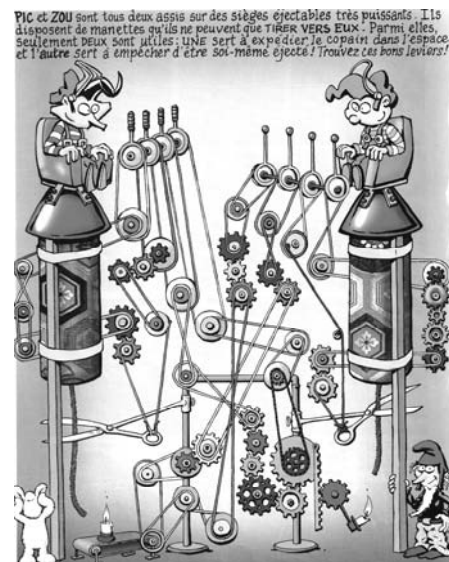
Buts de l'activité

Analyse de quatre situations présentant différentes transmissions de mouvement par engrenages ou courroies. Une seule des suites d'engrenages ou courroies entraîne l'action voulue. La situation présentée sur document permet de poser les questions préalables à une expérimentation avec le matériel.

Matériel

- Fiche défi : « Pic et Zou » ci-jointe.
- Des engrenages en plastique issus de jeux pour enfant¹.
- Plateau de fixation
- Elastiques et petits drapeaux sur cure-dents

¹ Par exemple, Wacky Factory. Learning resources. 130 pièces. A commander chez Viroux (071/77 67 80).



Déroulement

Mise en situation

Par groupe de deux, les élèves reçoivent la fiche défi et le matériel nécessaire.

Question : « Quel levier actionner pour réussir le défi proposé sur la fiche ? »

Description des tâches attendues

Par groupe de 2, les enfants prennent connaissance de la situation et posent les questions utiles à la résolution du défi. Par exemple : Quel est le sens de rotation de deux engrenages contigus ? Le sens de rotation change-t-il si la courroie est droite ? Si la courroie est croisée ?

Des hypothèses peuvent être formulées sur le sens du mouvement de la roue entraînée (anticipation par l'enfant du résultat).

Ils essaient avec le matériel afin de répondre aux questions posées, afin de vérifier l'hypothèse formulée.

Organisation de la mise en commun

Les groupes d'enfants qui ont trouvé une solution doivent la valider auprès de l'animateur qui les renvoie à la recherche si la solution est incorrecte.

Des enfants qui ont trouvé la solution peuvent devenir ressource pour les groupes toujours en recherche.

Chaque groupe fait part aux autres des observations survenues lors des essais.

Collectivement, les conclusions sont notées au cahier d'éveil.

Institutionnalisation

Sens de rotation des roues lors de la transmission de mouvements par engrenages (déjà abordés dans les fiches précédentes) ou par des roues reliées par courroies croisées ou non (situation nouvelle).

Dans une suite successive de roues en mouvement comment fonctionne la transmission ?

La formulation de questions, l'élaboration d'hypothèses et la construction de dispositifs pour vérifier contribuent à mettre en place un schéma récapitulatif des sens de rotation observés dans les différentes situations (avec ou sans courroie, courroie croisée ou non).

Pour aller plus loin

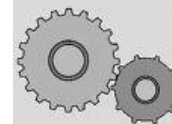
Cette activité est un préalable utile pour passer des situations d'engrenages à la compréhension de la transmission de mouvements sur un vélo.

Variante : L'activité peut être présentée comme défi théorique (sans essai avec le matériel). La situation peut alors servir d'évaluation des acquis après un travail expérimental sur les notions travaillées.

Sources/références

Document Pic et Zou - Recueil Spirou - Editions Dupuis

De quoi dépendent la vitesse et le sens de rotation d'une roue ? Nombre de roues alignées ? Position dans un alignement de roues ?



4



Expériences-action en défi pour initier un questionnement ou pour vérifier les acquis au secondaire

Buts de l'activité

Combiner vitesse et sens de rotation. Trouver une procédure qui permet d'établir la vitesse de rotation relative des engrenages- Application à une série d'engrenages comprenant plus de deux roues -

Matériel

- Des engrenages en plastique issus de jeux pour enfant. Les roues doivent avoir des diamètres différents¹.
- Plateau de fixation

¹ Par exemple, Wacky Factory. Learning resources. 130 pièces. A commander chez Viroux (071/77 67 80).



Déroulement

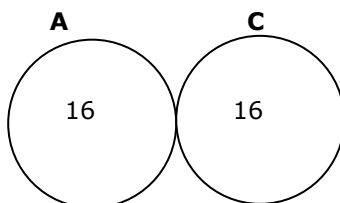
Enjeu

Essais avec matériel suivis d'une résolution mathématique et d'une représentation graphique

Description des tâches attendues

Associer trois roues (A, B, C). A et C ayant un nombre égal de dents, à quelle vitesse tournera la 3^e roue (roue C) ? Et si l'on place d'autres roues entre A et C, la rotation de C change-t-elle en sens ou en vitesse ? La dernière roue tournera-t-elle de la même manière (vitesse et sens) dans la situation 1 et dans la situation 2 ? La dernière roue tournera-t-elle de la même manière (vitesse et sens) dans la situation 3 et dans la situation 4 ?

Situation 1 :

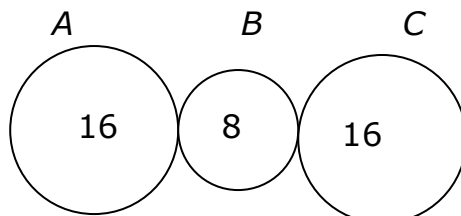


Nombre de tours	
Roue A	Roue C



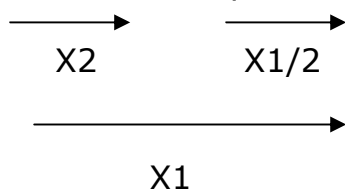
LIAISON PRIMAIRE- SECONDAIRE

Situation 2 :

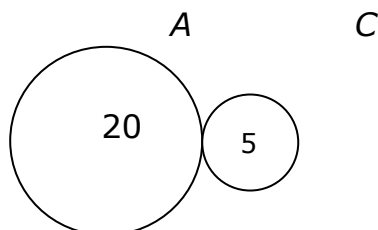


Roue A	Roue B	Roue C
2	?	?
?	6	?

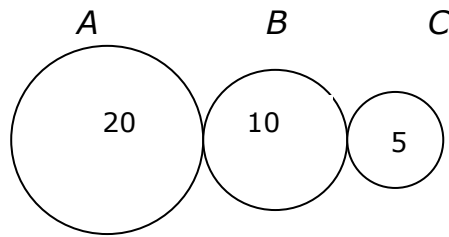
Résolution mathématique :



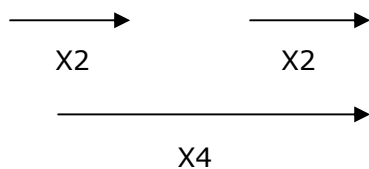
Situation 3



Nombre de tours	
Roue A	Roue C

Situation 4

Nombre de tours		
Roue A	Roue B	Roue C
4		
2		8
	100	
102		

Résolution mathématique :**Organisation de la mise en commun**

Présentation par groupe des résultats et présentation des procédures de résolution.
Correction collective des notes et des tableaux à compléter

Institutionnalisation

Pouvoir prévoir le sens de rotation et la vitesse relative de roues de taille différente d'une série d'engrenages (déjà abordés dans les fiches précédentes)

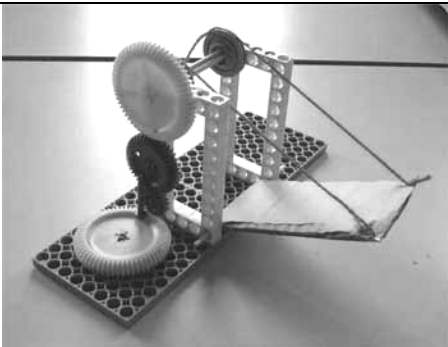
Attention, les engrenages d'un système vont tous à la même vitesse (au sens linéaire du terme) ! Même s'ils ne font pas le même nombre de tours et s'ils n'ont pas la même taille. En effet, ils couvrent la même distance durant la même période. En parlant de vitesse de rotation des roues, nous évoquons la vitesse angulaire.

Pour aller plus loin

Cette activité est un préalable utile pour passer des situations d'engrenages à la compréhension de la transmission de mouvements sur un vélo.

Sources/références

Equipe de recherche « Hypothèse ».

<h2>Le pont-levis</h2>			<h1>5</h1>
	Expériences-action en défi expérimental		
Buts de l'activité			
Réaliser une construction mettant en jeu poulies et roues dentées afin de permettre à un homme au sol de lever ou d'abaisser le lourd pont-levis d'un château fort.			
Matériel			
<ul style="list-style-type: none"> • Carton pour construire le pont-levis • Ficelle • Roues dentées de différentes tailles ; • Axe de transmission ; • Des éléments de structures à emboîter ; • Une manivelle à fixer sur la roue actionnant le système... Matériel « Celda ».			
Déroulement			
Mise en situation			
Présenter la situation avec la représentation d'un château fort et l'existence du pont-levis. Evoquer la masse importante de ce pont, présenter le défi qui est de trouver un système afin qu'un seul homme, au sol, puisse abaisser ou relever le pont. Insister sur la nécessité d'effectuer une ouverture ou fermeture rapide.			
Evoquer les aspects à résoudre : transmission de mouvement - changement d'orientation du mouvement - augmentation de la vitesse de rotation.			
Description des tâches attendues			
Découverte du matériel et essai libre			
- Par groupe de trois ou quatre enfants, réaliser un schéma de la construction			
- Passer à la réalisation concrète du projet après l'avoir présenté à l'animateur			
Organisation de la mise en commun			
Présentation des constructions au grand groupe et analyse des avantages et inconvénients de chacune.			
Sources/références			
Equipe de recherche « hypothèse ».			

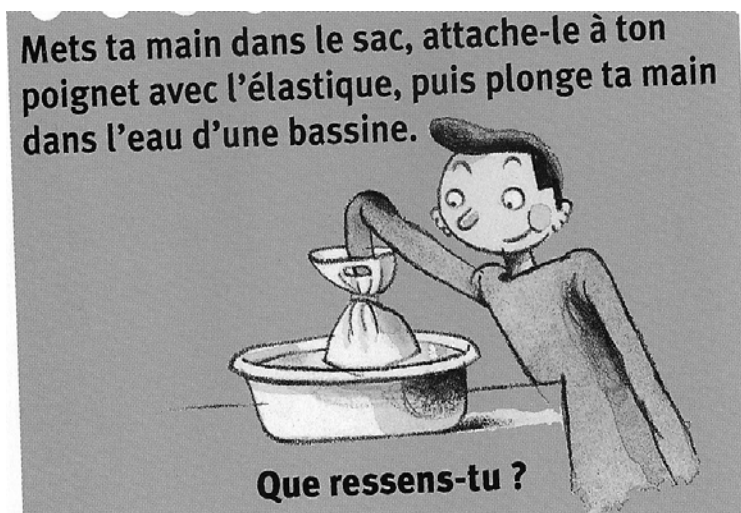


DOCUMENTS DE STRUCTURATION

- 1- La force de l'eau : expériences pour ressentir
- 2- Mettre un objet en mouvement grâce à la force de l'eau...
- 3- Atelier « éveil scientifique » : les engrenages.
- 4- Le moulin à eau.

La main dans le sac⁶

- Pour réaliser l'expérience suivante, tu as besoin d'un récipient rempli d'eau (par exemple un bassin), d'un sachet en plastique et d'un élastique.

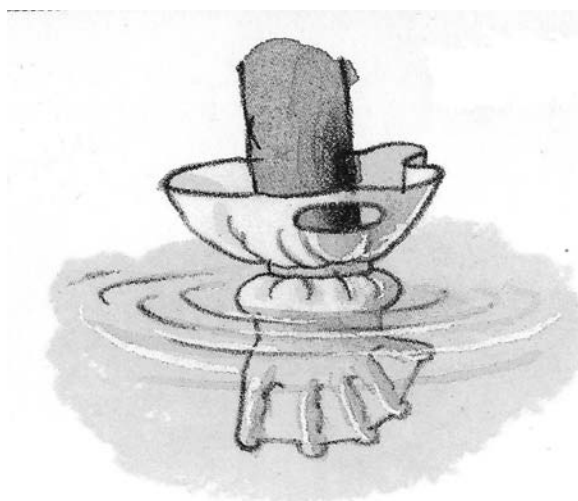


Je sens
que.....

.....
.....
.....

- Un schéma pour mieux comprendre ce qui se passe...

Sur le schéma ci-dessous, indique à l'aide de flèches la direction et le sens de la **force de l'eau** qui pousse sur le sachet.



6 D'après le fichier *A la découverte de l'eau – Les transformations – Les petits Débrouillards* (Albin Michel Jeunesse)

Le ballon sous-pression

- Pour réaliser l'expérience suivante, placez-vous par deux.

L'un prend un ballon de baudruche, le place sur l'embouchure du robinet et remplit le ballon en ouvrant le robinet.

Pendant que le ballon se remplit, demande à ton coéquipier de poser délicatement ses mains sur le ballon.

Que ressent-il?

.....

Placez le ballon rempli d'eau au-dessus d'un bassin. Tenez-le bien fermé. A l'aide d'une épingle ou d'un compas, percez-y des petits trous.

Qu'observez-vous dans ce deuxième cas?

.....






- Réalise un schéma pour mieux comprendre....

Dessine le robinet et le ballon qui se remplit. Utilise des flèches pour indiquer dans quelle direction et dans quel sens l'eau pousse sur le ballon.

Quelle conclusion peut-on tirer de ces deux expériences?

.....

Mettre un objet en mouvement grâce à la **force de l'eau...**

	<p>Voici la piste de recherche que nous voulons tester:</p> <hr/>
	<p>Pour réaliser cette expérience, nous avons besoin du matériel suivant :</p>
	<p>Voici comment nous avons procédé : (schémas et/ou récit)</p>
	<p>Voici les résultats que nous avons obtenus :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nous sommes parvenus à mettreen mouvement grâce à la force de l'eau en..... ; • Nous ne sommes pas arrivés à ce que nous avons imaginé. A notre avis, il faudrait.....
	<p>Après ce travail, nous imaginons un nouvel essai :</p>

Adapté de **Démarche scientifique à l'école primaire** :
AGERS rapport final – octobre 2003

Atelier « éveil scientifique » : les engrenages.

1. Sur un cercle, indique le sens des aiguilles d'une montre :

2. Manipulation libre

3. Ça tourne dans tous les sens

- Associer une série de roues de même taille, en ligne droite.
- Observer comment tourne les roues.
- Sur un schéma, noter le sens de rotation des roues.



Si la première roue tourne dans le sens des aiguilles d'une montre, trouver une loi qui permet de prévoir dans quel sens tourne

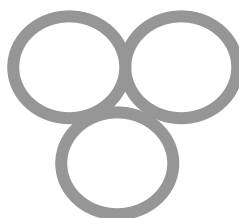
la 14^e roue

la 15^e roue

la 100^e roue

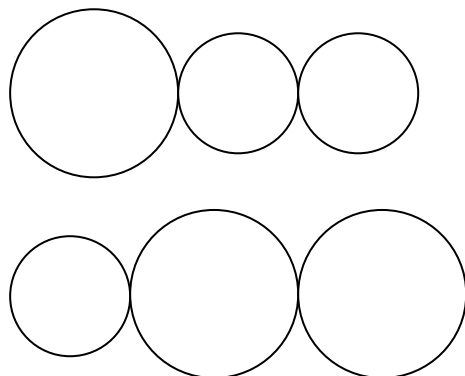
La 101^e roue

Réaliser le montage suivant et observer ce qui se passe en provoquant la rotation d'une des roues.



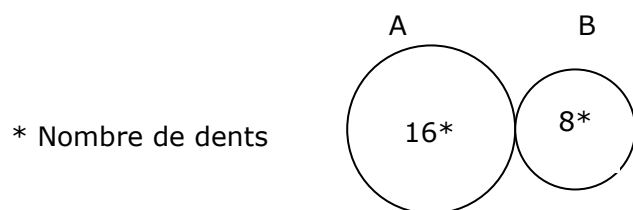
4. Lorsque les roues ont des tailles différentes

Associer des roues d'engrenages de la manière suivante et observer la vitesse de rotation des roues.



Comment prouver nos observations :

Situation 1 : Combien de tours fait la roue B quand la roue A fait 1, 3, 5, 12, 17 tours ?
Construire le montage suivant



Réaliser un tableau de valeurs : nombre de tours roue A et nombre de tours roue B.
 Observations : Nombre de dents - dimension des roues.

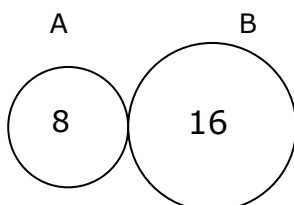
Tableau de valeurs :

Tours A	Tours B
1	
3	
4	
5	
50	
54	
Nombre de dents de A	Nombre de dents de B
Rayon A	Rayon B

Exprimer sous forme de phrases :

Situation 2: Combien de tours fait la roue B quand la roue A fait 2, 8, 10, 1, 3, 30, 33 tours ?

Construire le montage suivant



Réaliser un tableau de valeurs : nombre de tours roue A et nombre de tours roue B
Observations : Nombre de dents - dimension des roues.

Tableau de valeurs :

Tours A	Tours B
2	
8	
10	
1	
3	
30	
33	
Nombre dents A	Nombre dents B

Rayon A	Rayon B

Exprimer sous forme de phrases :

La relation qui existe entre le nombre de tour de B par rapport au nombre de tours de A :

Les moulins à eau

Depuis le début de notre ère, les hommes ont utilisé l'énergie de l'eau qui coule dans les rivières, ou l'eau qui tombe dans une chute d'eau pour faire tourner la roue d'un moulin. C'est surtout au moyen-âge que les moulins à eau se sont développés.

La roue du moulin qui tourne grâce à l'eau entraîne un mécanisme qui permet de faire tourner une meule de pierre. La meule en tournant (meule mobile ou tournante) écrase le grain contre une autre meule (meule fixe ou dormante). Le grain écrasé libère la farine qu'il contient.

Le moulin à eau est le plus souvent une machine qui sert à fabriquer de la farine.

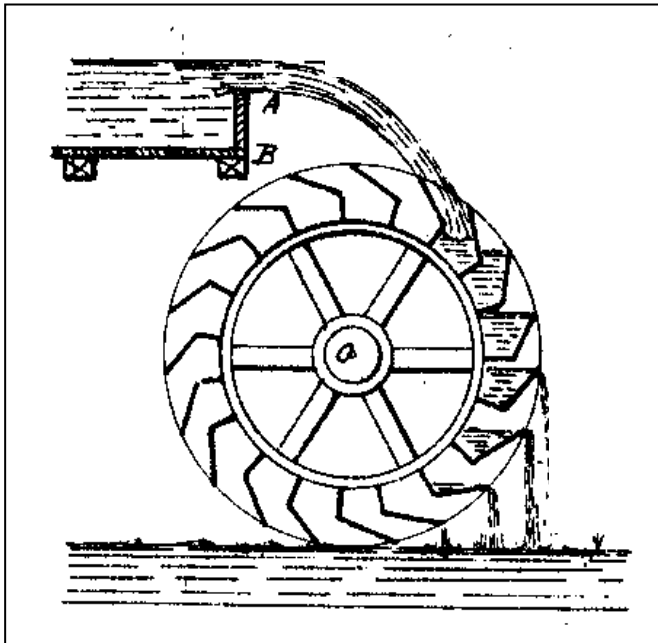
Mais il existe aussi des moulins pour presser des olives et en récupérer de l'huile.

Comment l'eau fait-elle tourner la roue du moulin ?

La plupart des moulins à eau rencontrés en Wallonie sont des **moulins « par-dessus »** car l'eau arrive par le dessus de la roue.

L'eau tombe dans des **augets** (petits compartiments en bois répartis sur le pourtour de la roue). Le poids de l'eau dans l'auget entraîne le mouvement de la roue. Quand la roue tourne, l'auget rempli d'eau se vide à mi-parcours et remonte vide.

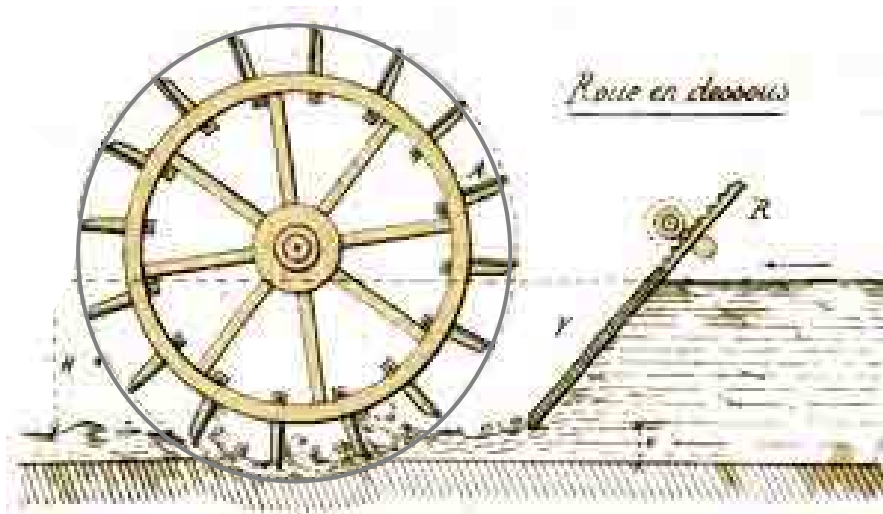
Sur le schéma ci-dessous, représente le sens de rotation de la roue



Dans les moulins « **par-dessous** », l'eau arrive par le dessous de la roue. L'eau de la rivière en se déplaçant pousse sur des larges pales disposées sur le pourtour de la roue. Ce sont des **moulins à aubes**.

Ce type de moulin est plus ancien que les moulins à augets.

Sur le schéma ci-dessous, représente le sens du courant de la rivière et le sens de rotation de la roue. Montre les aubes par une flèche.



Colle ici le schéma de la roue que tu as construite :

Nous avons remarqué sur la roue construite et alimentée en eau « par-dessus » :

- que plus l'eau tombait de haut et plus la roue tournait vite.
- que si la quantité d'eau est trop faible la roue ne tourne pas bien.
- que si on augmente la quantité d'eau la roue tourne mieux.
- que si il y a trop d'eau qui tombe, une partie de l'eau rebondit sur les pales ou augets et que la vitesse de la roue n'augmente plus.

Comment la roue tournant dans un plan vertical entraîne-t-elle la roue tournante horizontale de la meule?

La roue du moulin en tournant, fait tourner l'axe en bois. L'axe en bois traverse le mur du moulin. De l'autre côté du mur, l'axe fait tourner une roue dentée. Cette roue dentée entraîne une suite d'engrenages. Le mouvement est transmis à l'axe de la meule tournante.

Sur les schémas ci-dessous représente les sens de rotation des différentes roues :

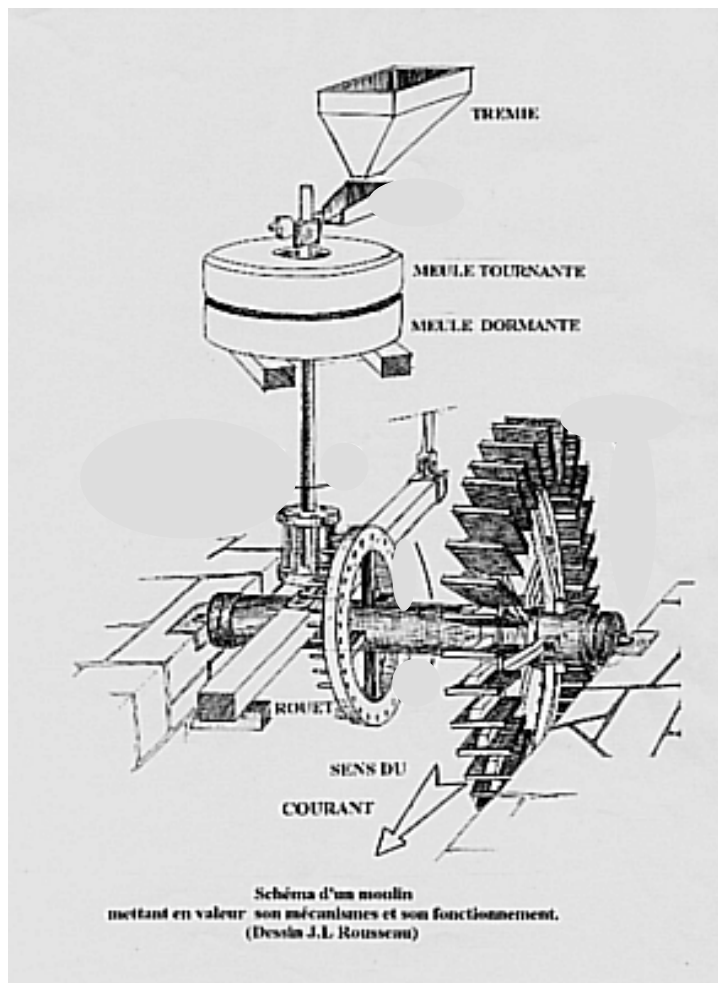


Fig. <http://iml.univ-mrs.fr/~lafont/imagination/aubes.html> (image « roue à aubes »).

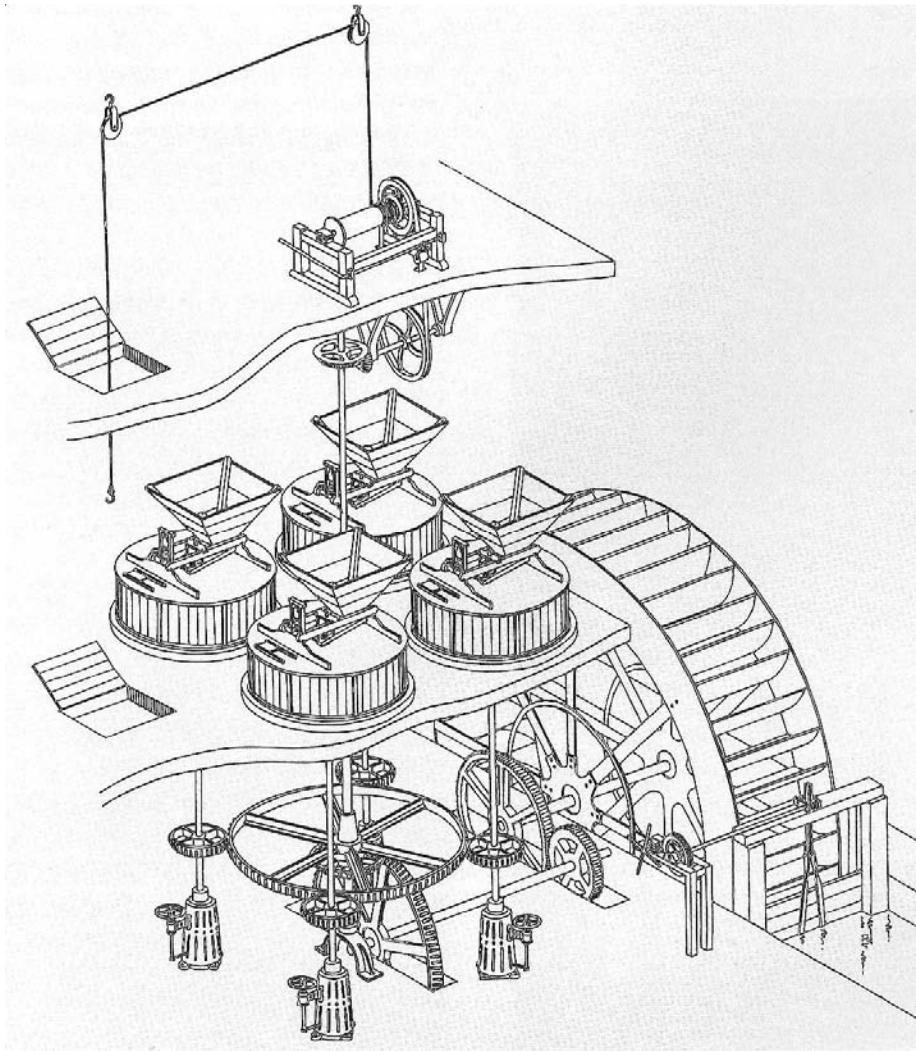


Schéma de fonctionnement du moulin de Survillers (Modave) – Dessin G. Michel.
 In : « Les ouvrages hydrauliques » - Qualité Village Wallonie – Fondation Roi Baudouin – Ministère
 de la région Wallonne(division du patrimoine) – Edition du Perron- 1997.

La roue tournante de la meule tourne-t-elle plus vite ou moins vite que la roue
 du moulin ? Explique.

Sources :

- « Sciences expérimentales et technologie » CM2(cycle3) – Edition Bordas – Collection
 Tavernier – 2003
- « Les Ouvrages Hydrauliques » - Qualité Village Wallonie – Fondation Roi Baudouin –
 Ministère de la région Wallonne(division du patrimoine) – Edition du Perron- 1997
- <http://iml.univ-mrs.fr/~lafont/imagination/aubes.html> (image « roue à aubes »

Organisation des activités autour des engrenages au secondaire



Le compte-rendu qui suit est un exemple de démarche où le statut de l'expérience varie plaçant l'élève dans l'exercice de compétences diverses tel qu'on pourrait le proposer au premier degré du secondaire. Les étapes décrites sont inspirées de la démarche vécue à l'athénée d'Esneux par les élèves de Jeanine de Bouharmont dans le cadre de l'option math-sciences (2^e année).

1. Mise en situation

Les mises en situation ont l'intention principale en pédagogie des sciences, de relier les apprentissages scolaires avec la vie et d'inscrire le sens des notions de sciences dans le lien qu'elles présentent avec les techniques créées par les hommes pour la vie en société.

L'intérêt, de travailler la transmission de mouvements par les engrenages apparaît tout naturellement après une visite extérieure bien choisie qui permettra de poser les questions de sciences à travailler en classe.

Quelques exemples :

<p>Visite d'un moulin à eau où une roue verticale entraînée par l'eau permet un mouvement de rotation horizontal de la meule.</p>	<p>Le Musée de la métallurgie de Liège où l'on peut observer différentes machines comprenant divers systèmes d'engrenages.</p>
	

Une situation problème en lien avec le vécu des élèves permet également d'ancrer les apprentissages dans le réel.



Toutes les vitesses de mon VTT sont-elles utiles ?

2. Première phase : Comprendre la transmission de mouvements par les engrenages

2.1 Expériences-action : Découvrir le matériel lors d'une manipulation libre.

Consigne : Pendant 10 minutes, vous pouvez découvrir le matériel lors d'une manipulation libre, en groupe de 4.



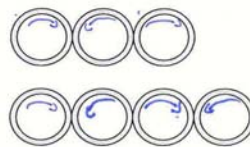
Ce matériel est un jeu d'enfant ! Nous avons d'ailleurs récupéré quelques boîtes de ces engrenages chez les institutrices maternelles...Et pourtant, il a mobilisé sérieusement ces élèves de 12 à 13 ans. Comme nous l'avions mentionné plus haut, une phase qui privilégie l'action permettant au propre projet de l'élève de s'exprimer est déjà une manière d'apporter des éléments de réponse à la situation étudiée et respecte ce besoin incontournable chez certains d'agir d'abord, pour comprendre et voir plus loin ensuite.

Nous avons pu mesurer combien ce moment libre est nécessaire même au secondaire. Les élèves se montrent ensuite bien plus disponibles et motivés pour la suite de la démarche.

Lors de ce moment, la construction de systèmes qui associent le plus possible de roues dentées semble être l'objectif principal des élèves. Leur implication d'abord individuelle devient vite collective car une collaboration s'impose si l'on veut faire la chaîne la plus longue.

2.2 Expériences-outil : Tester avec le matériel, selon les consignes et noter les observations et résultats.

Après l'introduction de l'atelier sous forme d'une manipulation libre, le matériel est ensuite réparti en fonction des nécessités de chaque étape de la démarche. La séquence se poursuit par des ateliers dirigés en groupe de quatre élèves. Des tâches sont à suivre sur la feuille de consignes (voir structuration 1, 2 et 3) et permettront la compréhension du sens de rotation des roues dans une suite d'engrenages, la vitesse relative de roues associées en fonctions du nombre de dents qu'elles présentent, l'influence du nombre de roues dans une série d'engrenages sur la vitesse de chacune. La transcription des observations à chaque stade est réalisée au crayon dans les espaces prévus. Les élèves en groupe discutent des conclusions à noter. Les élèves découvrent plutôt facilement le sens de rotation des roues, ils voient bien qu'il y a quelque chose à voir entre le sens de rotation et le nombre impaire ou paire de roues. Mais exprimer cette relation...c'est autre chose ! (voir fiche-outil « engrenage » 4 dans la séquence primaire).



- Que peux-tu en conclure ?

Une roue sur deux tourne de la même manière de la première et de la troisième.

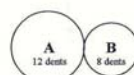
- Peux-tu donner le sens de rotation de la 36^e roue (nombre pair) et de la 57^e roue (nombre impair) ? Elle ne tournera comme la 2^e (pair) si elle ne tournera comme la 1^{ère} (impaire).



- Que peux-tu conclure ?

Si A a la demi de dents de B, si A fait un tour, B en fera la demi.

- Remplace la roue de 16 dents par une roue de 12 dents. Utilise la roue A puis la roue B comme roue motrice et indique tes observations dans le tableau.



Tours A	Tours B	Tours B	Tours A
1	1,5	4	2,66
2	3	5	3,3
3	4,5	12	8
8	12	15	10
10	15	20	13,3

- Que peux-tu conclure ?

La grande roue fait 12 dents, la petite fait 8 dents. Quand la petite fait 1 tour, la grande fait $\frac{2}{3}$ de tour.



- Réalise le montage ci-dessous et ensuite complète le tableau ci-dessous.



Tours A	Tours B	Tours C
2	4	8
4	4	8
6	12	6
8	16	8

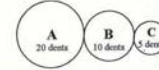
- Que peux-tu en conclure ? Formule ta conclusion sous forme mathématique.

Quand la grande roue fait 1 tour la petite fait le double et l'autre grand fait le même tour que la première

- Sans faire de manipulation, évalue le nombre de tours effectués par les roues A, B, C dans les 2 situations suivantes et indique tes évaluations dans les tableaux.



Tours A	Tours C
3	12
15	6
12	48



Tours A	Tours B	Tours C
4	8	16
2	4	8
50	100	100
102	204	408

Les élèves suivent les consignes et passent facilement de l'essai concret à la collecte de résultats chiffrés. Certains voient d'emblée la relation de proportionnalité qui relie les grandeurs : « nombre de tours de chacune des roues associées ». Volontairement, dans le souci d'une approche graduelle, nous proposons la comparaison de rapports simple et entier (lorsque la roue de 16 dents fait un tour, la roue de 8 dents fait deux tours) pour ensuite passer à des rapports plus complexes (nombre de tours de roues de 12 dents comparé au nombre de tours de roues de 8 dents).

La représentation des résultats sous forme graphique permet ensuite de comprendre qu'une relation de proportionnalité entre deux grandeurs peut se représenter par une droite passant par l'origine et que lorsque les rapports diffèrent la pente des droites diffère également.

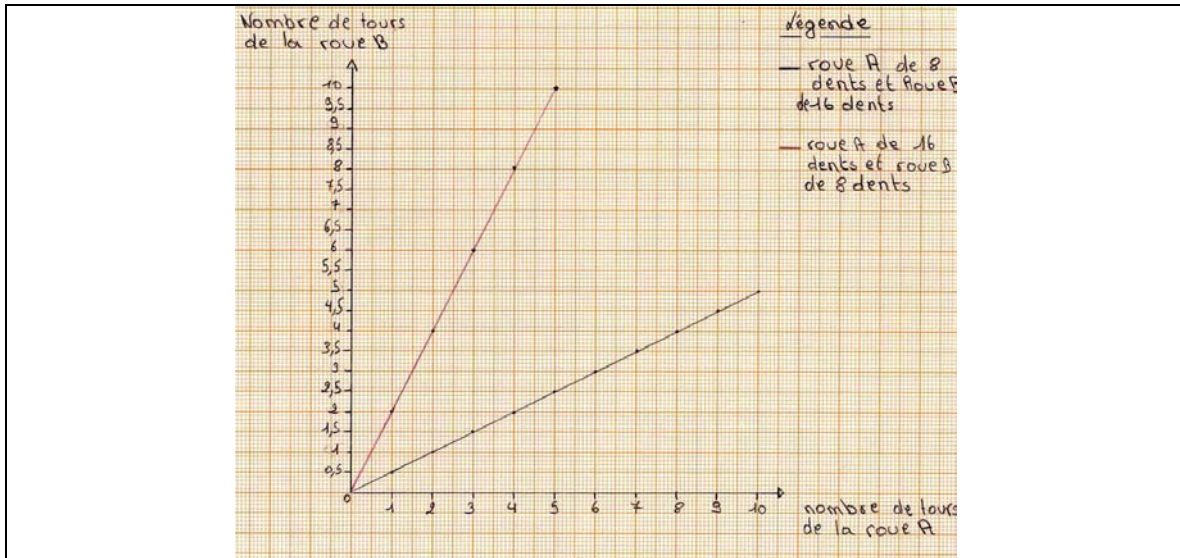
- Sur un papier millimétré trace un graphique ayant comme variable contrôlée le nombre de tours de la roue A et comme variable dépendante le nombre de tours de la roue B.

Représente les 2 situations suivantes :

- Roue A 16 dents et roue B 8 dents
- Roue A 8 dents et roue B 16 dents

- Après avoir tracé ton graphique, que peux-tu conclure ?

Les deux ^{droit} sont par la même inclinaison



Une mise en commun des résultats obtenus et des constatations exprimées permet de choisir les phrases les plus adéquates – Une relecture des feuilles s'avère nécessaire pour la correction orthographique.

2.3 Expériences-objet : un défi théorique et une expérience pour valider

Les élèves sont invités, sans avoir accès au matériel à résoudre une situation présentée sur feuille (voir fiche-outil «engrenage » 3 dans la séquence primaire). Si l'élève a bien intégré les sens de rotation des roues de deux engrenages associés, il peut ici appliquer sa connaissance. Mais deux situations nouvelles sont présentes dans l'exercice : la transmission par courroie et la transmission par crémaillère.

Si certains savent d'emblée que lorsque deux roues sont reliées par une courroie, le sens de rotation sera le même, cette évidence n'est pas assurée chez tous. Certains demandent à voir.

Dans ce cas-ci, c'est la situation défi théorique qui motive le passage par une expérience concrète, pour valider, confirmer que c'est bien comme on l'a dit que cela se passe.

Les élèves perplexes décident de prendre des élastiques comme courroies et d'essayer de relier deux roues en croisant ou décroisant la courroie.



3. La transmission de mouvements dans un vélo.

3.1 Expériences-action.

Un défi : Chercher en groupe la distance parcourue lors d'un tour de pédales? Deux vélos sont à votre disposition dans la cour.

Contrainte :

Vous devrez argumenter votre réponse en montrant avec le vélo.

Les termes « plateau, pignon, développement » devront apparaître dans la réponse (ces termes sont définis pour tous préalablement)



« Même nombre de dents à l'avant et à l'arrière, un tour de pédale entraîne un tour de roue. La distance parcourue correspond à un tour de roue. »

« La distance d'un tour de roue, c'est en fait la circonférence de la roue. On a mesuré et c'est la même chose ».



« Si la chaîne passe par un petit plateau avant et un grand pignon arrière, alors il faudra plus de tours de pédale pour faire un tour de roue »

La plupart des élèves ont l'habitude d'utiliser un vélo. Ils savent qu'un petit plateau à l'avant sera plus facile en montée mais qu'ils devront « mouliner » davantage. Quelques-uns toutefois ne savent pas exprimer spontanément que mettre la première en montée correspond à un petit plateau à l'avant et un grand pignon à l'arrière. Même si l'usage du vélo fait partie du vécu de tous, nous avons remarqué que l'ensemble des élèves étaient très impliqués dans ces essais et dans la recherche de solution au défi posé. Les discussions dans les groupes de travail lors de

cette manipulation concrète ont réellement permis à chacun de s'approprier le fonctionnement du vélo.

La séquence peut se poursuivre de deux manières

- une expérience-outil : Comparer différents rapports imposés de pignon et plateau et évaluer pour un tour de pédale le développement respectif. La procédure à suivre étant décrite par l'enseignant (voir ci-dessous : la suite de la séquence vécue).
- une expérience-objet : Concevoir une expérience qui permettra de montrer que certains rapports pignon/plateau sont identiques. Les élèves devront eux même prévoir la procédure à suivre.

En passant de l'expérience-action à l'expérience-outil ou objet, nous passons d'une expression qualitative à une expression quantitative des résultats. L'exigence de rigueur s'accroît.

3.2 Expériences-outil : Toutes les vitesses de mon VTT sont-elles utiles ?

Les élèves en deux groupes, réalisent des mesures qui permettront la comparaison de différents rapports « plateau – pignon » tels que signalés dans leur feuille de consigne (voir document de structuration 5). Des équerres en bois construites par l'enseignant, permettent de noter avec plus de précision la position de départ et d'arrivée du vélo après un tour de pédalier appliqué par un des expérimentateurs. Nous remarquons que les premières mesures sont aberrantes ! Après réflexion, les élèves se rendent compte que celui qui tient le guidon du vélo ne doit absolument pas le pousser car cela entraîne une estimation à la hausse du trajet parcouru par le vélo. Ce n'est que le tour de pédalier qui doit initier le mouvement. Nous constatons très vite la nécessité de faire plusieurs fois la mesure du développement pour un même rapport « plateau- pignon » envisagé et de noter dans le tableau la moyenne des mesures obtenues. Ces discussions pour parfaire la procédure sont évidemment riches d'apprentissage en ce qui concerne l'exercice d'une attitude scientifique et plus exactement l'apprentissage d'une certaine rigueur.

Un trait est marqué sur le sol à la craie pour indiquer la position de départ.

Pendant ce temps, un élève ajuste avec un repère la position du pédalier. Cela permettra de bien constater qu'un tour de pédale complet a été effectué.



3.3 Structuration

Différentes formes de structurations ont été proposées lors de cette séquence :

3.3.1 Synthèse écrite à compléter avec l'enseignant

Après ces différentes expérimentations, la structuration s'est déroulée facilement.

Il s'agit de manière frontale, de compléter les feuilles prévues afin de noter les conclusions.

La réalisation d'exercices d'application individuels est ensuite proposée. Une situation a particulièrement intéressé les élèves. Il s'agit de l'analyse d'un document trouvé sur un site d'amateurs de VTT et qui présente des tableaux de comparaison des braquets pour différents types de pignons et plateaux. De nouvelles questions se posent : pourquoi le titre du tableau précise-t-il le poids du cycliste et la pression de gonflage ?

3.3.2 Synthétiser les nouveaux apprentissages et réaliser un site Web.

L'enseignante a proposé aux élèves de réaliser un site Web qui relaterait la séquence sur les engrenages. La classe pourrait alors participer au concours de site Web « Crackduweb » organisé par l'asbl « hypothèse ». Les élèves ont été motivés par cette initiative et ont remporté un prix à ce concours. Vous pouvez consulter leur site sur l'adresse : <http://www.ompare.be>

Synthétiser une information en vue de réaliser un site est d'un intérêt certain en matière de structuration. En effet ; la logique même d'un site, qui présente une page d'accueil en lien avec diverses informations accessibles dans les pages sous jacentes, exige de la part des concepteurs une hiérarchisation claire de l'information. Un organigramme est à concevoir. Le choix des informations essentielles et des éléments accessoires est clairement guidé par le souci d'efficacité. L'expression orale est de plus suscitée lorsqu'il s'agit de placer quelques séquences relatant les observations réalisées sous la forme de vidéo. La mobilisation des élèves pour réaliser ce compte-rendu consultable sur le web est effective.

3.3.3 Réalisation d'une présentation orale et de panneaux pour une exposition

Les élèves ont présenté leur projet à « Exposciences » organisé par les jeunesses scientifiques de Belgique. La participation à une exposition de ce type a également nécessité une présentation sous forme synthétique des apprentissages réalisés. Lors de l'exposition, les élèves devaient exprimer leur projet devant le public visitant les stands. Cet objectif a responsabilisé les élèves dans la préparation de cette présentation orale.

Plan d'organisation des activités autour des engrenages au secondaire














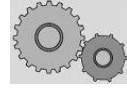
Phases	Docu- ments de structura- tion	Fiches d'activité
Mise en situation : visite du musée de la métallurgie		
Situation-problème : toutes les vitesses de mon VTT sont-elles utiles ?		
Expérience-action pour découvrir le matériel (engrenages)		
Expérience-outil en protocole: sens de rotation des engrenages	 6	  1
Expérience-outil en protocole : vitesse de rotation des engrenages	 6	  2
Expérience-objet en défi théorique : pic et zou		  3
Expérience-action en défi technique : chercher en groupe, la distance parcourue lors d'un tour de pédale à vélo.	 7	  6
Variante 1 : expérience-outil : comparer différents rapports imposés de pignon et de plateau	 7	  7
Variante 2 : expérience-objet : concevoir une expérience qui permettra de montrer que certains rapports pignon/plateau sont identiques		

Tableau des savoirs

Activités autour des engrenages au secondaire

Les compétences travaillées relèvent du domaine des Mathématiques dans la rubrique grandeur : « opérer-fractionner ».

Tableau des compétences

Activités autour des engrenages au secondaire

<i>Savoir-faire</i>		<i>Domaine du savoir envisagé</i>		<i>Engrenages</i>	<i>La force de l'eau</i>	<i>L'électricité et l'énergie</i>
		<i>Engrenages</i>	<i>La force de l'eau</i>	<i>L'électricité et l'énergie</i>	<i>La force de l'eau</i>	<i>L'électricité et l'énergie</i>
C1	Formuler des questions à partir de l'observation					
C2	Rechercher et identifier des indices					
C3	Agencer les indices en vue de formuler des pistes de recherche					
C4	Différencier les faits établis de réactions affectives et de jugements de valeur					
C5	Concevoir ou adopter une procédure expérimentale	✓				
C6	Recueillir des informations par des observations	✓				
C7	Identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat					
C8	Exprimer le résultat d'une mesure	✓				
C9	Repérer et noter une information issue d'un écrit scientifique					
C10	Repérer et noter une information issue d'un graphique					
C11	Repérer et noter une information issue d'un croquis, d'un schéma					
C12	Comparer, trier, classer...					
C13	Mettre en évidence des relations entre deux variables	✓				
C14	Rassembler des informations dans un tableau et les communiquer à l'aide d'un graphique	✓				
C15	Valider les résultats d'une recherche					
C16	Elaborer un concept, une loi	✓				
C17	Réinvestir les connaissances acquises dans d'autres situations					

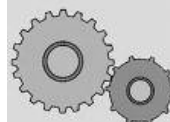


FICHES OUTILS

6- Toutes les vitesses de mon vélo sont-elles utiles ?

7- Toutes les vitesses de mon vélo sont-elles utiles ?
Variante.

Toutes les vitesses de mon vélo sont-elles utiles ?



6



Expériences-outil pour comparer des distances parcourues en fonction des rapports plateau/pignon.

Buts de l'activité

A l'aide d'un vélo, mesurer la distance parcourue pour un tour de pédale suivant la position de la manette des « vitesses ». Selon différents rapports étudiés, comparer les distances parcourues.

Pouvoir comprendre comment rendre sa conduite à vélo la plus efficace suivant la déclivité du terrain.

Matériel

- Un vélo (type VVT) par groupe (21 vitesses).
- Une craie
- Des gommettes
- Une équerre en bois de grande taille
- Un décimètre
- Un mètre ruban par groupe
- Du papier et des crayons
- Lieu de l'activité : la cour de l'école



Déroulement

Mise en situation

Observation du vélo par groupe : le développement correspond à la circonférence de la roue.

Description des tâches attendues

Compter le nombre de dents des plateaux avant et pignon du vélo et en déterminer le nombre de rapports possibles qui correspond au nombre de « vitesses » du vélo

Placer une gommette repère sur la roue avant. A l'aide de l'équerre placée devant la roue avant, faire un trait à la craie sur le sol. Manuellement, réaliser un tour de pédale et tracer un second trait sur le sol de nouveau à l'aide de l'équerre. Mesurer la distance qui sépare les deux traits. Noter la mesure obtenue dans le document de structuration.**

Comparer les résultats et observer que certains rapports entraînent des développements très proches. On n'utilise souvent que quelques rapports sur son vélo.

Comprendre un tableau présentant les valeurs de « braquets », rapports pignon/plateau, à disposition des professionnels pour optimiser leur achat de vélo. A la lecture du tableau, il apparaît que certains braquets sont identiques

Organisation de la mise en commun

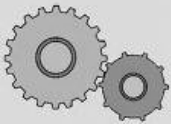

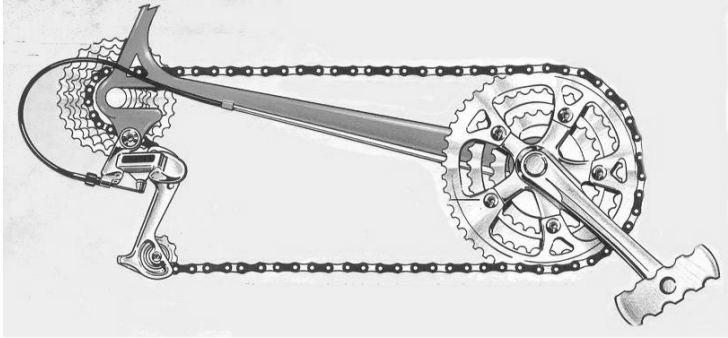
La mise en commun à lieu au fur et à mesure de la démarche menée dans la cour.

Pour aller plus loin

Comprendre un tableau¹ présentant les développements selon les braquets, rapports pignon/plateau, à disposition des professionnels pour optimiser leur achat de vélo. A la lecture du tableau, il apparaît que certains braquets sont identiques.

Sources/références

Equipe de recherche « hypothèse ».

<p>Toutes les vitesses de mon vélo sont-elles utiles ? Variante</p>		<p>7</p>
	<p>Expériences-objet pour comparer des distances parcourues en fonction des rapports plateau/pignon.</p>	
<p>Buts de l'activité Concevoir une expérience qui permettra de montrer que certains rapports pignon/plateau sont identiques. Les élèves devront eux – mêmes prévoir la procédure à suivre.</p>		
<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un vélo (type VVT) par groupe (21 vitesses). • Une craie • Des gommettes • Une équerre en bois de grande taille • Un décimètre • Un mètre ruban par groupe • Du papier et des crayons • Lieu de l'activité : la cour de l'école • Autre matériel selon souhait des élèves 		
<p>Déroulement Mise en situation Les élèves sont répartis en groupe de 5. Concevoir une procédure expérimentale pour répondre la question : Toutes les vitesses du VTT sont-elles utiles ? Observation du vélo par groupe : le développement correspond à la circonférence de la roue</p> <p>Description des tâches attendues : Les élèves réfléchissent à la manière de procéder. Ils ont un vélo à leur disposition. Un des membres du groupe note les étapes de la démarche. Exemple de procédure : Exemple 1 : A l'aide d'un vélo, mesurer la distance parcourue pour un tour de pédale suivant la position de la manette des « vitesses ». Choisir plusieurs positions de la chaîne sur le plateau et le pignon. Noter le nombre de dents du plateau et du pignon pour chaque position choisie. Comparer le développement (distance parcourue) selon ces différents braquets (rapports pignon plateau) étudiés. Afin d'évaluer la distance, placer une gommette repère sur la roue avant et sur la pédale. A l'aide de l'équerre placée devant la roue avant, faire un trait à la craie sur le sol. Manuellement, réaliser un tour de pédale et tracer un second trait sur le sol de nouveau à l'aide de l'équerre placée contre la roue. Mesurer la distance qui sépare les deux traits. Noter la mesure obtenue.</p>		



LIAISON PRIMAIRE- SECONDAIRE

Exemple 2 : Afin de comparer les différents rapports « plateau/pignon », les élèves peuvent aussi compter le nombre de tour de pédale nécessaire pour réaliser une distance donnée (par exemple 10m). Bien que la démarche proposée soit logique, la mesure dans ce deuxième exemple est nettement moins précise car il est difficile de mesurer correctement un nombre de tour.

Organisation de la mise en commun

Les élèves présentent leurs résultats et la manière dont ils ont procédé pour les obtenir. Les procédures utilisées peuvent être analysées afin de faire ressortir les avantages et inconvénients de chacune. Il est important de faire prendre conscience aux élèves de l'importance du contrôle des variables et des imprécisions inhérentes à chacune des méthodes. Une réflexion critique permet d'aborder la manière d'améliorer les protocoles si besoin. L'enseignant peut comparer les résultats et faire observer que certains rapports entraînent des développements très proches. On n'utilise souvent que quelques rapports sur son vélo.

Arriver à la formulation : Développement = Circonférence roue X Nombre dents plateau/nombre dents pignon

Pour aller plus loin

Comprendre un tableau¹ présentant les développements selon les braquets, rapports pignon/plateau, à disposition des professionnels pour optimiser leur achat de vélo. A la lecture du tableau, il apparaît que certains braquets sont identiques.

Sources/références

¹Tableau des développements de VTT: <http://www.cyclos-cyclotes.org/technique/index.html>



DOCUMENTS DE STRUCTURATION ENGRENAGES AU SECONDAIRE

- 1- Je pars à gauche ou à droite
- 2- Vite ou pas vite
- 3- Le nombre de roues dans un engrenage influence-t-il la vitesse d'une roue.
- 4- Qui sera expédié dans l'espace ?
- 5- Fonctionnement du vélo.
- 6- Fonctionnement du vélo : calcul du développement.

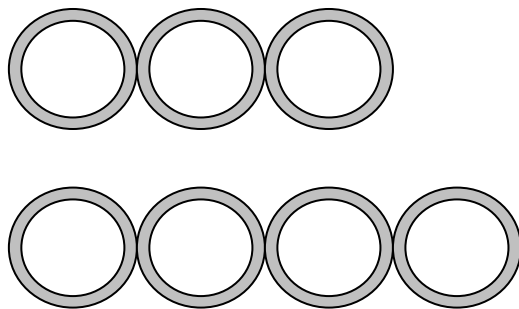
1. Je pars à gauche ou à droite ?

Matériel :

- Roues d'engrenages de même taille
- Plateau de fixation
- Plasticine et petits drapeaux

Expérimentation :

- Construis une série linéaire d'engrenages et observe le sens de rotation de chacune des roues.
Remarque : pour bien observer le sens de rotation, dispose un drapeau à l'aide de plasticine sur les roues.
- Sur les schémas ci-dessous, indique le sens de rotation des roues.

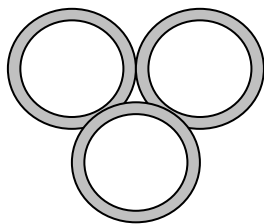


- Que peux-tu en conclure ?

.....

.....

- Peux-tu donner le sens de rotation de la 36^e roue (nombre pair) et de la 57^e roue (nombre impair)
- Réalise le montage suivant le schéma ci-dessous et indique ce qui se passe en provoquant la rotation d'une des roues.



.....

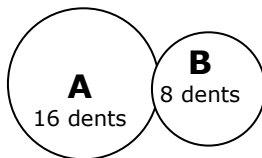
2. Vite ou pas vite ?

Matériel :

- Des engrenages de différentes tailles
- Plateaux de fixation
- Gommettes de couleurs

Expérimentation :

- Réalise le montage ci-dessous et observe combien de tours fait la roue B quand la roue A fait 1, 3, 5, 12, 17 tours. Utilise les gommettes de couleurs comme points de repère. Note tes observations dans le tableau ci-dessous.



Tours A	Tours B
1	
3	
5	
12	
17	

- **Sans faire de manipulation**, évalue le nombre de tours effectués par la roue B quand la roue A fait le nombre de tours indiqués dans le tableau ci-dessous. Complète le tableau.

Tours A	Tours B
23	
35	
46	
54	
61	

- Que peux-tu conclure ?

.....

.....

- Refais la même expérience mais en changeant de roue motrice. Complète le tableau.



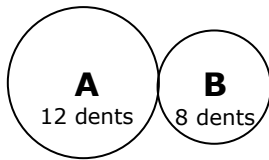
Tours A	Tours B
2	
8	
10	
1	
3	

- Que peux-tu conclure ?

.....

.....

- Remplace la roue de 16 dents par une roue de 12 dents. Utilise la roue A puis la roue B comme roue motrice et indique tes observations dans le tableau.



Tours A	Tours B	Tours B	Tours A
1		4	
2		5	
3		12	
8		15	
10		20	

- Que peux-tu conclure ?

.....

.....

- Sur un papier millimétré trace un graphique ayant comme variable contrôlée le nombre de tours de la roue A et comme variable dépendante le nombre de tours de la roue B.

Représente les 2 situations suivantes :

- Roue A 16 dents et roue B 8 dents
- Roue A 8 dents et roue B 16 dents

- Après avoir tracé ton graphique, que peux-tu conclure ?

.....

.....

3. La vitesse de rotation d'une roue dépend-elle du nombre de roues?

Matériel :

- Roues d'engrenages de tailles différentes
- Plateau de fixation

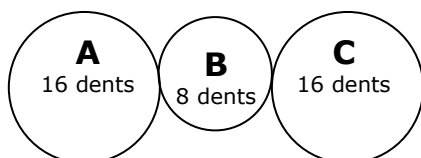
Expérimentation :

- Réalise le montage ci-dessous. Ensuite complète le tableau en y indiquant le nombre de tours effectué alternativement par A et C.



Tours A	Tours C
2	
	5
7	
	8

- Réalise le montage ci-dessous et ensuite complète le tableau ci-dessous.



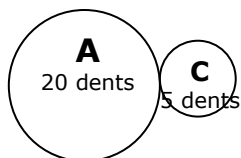
Tours A	Tours B	Tours C
2		
	4	
		6
8		

- Que peux-tu en conclure ? Formule ta conclusion sous forme mathématique.

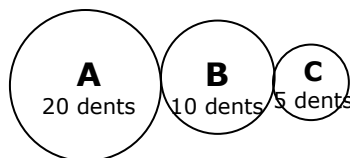
.....

.....

- **Sans faire de manipulation**, évalue le nombre de tours effectués par les roues A, B, C dans les 2 situations suivantes et indique tes évaluations dans les tableaux.



Tours A	Tours C
3	
	6
12	



Tours A	Tours B	Tours C
4	8	16
2	4	8
50		
102		

4. Qui sera expédié dans l'espace?

Matériel :

- Roues d'engrenages
- Plateau de fixation
- Elastiques
- Fiche défi : »Pic et Zou «

Expérimentation :

Dispose 2 roues dentées sur le plateau de fixation en les espaçant l'une de l'autre. Ensuite relie-les avec un élastique. Que se passe-t-il ? Dans quels sens tournent les roues ?

Fais le schéma ci-dessous.

Refais la même manipulation mais en croisant la courroie. Qu'observes-tu ? Fais le schéma ci-dessous.

Que peux-tu conclure ?

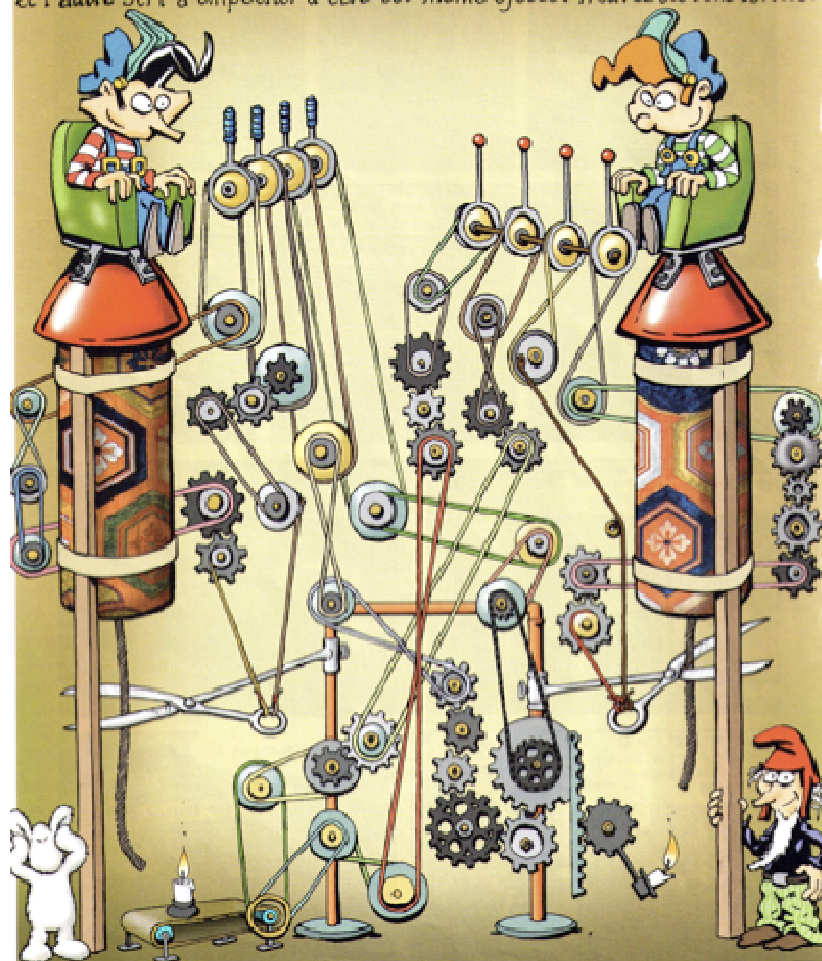
.....
.....
.....

Application :

Observe attentivement la fiche défi « Pic et Zou » et trouve le levier qui sert à expédier le copain d'en face dans l'espace et celui qui sert à empêcher d'être soi-même éjecté !

Bon amusement !

PIC et ZOU sont tous deux assis sur des sièges éjectables très puissants. Ils disposent de manettes qu'ils ne peuvent que TIRER VERS EUX. Parmi elles, seulement DEUX sont utiles: UNE sert à expédier le copain dans l'espace et l'autre sert à empêcher d'être soi-même éjecté! Trouvez ces bons leviers!



5. Fonctionnement du vélo

Matériel :

2. Un vélo
3. Gommettes de couleurs
4. Craies de couleurs
5. Mètre ruban

Expérimentation :

1. Compte le nombre de dents des plateaux avant et des pignons arrière du vélo et complète le tableau ci-dessous.

Plateau avant	Pignon arrière
dents	dents
dents	dents
dents	dents
dents	dents
dents	dents
dents	dents

Le vélo compte doncvitesses. Sont-elles toutes nécessaires ? Quels sont les rapports les plus appropriés pour rouler à plat ou en montée ?

2. Tout en modifiant les plateaux avant et pignons arrière (de préférence choisir des rapports simples), effectue les manipulations suivantes et indique tes résultats dans le tableau ci-dessous.
 - Place une gommette repère sur la roue avant.
 - Au contact de la roue avec le sol, fais un premier trait.
 - Tout en observant la rotation de la roue avant, fais faire un tour de pédale au vélo.et fais un deuxième trait sur le sol.
 - Mesure la distance qui sépare les 2 traits : celle-ci te donne le développement.

Dents plateau avant	Dents pignon arrière	Tour de roue	Tour de pédale	Développement

Que peux-tu conclure?

.....

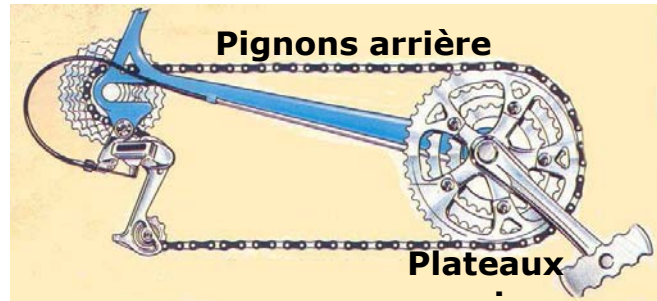
.....

.....

.....

6. Fonctionnement du vélo : calcul du développement.

Avant de passer à l'expérimentation avec un vélo, quelques données théoriques sont nécessaires...



Les 2 documents ci-dessus vous montrent la structure d'un **dérailleur** de vélo. Comme vous pouvez le constater, le dérailleur est composé de nombreuses roues dentées qui sont reliées avec une chaîne : nous sommes donc bien en présence d'engrenages !

Les roues dentées situées sur la roue arrière porte le nom de

Les roues dentées situées au pédalier porte le nom de

Le nombre de vitesses d'un vélo est calculé en multipliant le nombre de plateaux par le nombre de pignons.

Exemple : si un vélo possède 3 plateaux sur le pédalier et 6 pignons sur la roue arrière il a vitesses.

A chaque tour de pédalier, le vélo parcourt une certaine distance sur le sol : c'est ce qu'on appelle le **développement**.

Quand on parle de changement de vitesse on utilise souvent le mot **braquet**. Celui-ci représente le rapport de démultiplication entre le pédalier et le pignon arrière.

Un peu de math

Pour effectuer le choix des braquets de votre vélo, il faut bien comprendre le principe de la démultiplication. La circonférence d'un cercle est égale à $2 \pi R$ (R étant le rayon du cercle et le fameux nombre égal à 3,14) ou à πD (D étant le diamètre du cercle) Chaque fois que votre roue fait un tour complet, vous avancez de πD sur la route puisque votre roue reste en permanence en contact avec le sol.

Exemple : avec des roues de 650 (à peu près 630 millimètres de diamètre)
 $\pi \times 0,630 = 1,98$ mètre

Remarque : Le diamètre de la roue "en action" dépend bien sûr de la section des pneus, de la pression de gonflage et du poids du cycliste. Par exemple si le pneu est dégonflé, le diamètre sera inférieur.

Comment calculer le développement de son vélo ?

On multiplie le diamètre de la roue par 3,14 et par le nombre de dents du plateau du pédalier et on divise par le nombre de dents du pignon arrière.

Exemple : un vélo avec un pédalier de 26 dents et un pignon de 13 dents, utilisant des roues de 650 avance de $1,98 \text{ m} \times (26/13) = 3,96 \text{ m}$ à chaque tour de pédale.

Exercices

- 1) Calcule le développement du même vélo avec un pédalier de 52 dents et un pignon de 13 dents.

- 2) Calcule le développement du même vélo avec un pédalier de 26 dents et un pignon de 26 dents.

- 3) Calcule le développement du même vélo avec un pédalier de 26 dents et un pignon de 30 dents.

Que constates-tu ?

.....

Lorsque tu utilises un petit braquet utilises-tu un grand ou un petit pignon ? Justifie.

.....

Lorsque tu utilises un grand braquet utilises-tu un grand ou un petit pignon ? Justifie.

.....

Organisation des activités à propos de l'électricité au primaire



Le compte-rendu ci-dessous relate partiellement ce qui s'est vécu à l'école Saint-Joseph à Sougné-Remouchamps dans la classe de Dominique Bollaerts.

L'ensemble de la démarche vécue est racontée et commentée par les enfants sur le site : <http://www.saintjo-remouchamps.be/cdw/>. Divers documents y sont téléchargeables.

Durée de la séquence : 4 périodes.

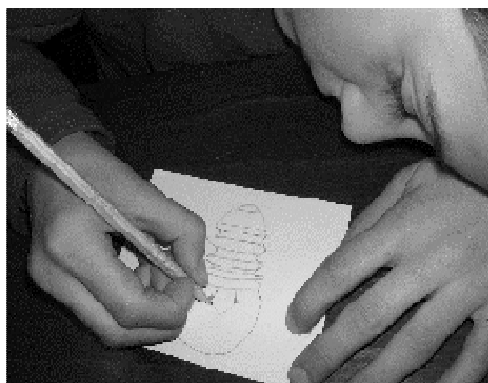
1- Première phase : expérience de sensibilisation - observation de l'ampoule

Il ne s'agit pas d'une expérimentation à proprement parler mais d'un travail d'observation.

Les enfants sont placés en groupe. Ils reçoivent une ampoule de lampe de poche et l'observent. S'ils le souhaitent, ils ont à leur disposition une loupe. Ils reçoivent ensuite une ampoule ordinaire afin de vérifier si leurs observations sont « complètes » et « correctes ».



Lulcia observe la grosse ampoule à la loupe.



Le dessin prend forme...

Les enfants prennent note individuellement au fur et à mesure. Cette étape contribue à structurer l'apprentissage dans la mesure où l'observation doit se préciser, s'affiner et l'enfant fait des allers-retours entre l'objet réel et la représentation de ce réel qui se construit peu à peu.

Il y a ensuite mise en commun des observations des enfants puis confrontation à un schéma de référence afin de préciser le nom des parties de l'ampoule et la nature des matériaux la constituant (voir document de structuration 1 ci-après).

2- Deuxième phase : expérience pour « voir » dans un défi expérimental - un circuit simple

La consigne est : « allumer l'ampoule sans qu'elle ne soit en contact direct avec la pile » (voir fiche-outil 1).



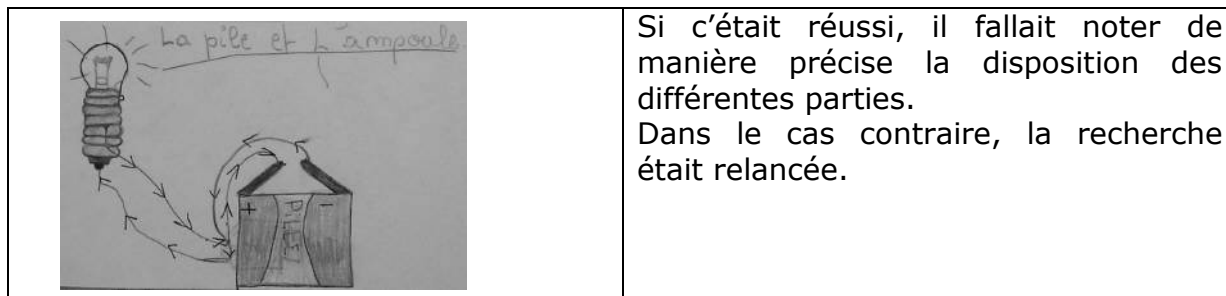
Deux fils, qui partent de la même borne de la pile et arrivent au même endroit sur l'ampoule. Ça ne fonctionne pas, mais ça chauffe...

Les enfants reçoivent une ampoule de lampe de poche et ont à leur disposition des fils électriques variés. Il s'agit d'essais menés par les enfants afin de se familiariser avec le matériel, tout en découvrant peu à peu, par essais et erreurs, ce qu'est un circuit électrique simple.

« Quand nous pensions avoir réussi le défi, nous appelions notre instituteur et il venait placer la pile »

« Résumons : deux fils qui partent de la pile, qui arrivent à deux parties métalliques de l'ampoule et qui ne sont jamais en contact l'un avec l'autre...et ça fonctionne ! »





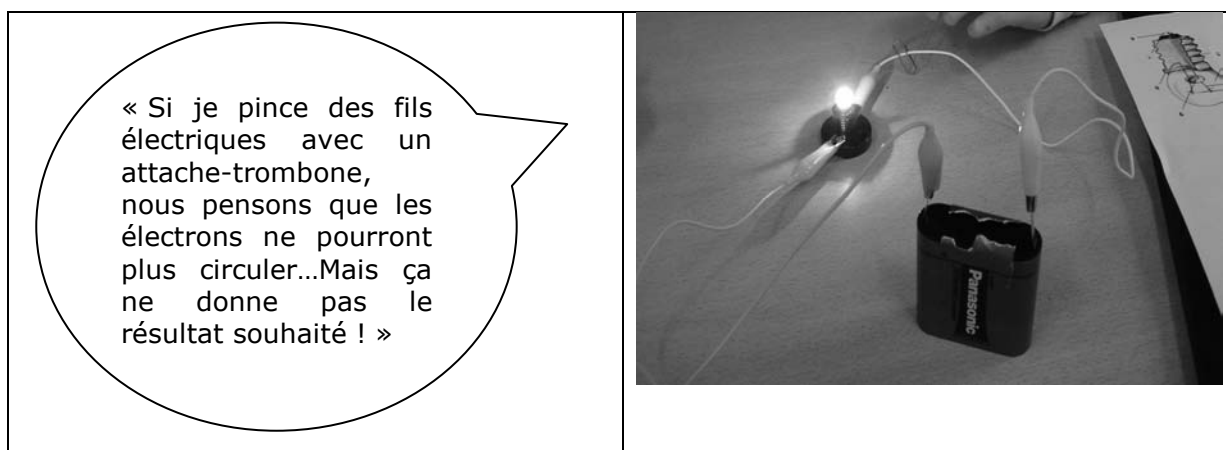
La mise en commun a permis une structuration orale.

Pour gérer les vitesses de travail différentes dans les groupes, l'enseignant relançait la recherche par des sous-questions : « Peut-on inverser les fils ? Comment allumer 2 ampoules avec une seule pile en utilisant le moins de fils possible ? ».

3 - Troisième phase : Avec un interrupteur - expérience-action (expérience pour « voir »)

Il s'agit maintenant de construire un interrupteur : « éteindre et allumer l'ampoule sans devoir déconnecter les fils ». Les enfants disposent de matériel plus performant (pinces crocodiles,...) pour que les contacts soient plus francs (voir fiche-outil 2).

L'activité permet de constater que les essais non concluants reflètent la pensée de l'enfant :

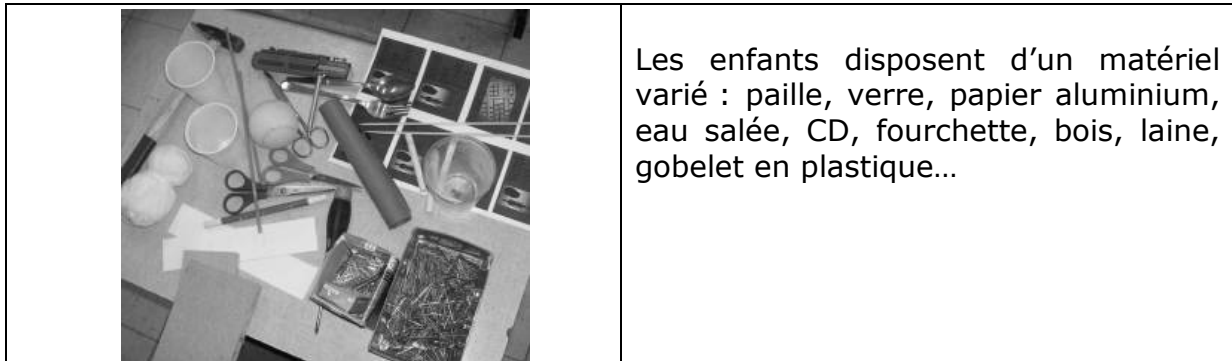


Les différents essais menés par les enfants n'ont, cette fois, pas abouti. L'enseignant propose alors une expérience-illustrative pour clôturer la séance et apporter une solution qui fonctionne.

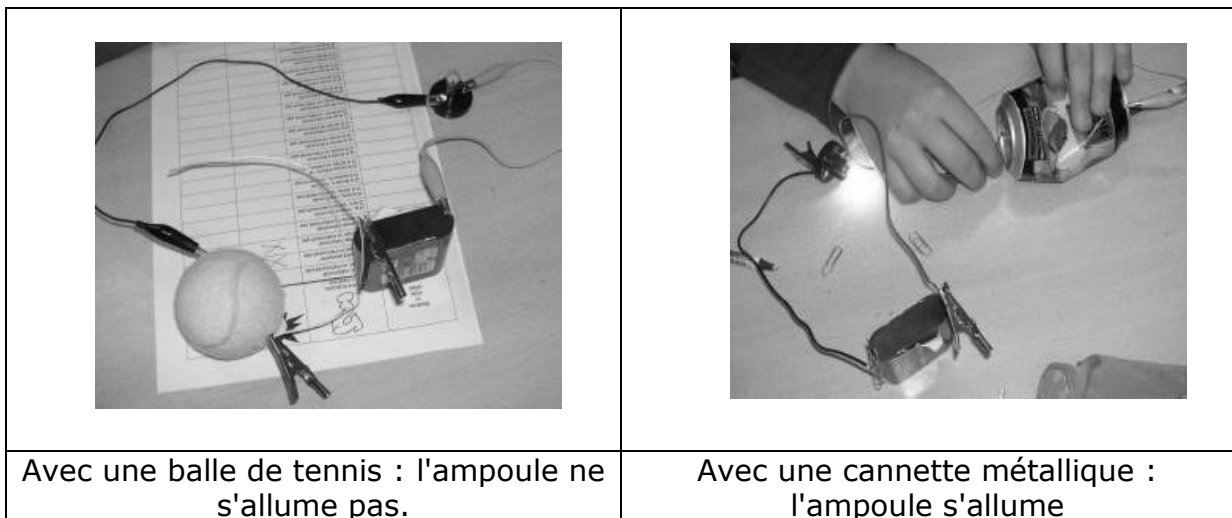
Des traces écrites sont aussi produites par les enfants.

4 - Quatrième phase : Conducteur ou isolant - expérience - objet.

Cette fois, la consigne est : « Faire un circuit simple en insérant dans le circuit un objet autre qu'un fil électrique » (voir fiche-outil 3).



Ici, la démarche attendue est différente. Les enfants ne sont plus dans les expériences pour « voir ». Un tableau est proposé aux enfants afin qu'ils anticipent les résultats (voir document de structuration 2 ci-après). Les enfants « parient » que tel ou tel objet permettra le passage du courant. Ils passent ensuite à la phase expérimentale pour vérifier si ce qu'ils pensent est correct ou non.



La démarche s'apparente ici à l'expérience-objet dans la mesure où elle permet de vérifier si l'idée émise est correcte. Certaines difficultés apparaissent : ainsi, avec des matériaux identiques, certains groupes obtiennent des résultats différents ! Si l'ampoule ne s'allume pas en utilisant la paire de ciseaux, est-ce parce que les ciseaux ne conduisent pas le courant ou parce que les contacts ne sont pas bons ? Les enfants découvrent alors la nécessité de refaire plusieurs fois la même expérience avant de conclure.

Un moment de structuration a clôturé cette dernière séance.

Plan d'organisation des activités autour de l'électricité au primaire.






Phases	Documents de structuration	Fiches d'activité
<p>Première séance « l'ampoule »</p> <p>➤ Activité d'observation : qu'y a-t-il à l'intérieur d'une ampoule électrique ?</p>	 1	
<p>Deuxième séance « un circuit simple »</p> <p>➤ Expérience-action « pour voir » : relier une pile et une ampoule avec des fils électriques pour que l'ampoule s'allume</p>		 1
<p>Troisième séance « un interrupteur »</p> <p>➤ Expérience-action « pour voir » : construire un interrupteur pour éteindre l'ampoule</p>		 2
<p>Quatrième séance « conducteurs et isolants »</p> <p>➤ Expérience-objet pour prouver</p>	 2	 3

Tableau des savoirs

Activités autour de l'électricité au primaire

L'ÉNERGIE	
Généralités	
Les principales sources d'énergie	
Les différentes formes d'énergie	
Transformation d'une forme d'énergie en une autre	
Quelques formes de stockage d'une énergie	
Electricité	
L'électricité est le résultat d'une transformation d'énergie	✓
Transformation de l'énergie électrique en une autre forme	✓
Le circuit électrique simple	✓
Bons et mauvais conducteurs	✓
Les forces	
Mise en évidence d'une force par ses effets perceptibles	
Principe de l'action-réaction	
Approche de la relation masse-poids	
La pression : relation force-surface	
La chaleur	
Distinction chaleur et température	
Transformation des différentes formes d'énergie en énergie thermique	
Transfert de la chaleur dans les différents états de la matière	
Les qualités d'un bon isolant thermique	
Dilatation et contraction	

Tableau des compétences

Activités autour de l'électricité au primaire

<i>Domaine du savoir envisagé</i>		<i>Engrenages</i>	<i>La force de l'eau</i>	<i>L'électricité et l'énergie</i>
<i>Savoir-faire</i>				
C1	Formuler des questions à partir de l'observation			✓
C2	Rechercher et identifier des indices			✓
C3	Agencer les indices en vue de formuler des pistes de recherche			
C4	Différencier les faits établis de réactions affectives et de jugements de valeur			
C5	Concevoir ou adopter une procédure expérimentale			✓
C6	Recueillir des informations par des observations			✓
C7	Identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat			
C8	Exprimer le résultat d'une mesure			
C9	Repérer et noter une information issue d'un écrit scientifique			
C10	Repérer et noter une information issue d'un graphique			
C11	Repérer et noter une information issue d'un croquis, d'un schéma			✓
C12	Comparer, trier, classer...			✓
C13	Mettre en évidence des relations entre deux variables			
C14	Rassembler des informations dans un tableau et les communiquer à l'aide d'un graphique			
C15	Valider les résultats d'une recherche			
C16	Elaborer un concept, une loi			
C17	Réinvestir les connaissances acquises dans d'autres situations			✓



FICHES OUTILS

- 1- Le circuit électrique simple
- 2- L'interrupteur
- 3- Isolant ou conducteur

Un circuit simple



1



Expérience pour voir dans un défi expérimental

Buts de l'activité

A partir du matériel mis à disposition, les élèves construisent un circuit électrique qui permettra d'allumer l'ampoule.

Matériel

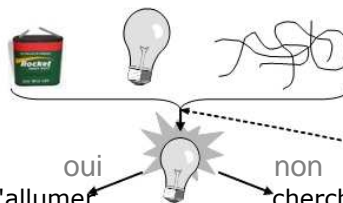
- Ampoules de lampes de poche (3,5 ou 3,8 V) – si possible une par enfant
- Piles plates de 4,5 V
- Piles rondes de 1,5 V
- Fils électriques divers



Déroulement

Mise en situation

Défi : allumer l'ampoule de lampe de poche en utilisant une pile et un ou plusieurs fils électriques. L'enseignant note au tableau l'organigramme ci-dessous afin d'indiquer aux enfants la marche à suivre selon qu'ils aient trouvé, ou non, une solution qui permette d'allumer la lampe.



oui
 dessiner la situation qui a permis d'allumer l'ampoule, avec le plus de précision possible

non
 chercher une meilleure solution technique en réfléchissant au pourquoi du non éclairage

Description des tâches attendues

En utilisant comme ils le souhaitent le matériel mis à leur disposition, chaque groupe (de 2 ou 3 enfants) tâtonne pour trouver une solution pour allumer cette ampoule "à distance" de la pile. Quand une solution est prête, le groupe appelle l'enseignant pour la "mise en marche". Selon la réussite ou l'échec de l'expérience, le groupe se dirige vers la gauche ou la droite de l'organigramme. Tant que l'ampoule ne s'allume pas, le groupe doit creuser le problème pour trouver une solution...



LIAISON PRIMAIRE- SECONDAIRE

Pour aller plus loin

Remplacer les ampoules par des moteurs et se rendre compte que dans ce cas, le sens du courant a de l'importance (le moteur tourne dans un sens ou dans l'autre selon la manière dont il est raccordé aux bornes de la pile).



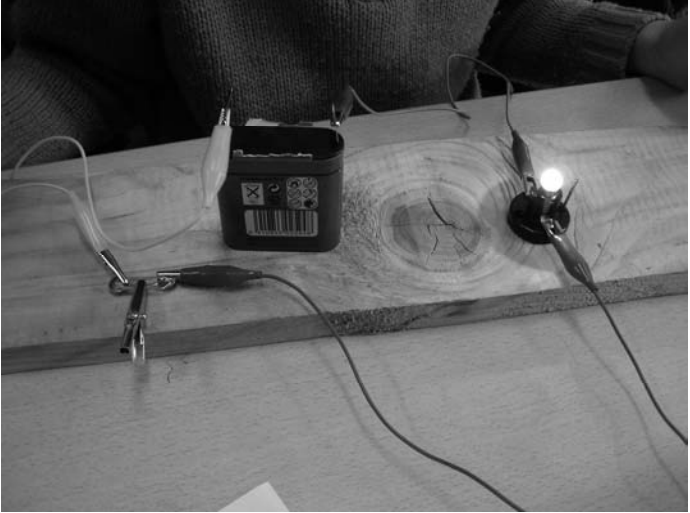
Cela peut se constater également avec des buzzers ou des diodes (LED) qui ne fonctionnent que dans un sens bien précis du courant.

Quelques sites intéressants...

- <http://www.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/Physico/Electro/e02coura.htm>
- <http://www.lescale.net/circuits/> (Jeux pour les enfants sur les circuits électriques)
- <http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/carrefour/theorie/planche.html>
- <http://www.et-demain-en-classe.org/avecquoi/fardesynt/SCI25.htm>

Sources/références

Fiche d'Alain Grignet, adaptée par Dominique Bollaerts, instituteurs du groupe de recherche.

L'interrupteur		2
	Expérience-action pour voir dans un défi expérimental	
<p>Buts de l'activité</p> <p>Créer un interrupteur de manière à pouvoir allumer et éteindre l'ampoule sans toucher aux fils électriques.</p>		
<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> • ampoules de 3,8 V (une par groupe au moins, une par enfant si possible...) • piles plates de 4,5 V • fils électriques divers • attaches trombones, clous, attaches parisiennes, punaises (avec ou sans la protection plastique), ... • interrupteurs (pour la phase 4) <p>Pré-requis</p> <ul style="list-style-type: none"> • vocabulaire de l'ampoule • chemin emprunté par le courant dans l'ampoule • qu'est-ce que l'électricité ? • notion de circuit simple 		
<p>Déroulement</p> <p>Mise en situation</p> <p>Vous avez toutes et tous réussi à allumer une ampoule en la reliant adéquatement à une pile par des fils électriques.</p> <p>Voici un nouveau défi : « trouver un moyen qui permette d'éteindre l'ampoule sans débrancher les fils, ni de l'ampoule, ni de la pile ».</p> <p>L'enseignant présente le matériel mis à la disposition des élèves ainsi que la marche à suivre.</p> <p>Description des tâches attendues</p> <p>En utilisant comme ils le souhaitent le matériel mis à leur disposition, chaque groupe (de 2 ou 3 enfants) tâtonne pour trouver une solution pour allumer cette ampoule "à distance" de la pile et de l'ampoule (c'est-à-dire sans toucher à la pile, aux fils et à l'ampoule).</p> <p>Quand une solution est prête, le groupe appelle l'enseignant pour la "mise en marche".</p> <p>Selon la réussite ou l'échec de l'expérience, le groupe garde une trace du circuit proposé ou poursuit ses investigations pour trouver une solution qui fonctionne.</p>		



LIAISON PRIMAIRE- SECONDAIRE

Organisation de la mise en commun

A partir des schémas réalisés, les groupes vont s'exprimer sur ce qu'ils ont fait pour arriver à un tel circuit :

- la réflexion qu'ils ont menée ;
- le matériel qu'ils ont utilisé ;
- les résultats obtenus ;
- ...

On montrera un circuit qui a bien fonctionné et on dessinera également un tel circuit au tableau, pour voir et rappeler que l'interrupteur doit permettre d'ouvrir et de fermer le circuit. C'est l'occasion de constater que le système doit être fiable et ne dépende pas d'un élément extérieur autre que le fait d'actionner l'interrupteur (mauvais contact, par exemple).

Qu'a-t-on en fait créé ici ? Un interrupteur, tel que celui qui se trouve à côté de la porte de notre classe... Le mot "interrupteur" et le mot "interrompre" ont d'ailleurs un lien.

Donc, dire "Ferme un peu la lumière" - comme on l'entend parfois- a-t-il un sens ? Non, puisque l'on devrait dire "Ouvre un peu le circuit"...

Institutionnalisation

Les élèves comprendront que l'on peut interrompre de manière volontaire un circuit électrique pour éteindre une ampoule (ou autre chose, selon le cas).

Pour aller plus loin

- ✓ Où placer l'interrupteur ?

L'interrupteur doit-il être placé avant l'ampoule, après l'ampoule dans le circuit ou sa position n'a-t-elle pas d'importance ?

Un petit "sondage" permet de savoir quels élèves choisissent quelle solution.

Essayons: dans chaque groupe, les élèves choisiront la position qu'ils souhaitent pour l'interrupteur. (Les groupes peuvent être faits en fonction des avis exprimés...)

Regardons les résultats dans chacun des groupes ... pour s'apercevoir que la position de l'interrupteur n'a pas d'importance



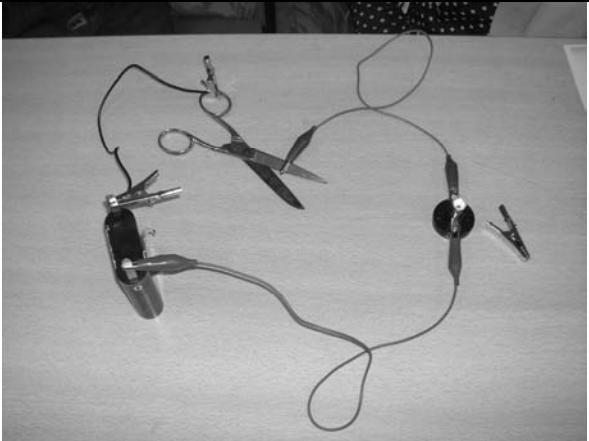
- ✓ Appliquer les découvertes en réalisant l'illumination d'une petite maison ou la réalisation d'une boîte à ombre ou...

Des sites intéressants

- <http://www.ac-bordeaux.fr/Pedagogie/Physique/Physico/Electro/e02coura.htm>
- <http://www.lescale.net/circuits/> (*Jeux pour les enfants sur les circuits électriques*)
- <http://mendeleeiev.cyberscol.qc.ca/carrefour/theorie/planche.html>
- <http://www.et-demain-en-classe.org/avecquoi/fardesynt/SCI25.htm>

Sources/références

Aussi diverses que nombreuses...

Conducteur ou isolant ?		3
	Expérience pour prouver	
<p>Buts de l'activité</p> <p>Classer, a priori, les objets en fonction du fait qu'ils permettront ou non d'allumer l'ampoule. Vérifier ensuite par l'expérience.</p>		
<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ampoules de lampes de poche • Piles plates ou rondes • Fils électriques dénudés ou non • Matériaux divers : laine, tissu, papier alu, clous, bois, cuir, ... • Objets divers : ciseaux, gommés, bics, taille-crayons, ... 		
<p>Déroulement</p> <p>Mise en situation "Peut-on allumer une ampoule en utilisant des matériaux divers ? »</p> <p>Description des tâches attendues</p> <p>Chaque groupe reçoit un tableau à remplir (voir document de structuration 2). L'enseignant met à la disposition des élèves beaucoup d'objets et des matériaux divers. Les élèves peuvent également choisir dans la classe d'autres objets ou matériaux.</p> <p>Pour les matériaux choisis, les enfants anticipent d'abord leur réponse et l'inscrivent dans la deuxième colonne du tableau.</p> <p>Dans un deuxième temps, à l'aide d'ampoules, de fils et de piles, les élèves construisent un circuit électrique dans lequel se glissent successivement les matériaux à tester. Ils indiquent alors dans le tableau si le résultat obtenu correspond ou non à ce qu'ils avaient imaginé. Il est important ici de ne pas donner de circuit électrique tout fait à l'enfant. C'est le groupe qui imagine l'expérience « pour prouver » que tel ou tel matériaux permettra à l'ampoule de s'allumer (c'est-à-dire permettra au courant de passer).</p>		



LIAISON PRIMAIRE- SECONDAIRE

Organisation de la mise en commun

Le tableau noir est divisé en deux parties (une pour les éléments qui conduisent l'électricité, une autre pour ceux qui ne la conduisent pas). L'un après l'autre, les élèves viennent noter dans la partie adéquate les éléments qu'ils ont testés (en évitant si possible d'écrire deux fois le même nom dans la même partie).

Cela permettra d'avoir la liste des éléments qui conduisent l'électricité et de ceux qui ne la conduisent pas, de refaire éventuellement une expérience (au cas où un même élément serait placé dans les deux parties, dans le cas où un matériau serait placé dans la mauvaise colonne [les contacts ont peut-être été défectueux]).

Cela permettra ensuite de nommer les deux catégories : "conducteurs" et "isolants".

Cela permettra peut-être de dégager des propriétés communes aux matériaux conducteurs.

L'enseignant doit aussi demander pour quelles expériences le résultat ne correspondait pas à l'attente du départ...

Institutionnalisation

Les élèves doivent avoir appris que tous les matériaux ne conduisent pas le courant.

Ils ont appris à construire le dispositif expérimental (le circuit électrique) qui permet de prouver si un matériau conduit ou non le courant.

Pour aller plus loin

Réaliser des circuits variés avec d'autres supports que de simples fils électriques.

Utiliser différents liquides (eau salée, jus, ...)

Sources/références

Université Mons Hainaut (UMH), Fiches des élèves, fiche 6.

L'électricité, "Les Petits Chercheurs", éditions Bordas Jeunesse.



DOCUMENTS DE STRUCTURATION

- 1- L'ampoule électrique
- 2- Conducteur – Non conducteur

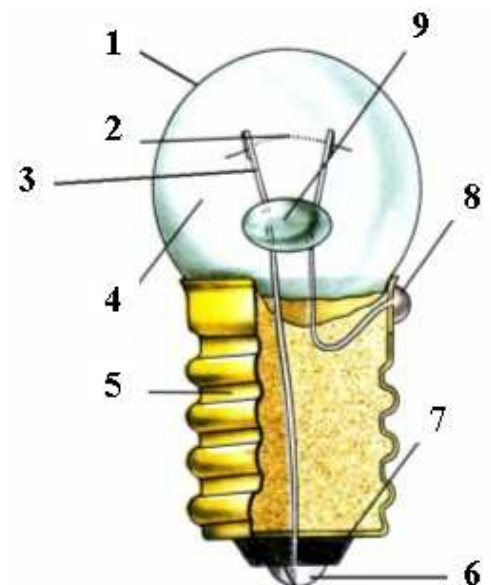
L'AMPOULE ELECTRIQUE

Tu as observé une ampoule.
Colle ici ton dessin.






Maintenant, voici le schéma d'une ampoule électrique.
Ecris en face de chaque nom le numéro qui lui correspond.
Ensuite, relie (à la latte) les matériaux à la partie qu'ils composent.

N°	Partie	Matière
_____	Globe	
_____	Vis ou culot	Cuivre
_____	Anneau noir	Etain
_____	Plot	Verre
_____	Potences	Tungstène
_____	Filament	Laiton
_____	Gaz inerte	Argon
_____	Perle	
_____	Soudure	



CONDUCTEUR – NON CONDUCTEUR

Matériau ou objet utilisé	 La lampe s'allume	 La lampe ne s'allume pas	 Dans le groupe, on croyait que ...
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas
			<input type="checkbox"/> la lampe s'allumerait <input type="checkbox"/> la lampe ne s'allumerait pas

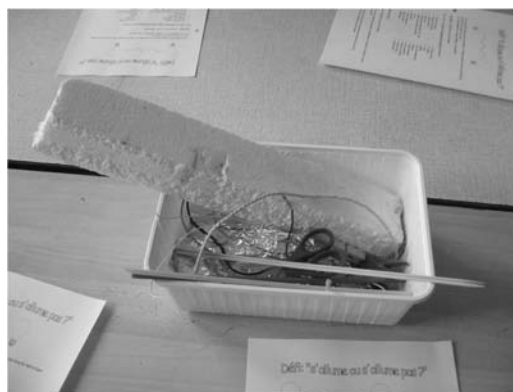
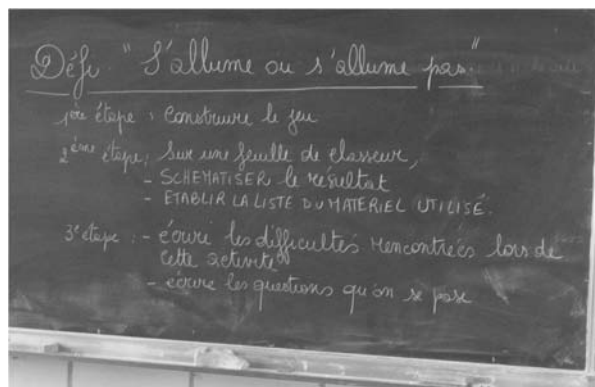
Organisation des activités à propos de l'électricité au secondaire

La séquence proposée ci-après est inspirée du vécu à l'école Saint-Roch à Ferrières dans la classe d'Anne Simonis et de Jacqueline Denoël. Durée de la séquence ci-dessous: 4 périodes.

1. Première phase : le fil qui chante - expérience « pour voir » dans un défi expérimental

Le défi est présenté aux élèves : « Tu as peut-être déjà testé ton adresse en faisant passer une boucle métallique autour d'un fil sans le toucher... Si tu es maladroit, la lampe s'allume : tu as perdu ! Construis ce jeu d'adresse » (voir fiche-outil « électricité » 3 - document primaire).

Ils reçoivent une feuille de consignes (voir document élève avec des exemples de schémas réalisés - document de structuration 1) et le matériel nécessaire à sa réalisation.



Les élèves cherchent comment fabriquer ce jeu d'adresse. Les enseignants observent les stratégies des différents groupes d'élèves. Voici leurs commentaires :

« Certains élèves ont déjà des notions d'électricité. Ils sont plus rapides que d'autres pour arriver à une solution qui fonctionne... »


« Les enfants plus manuels sont valorisés lors de ce type de démarche. Certains prennent la parole et mènent le groupe alors qu'ils sont « d'ordinaire » peu investis... »

« Il y a émulation entre les groupes »

« Certains élèves éprouvent un blocage et se découragent »

2. Deuxième phase : Comment tester si les matériaux sont des bons ou des mauvais conducteurs ? - Expérience « pour prouver »

La première phase de travail a permis aux élèves de se familiariser avec le circuit électrique. Il s'agit maintenant de leur demander comment ils pourraient tester que certains matériaux conviennent pour conduire le courant et d'autres pas (voir fiche-outil « électricité » - document primaire)



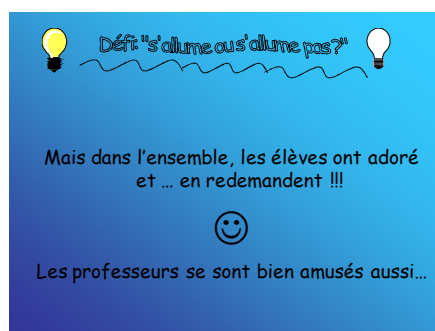
La ficelle et le plastique ne permettent pas au courant de passer : ce sont des **anti-conducteurs !**

Les enseignantes font le point et distribuent un document de synthèse reprenant les différentes notions théoriques abordées lors des expériences.

Ce qu'en pensent les enseignants :

« La compréhension des élèves est facilitée par les manipulations. L'exploitation de l'acquis est plus aisée et plus rapide. Ils accrochent mieux lors de ce moment de synthèse. D'autres années, les documents-papier étaient parfois présentés d'emblée aux élèves sans qu'ils aient eu accès aux manipulations préalables. Les notions théoriques étaient alors plus difficiles à acquérir. Par ailleurs, elles soulignent aussi que travailler de cette manière prend du temps et que cela ne serait pas possible toute l'année si « on veut respecter le programme ».

La préparation du matériel prend du temps (la première fois...). Il faudrait prévoir deux périodes consécutives et un temps de rangement pour chaque groupe.



D'après le PowerPoint de présentation de la séquence par les enseignantes lors d'une réunion d'échange.

3. Troisième phase : Le fonctionnement du moteur - Expériences-outil.

Il s'agit d'expériences illustratives réalisées par les enfants pour découvrir le fonctionnement d'un moteur.

Les élèves suivent un document balisé qui les amène peu à peu à découvrir le moteur électrique.

4. Quatrième phase : Circuits en parallèle et en série - Expériences-outil

Ce sont cette fois des démonstrations réalisées par l'enseignant pour montrer ce que sont les circuits électriques « en parallèle » et « en série ».

Plan d'organisation des activités autour de l'électricité au secondaire.



Phases	Documents de structuration	Fiches d'activité
Première phase : le fil qui chante – expérience « pour voir » dans un défi expérimental		 1
Deuxième phase : Comment tester si les matériaux sont des bons ou des mauvais conducteurs ? – Expérience « pour prouver »		 2
Troisième phase : Le fonctionnement du moteur - Expériences-outil.		
Quatrième phase : Circuits en parallèle et en série - Expériences-outil		

Tableau des savoirs

Activités autour de l'électricité au secondaire

L'ENERGIE	
<i>Généralités</i>	
Les principales sources d'énergie	
Les différentes formes d'énergie	
Transformation d'une forme d'énergie en une autre	
Quelques formes de stockage d'une énergie	
<i>Electricité</i>	
L'électricité est le résultat d'une transformation d'énergie	
Transformation de l'énergie électrique en une autre forme	✓
Le circuit électrique simple	✓
Bons et mauvais conducteurs	✓
<i>Les forces</i>	
Mise en évidence d'une force par ses effets perceptibles	
Principe de l'action-réaction	
Approche de la relation masse-poids	
La pression : relation force-surface	
<i>La chaleur</i>	
Distinction chaleur et température	
Transformation des différentes formes d'énergie en énergie thermique	
Transfert de la chaleur dans les différents états de la matière	
Les qualités d'un bon isolant thermique	
Dilatation et contraction	

Tableau des compétences

Activités autour de l'électricité au secondaire




<i>Savoir-faire</i>		<i>Domaine du savoir envisagé</i>	<i>Engrenages</i>	<i>La force de l'eau</i>	<i>L'électricité et l'énergie</i>
C1	Formuler des questions à partir de l'observation				
C2	Rechercher et identifier des indices				
C3	Agencer les indices en vue de formuler des pistes de recherche				
C4	Différencier les faits établis de réactions affectives et de jugements de valeur				
C5	Concevoir ou adopter une procédure expérimentale				✓
C6	Recueillir des informations par des observations				✓
C7	Identifier et estimer la grandeur à mesurer et l'associer à un instrument de mesure adéquat				
C8	Exprimer le résultat d'une mesure				
C9	Repérer et noter une information issue d'un écrit scientifique				
C10	Repérer et noter une information issue d'un graphique				
C11	Repérer et noter une information issue d'un croquis, d'un schéma				
C12	Comparer, trier, classer...				✓
C13	Mettre en évidence des relations entre deux variables				
C14	Rassembler des informations dans un tableau et les communiquer à l'aide d'un graphique				
C15	Valider les résultats d'une recherche				
C16	Elaborer un concept, une loi				✓
C17	Réinvestir les connaissances acquises dans d'autres situations				✓



FICHES OUTILS

- 1- Le circuit électrique simple
- 2- L'interrupteur
- 3- Isolant ou conducteur

Défi : <i>s'allume ou s'allume pas ?</i>		3
	Expérience-action « pour voir » dans un défi expérimental.	
Buts de l'activité Cette activité consiste à construire un jeu d'adresse. Selon les versions, un son retentit (le fil chante) - ou une lumière s'allume - si le contact est établi entre le fil dénudé et l'anneau que le joueur déplace le long de ce fil.		
Matériel <ul style="list-style-type: none"> • Du fil de fer rigide, • Des piles (au moins une par groupe), • Des ampoules de lampes de poche, • Des buzzer, • Des fils électriques • De la frigolite, • De la plasticine, • Des pinces à dénuder. Autre matériel utilisable (voir consignes***)		
Déroulement		
Mise en situation Evoquer le jeu d'adresse. Fournir aux élèves une caisse contenant du matériel (utile ou non) et leur demander de construire le jeu d'adresse.		
Description des tâches attendues Les élèves procèdent par essais et erreurs, testent et s'interrogent sur le « pourquoi » et « comment » cela fonctionne. Ils notent au fur et mesure les étapes du déroulement de l'activité et les questions qu'ils se posent.		
Organisation mise en commun Chaque groupe présente son jeu en expliquant la démarche suivie, les essais et erreurs réalisés pour le construire. Chaque groupe indique au tableau les questions restées sans réponse.		
Institutionnalisation Approche des notions de circuits ouverts ou fermés et de matériaux conducteurs et isolants.		
Pour aller plus loin Le circuit électrique simple. Placer un interrupteur sur le circuit.		
Sources/références Sciences et compétences au quotidien 2 ^e . D.Sculier – D. Waterloo. De Boeck. Expériences d'électricité. Les petits débrouillards.		

Conducteur ou isolant ?		4
	Expérience pour prouver.	
<p>Buts de l'activité</p> <p>Classer, a priori, les objets en fonction du fait qu'ils permettront ou non d'allumer l'ampoule. Vérifier ensuite par l'expérience.</p>		
<p>Matériel</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ampoules de lampes de poche • Piles plates ou rondes • Fils électriques dénudés ou non • Matériaux divers : laine, tissu, papier alu, clous, bois, cuir, ... • Objets divers : ciseaux, gommés, bics, taille-crayons, ... 		
<p>Déroulement</p> <p>Mise en situation "Peut-on allumer une ampoule en utilisant des matériaux divers ? »</p> <p>Description des tâches attendues Chaque groupe reçoit un tableau à remplir. L'enseignant met à la disposition des élèves beaucoup d'objets et des matériaux divers. Les élèves peuvent également choisir dans la classe d'autres objets ou matériaux.</p> <p>Pour les matériaux choisis, les élèves anticipent d'abord leur réponse et l'inscrivent dans la deuxième colonne du tableau.</p> <p>Dans un deuxième temps, à l'aide d'ampoules, de fils et de piles, les élèves construisent un circuit électrique dans lequel se glissent successivement les matériaux à tester. Ils indiquent alors dans le tableau si le résultat obtenu correspond ou non à ce qu'ils avaient imaginé.</p> <p>Il est important ici de ne pas donner de circuit électrique « tout fait » à l'enfant. C'est le groupe qui imagine l'expérience « pour prouver » que tel ou tel matériaux permettra à l'ampoule de s'allumer (c'est-à-dire permettra au courant de passer).</p>		



LIAISON PRIMAIRE- SECONDAIRE

Organisation de la mise en commun

Le tableau noir est divisé en deux parties (une pour les éléments qui conduisent l'électricité, une autre pour ceux qui ne la conduisent pas). L'un après l'autre, les élèves viennent noter dans la partie adéquate les éléments qu'ils ont testés (en évitant si possible d'écrire deux fois le même nom dans la même partie).

Cela permettra

- d'avoir la liste des éléments qui conduisent l'électricité et ceux qui ne la conduisent pas,
- de refaire éventuellement une expérience (au cas où un même élément serait placé dans les deux parties et dans le cas où un matériau serait placé dans la mauvaise colonne [les contacts ont peut-être été défectueux]).

Cela permettra ensuite de nommer les deux catégories : "conducteurs" et "isolants".

Cela permettra peut-être de dégager des propriétés communes aux matériaux conducteurs. L'enseignant doit aussi demander pour quelles expériences le résultat ne correspondait pas à l'attente du départ...

Institutionnalisation

Les élèves doivent avoir appris que tous les matériaux ne conduisent pas le courant.

Ils ont appris à construire le dispositif expérimental (le circuit électrique) qui permet de prouver si un matériau conduit ou non le courant.

Pour aller plus loin

Réaliser des circuits variés avec d'autres supports que de simples fils électriques.

Utiliser différents liquides (eau salée, jus, ...)

Sources/références

Université Mons Hainaut (UMH), Fiches des élèves, fiche 6.

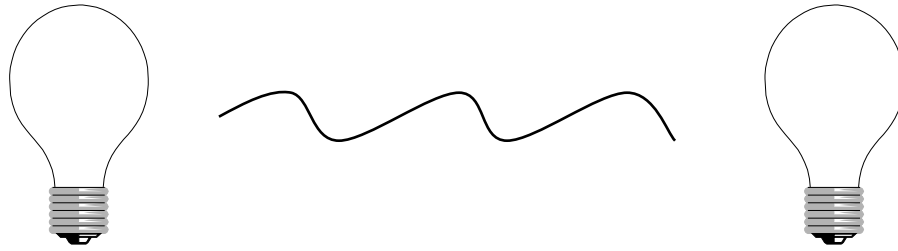
L'électricité, "Les Petits Chercheurs", éditions Bordas Jeunesse.



DOCUMENTS DE STRUCTURATION

1- Défi – « s'allume ou s'allume pas »

Défi: "s'allume ou s'allume pas?"



Tu as peut-être déjà testé ton adresse en faisant passer une boucle métallique autour d'un fil sans le toucher...

Si tu es maladroit, la lampe s'allume : tu as perdu !

Ton défi : construire ce jeu d'adresse.

Pour cela, tu disposes d'une boîte de matériel contenant :

- Fil de fer rigide
- Plaque de frigolite
- Lattes de bois
- Plasticine
- Source électrique de 4,5V : pile plate, pile crayon, pile ronde, accus...
- Ampoule
- Papier aluminium
- Papier collant
- Elastiques
- Fils de cuivre
- Ficelles
- Laine
- Pailles
- Pics de brochettes
- Ciseaux
- Pince à dénuder
- Pince coupante
- Pinces crocodiles
- Pinces à linge
- Multimètre

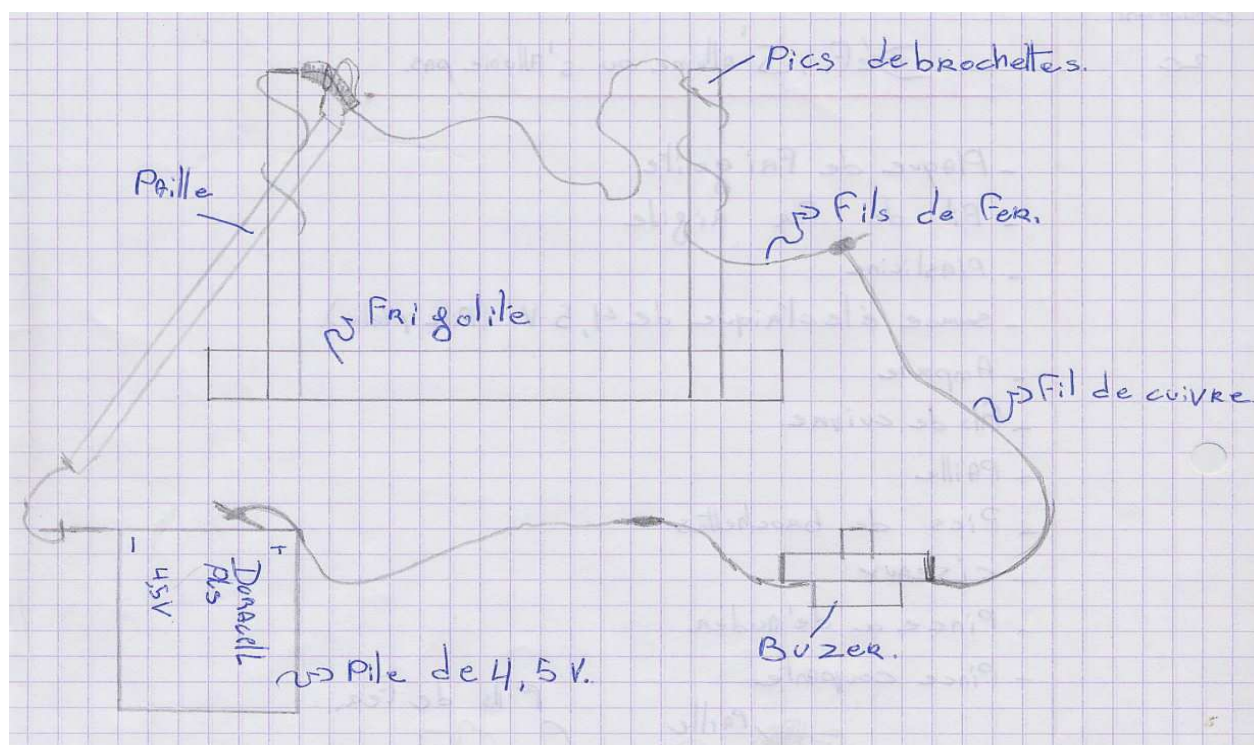
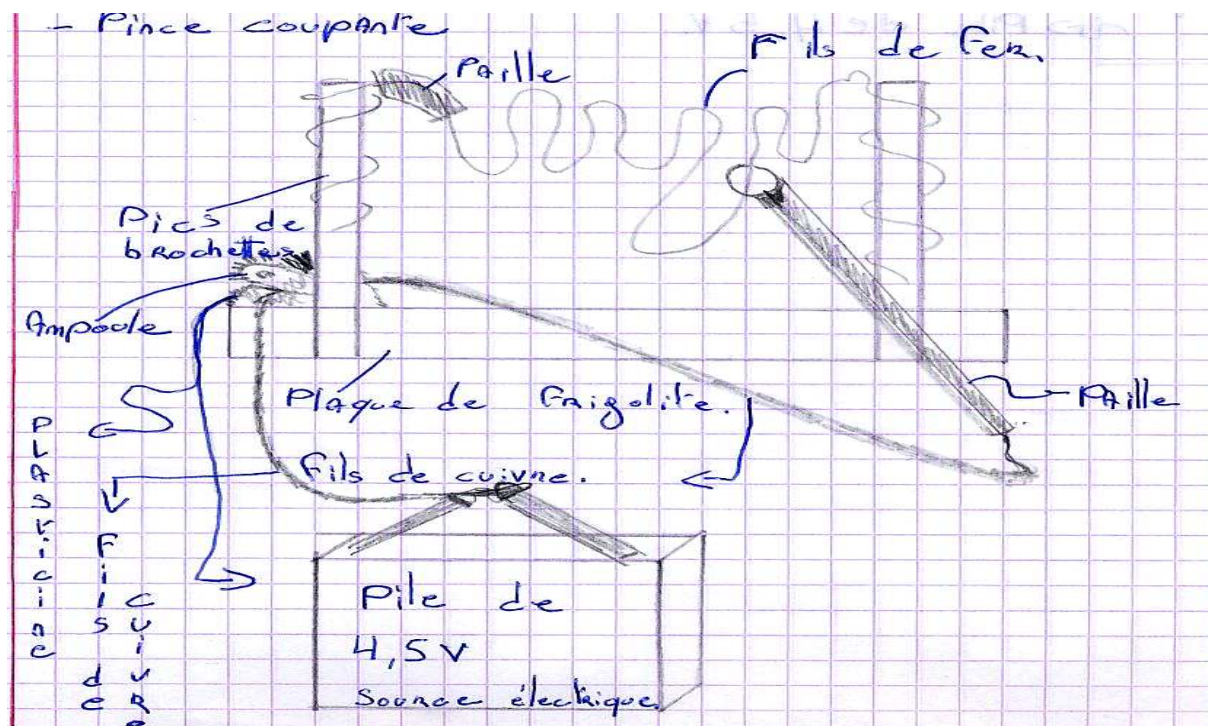
Méthode de travail :

1^{ère} étape : construire le jeu et le tester,

2^{ème} étape : sur une feuille de classeur, schématiser le résultat et établir la liste du matériel utilisé,

3^{ème} étape : écrire les difficultés rencontrées lors de cette activité.

Voici deux exemples de schémas réalisés par des élèves de 2^e secondaire à St-Roch Ferrières



BIBLIOGRAPHIE

ARCA, 1999. *La représentation scientifique de la réalité : expérience et expérimentation à l'école primaire*. Aster n°28. INRP.

ARSAC G. et al., 1988, in ASTOLFI J.P. et al., 1997. *Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies*. De Boeck Université, Pratiques pédagogiques, pp.94.

ASTOLFI J.-P. et DEVELAY M., 1989. *La Didactique des sciences. Que sais-je ?* Paris : PUF.

ASTOLFI JP., DAROT E., GINSBURGER-VOGEL Y. et TOUSSAINT J., 1997. *Mots-clés de la didactique des sciences*. Pratiques pédagogiques. De Boeck Université. 194 p.

ASTOLFI J.P., PETERFALVI B., VERIN A., 1998. *Comment les enfants apprennent les sciences*, Retz, Paris 266 p.

ASTOLFI J-P, 2002. *L'oeil, la main, la tête*. Expérimenter. Cahier pédagogique n°409 p 15-18.

ASTOLFI JP et DEVELAY M, 2005. *La Didactique des Sciences*. Coll. *Que sais-je ?* Paris : PUF.

BARTH B.-M., 1987. *L'apprentissage de l'abstraction*. Paris : Editions Retz.

BERTRAND-RENAULT S et MOLS J., 2002. *Je construis mes apprentissages en sciences au premier degré - Fiches-outils 1^{ère} - p 70*. De Boeck.

BERTRAND-RENAULT S. et MOLS J., 2003. *Je construis mes apprentissages en sciences au premier degré*. Guide pédagogique 1^{ère} & 2e. De Boeck.128 p.

BOECHE S., CHAIX L. et DELPEUCH R., 2004. *Sciences cycle 3*. Coll. *A nous le monde*. Ed. SEDRAP.

CALMETTES B. et al., 2003. *Sciences expérimentales et technologie*. CM1 cycle 3. Collection Tavernier. Bordas. 86p.

CALMETTE B, Canal J-L, Coqblin M-J, Lamarque J, Margotin-Passat M, Pierrard M-A, Tavernier R, 2005. *Sciences expérimentales et technologie*. CM2 cycle 3. Bordas. p 32-33.

Communauté Française, Document *Socles de compétences*, Min. de la Communauté française, Enseignement fondamental et premier degré de l'Enseignement secondaire, mai 1999.

Communauté Française, *Evaluation externe en première année A de l'enseignement secondaire : pistes didactiques*. Formation scientifique. Mars 2004. Ministère de la Communauté française Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique. Service général du Pilotage du Système éducatif. 62 p.

Communauté Française, *Pistes didactiques Formation scientifique*, Evaluation externe en 1^{ère} année A de l'enseignement secondaire. 2004

COQUIDE M., 1998. *Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles*, Aster n°26 p 109-132.

COQUIDE M. 2000. *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches. Université d'Orsay. Paris Sud.

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

COQUIDE M., extrait d'une intervention à Paris en novembre 2001. <http://www.parcours-diversifies.scola.ac-paris.fr/parcourssciences>.

DE VECCHI G., 2000. *Aider les élèves à apprendre*. Hachette Education. Paris : 237 p.

DE VECCHI, G. et GIORDAN, A. *L'enseignement scientifique. Comment faire pour que « ça marche ? »* Delagrave Edition, 2002.

DE VECCHI, G. 2004. *Une banque de situations-problèmes*. Tous niveaux. Vol.1. Paris. Hachette Education.

DRORY D., 1999. « *Chipoter, c'est expérimenter* » - *Le ligueur*.

DUCO A., 2002. *Sciences de la vie et de la Terre*. Terminale S. Spécialité. Belin. Paris. 287p.

DUCO et al., 2002. *Sciences de la vie et de la Terre*. Terminale S. Spécialité. Livre du professeur. Sciences de la vie et de la Terre. Belin. 172p.

FOUREZ G, ENGLEBERT V., MATHY P, 1997. *Nos savoirs sur nos savoirs*. De Boeck

GALIANA, 1999. *Les pratiques expérimentales dans les manuels scolaires des lycées*. ASTER n°28.

GIOT B. et QUITTRE V. – *Les activités scientifiques en classes de 3^e et 4^e années primaires. Aider les élèves à structurer leurs acquis*. Document à l'usage des enseignants. Chapitre II – les chemins de la structuration p.26 – Service général du pilotage du système éducatif Novembre 2006

GIORDAN A. 1998 – *Apprendre* – Belin

GIORDAN A., 1999. *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Belin.

GIORDAN A., 2002. *C'est quoi ? Maîtresse...*, Dossier expérimenter in Cahiers pédagogiques N° 409, décembre 2002.

GRATIAN M., MATEU I., MORVAN M. et MORVAN Y., (2004). *J'apprends les sciences par l'expérience* – Cycles 2 et 3 – Ed. Belin

HALEN W et JELLY S, 2000. *Outils pour enseigner. Vivre des expériences en sciences avec des élèves du primaire*. De Boeck. 132 p.

HOST V., DEMAN C., DEUNFF J., 1976, *Activités d'éveil scientifique, 4 : initiations biologiques*. 86 : INRDP. Coll. Recherches pédagogiques.

Hypothèse ASBL, « *Les glaciers à glace naturelle* ». Projet soutenu par la DGTRE. Région wallonne. p. 37.

KOUHILA M., 2000. « *Formation en épistémologie de la physique à l'ENS* » - *Groupe Girest - Ecole normale supérieure - Marrakech - Maroc - Revue Didaskalia* - 17 - Octobre 2000

KOUHILA M., 2000. *Quelles activités de formation pourrait-on mettre à l'œuvre avec les stagiaires de l'ENS en vue d'assurer une adéquation entre la formation à la didactique et la pratique professionnelle au lycée ? Compte-rendu d'innovation*. *Didaskalia* n° 17 - octobre 2000. p 173-193.

LAROCHELLE M. et DESAUTELS J, 1992. *Autour de l'idée de science*. De Boeck.

NYSSSEN MC., 2002. *L'enseignement des sciences en communauté française*. Etude descriptive dans l'enseignement fondamental in *Les cahiers du Service de Pédagogie Expérimentale* N°s 9 et 10 - Service de Pédagogie expérimentale ULG.

ORBAN D., 2007 - « *Expérimentons l'expérimentation* » : Travail réalisé en vue de l'obtention du diplôme A.S.E.I en sciences - HE ISELL - rue Hors château 61, 4000 Liège

PAOLETTI R., 2003. *Education et motricité*. De Boeck.

PETIT C., 2000. *Module de Didactique de l'enseignement secondaire : didactique spéciale - sciences : un tour d'horizon des pratiques de laboratoire*. Mémoire de licence en Science de l'Éducation. Université de Liège.

ROLANDO J-M, POMMIER P, SIMONIN M-L, NOMBLLOT J, LASLAZ J-F, COMBALUZIER S., 2003. *64 enquêtes pour comprendre le monde*. Cycle 3. Magnard. Paris. 233 p.

SCULIER D. et WATERLOO D., 2002. *Sciences et compétences au quotidien*. Corrigé et notes pédagogiques. De Boeck.

SCULIER D. et WATERLOO D., 2004. *Sciences et compétences au quotidien*. Biologie/Physique 1^{ère} année. De Boeck.

STEGEN P. ET SACRE A., 2000. *La préparation, un moment-clé pour la mise en place de nouvelles pratiques didactiques*. *Math-Ecole* n° 194 p 13-20.

UNESCO, *Manuel de l'UNESCO pour l'enseignement des sciences*. UNESCO ,Paris, 1972.