



HAL
open science

Développement d'outils de diagnostic et de remédiation immédiate au travers d'activités scientifiques au premier degré de l'enseignement secondaire

Marc Demeuse, Céline Demierbe, Alexandra Franquet, Pierre Gillis, Soizic Mélin, Arnaud Dehon, Antoine Derobertmeasure, Stéphanie Malaise, Francesco Lo Bue

► To cite this version:

Marc Demeuse, Céline Demierbe, Alexandra Franquet, Pierre Gillis, Soizic Mélin, et al.. Développement d'outils de diagnostic et de remédiation immédiate au travers d'activités scientifiques au premier degré de l'enseignement secondaire. 2009. hal-00469547

HAL Id: hal-00469547

<https://hal.science/hal-00469547>

Preprint submitted on 1 Apr 2010

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Institut d'Administration Scolaire
Service de Méthodologie et Formation

Professeur Marc Demeuse

Carré des Sciences
Service de Physique expérimentale et
biologique

Professeur Pierre Gillis

**DÉVELOPPEMENT D'OUTILS DE DIAGNOSTIC ET DE REMÉDIATION
IMMÉDIATE AU TRAVERS D'ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES AU PREMIER
DEGRÉ DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE**

*Recherche 123/08
Rapport final
Septembre 2009*

Céline Demierbe, Alexandra Franquet et Soizic Mélin

Avec la collaboration d'Arnaud Dehon, Antoine Derobertmasure, Francesco Lo Bue et Stéphanie Malaise

Institut d'Administration Scolaire
Service de Méthodologie et Formation

Professeur Marc Demeuse

Carré des Sciences
Service de Physique expérimentale et
biologique

Professeur Pierre Gillis

**DÉVELOPPEMENT D'OUTILS DE DIAGNOSTIC ET DE REMÉDIATION
IMMÉDIATE AU TRAVERS D'ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES AU PREMIER
DEGRÉ DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE**

*Recherche 123/08
Rapport final
Septembre 2009*

Céline Demierbe, Alexandra Franquet et Soizic Mélin

Avec la collaboration d'Arnaud Dehon, Antoine Derobertmasure, Francesco Lo Bue et Stéphanie Malaise

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 - CADRE CONCEPTUEL DU DISPOSITIF	4
1. Quel modèle d'intervention éducative ?	4
2. La prise en compte des représentations mentales des élèves.....	7
3. Le diagnostic et la remédiation immédiate comme processus de régulation	8
3.1. Le diagnostic.....	8
3.2. La remédiation immédiate	9
3.3. Intégrer le diagnostic et la remédiation immédiate dans le modèle de l'intervention éducative.....	10
CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE DE MISE À L'ESSAI DU DISPOSITIF	12
1. Année 1.....	12
1.1. Recueil de données préliminaires.....	12
1.1.1. Questionnaire exploratoire.....	12
1.1.2. Echantillon.....	13
1.2. Mise à l'essai du dispositif	13
2. Année 2.....	14
2.1. Outils expérimentés	15
2.2. Echantillon.....	16
2.3. Outils de recueil de données.....	17
2.3.1. Evaluation des savoirs	18
2.3.2. Evaluation des compétences	19
2.3.2.1. Description des questions	21
CHAPITRE 3 – EVOLUTION DU DISPOSITIF	28
1. Les thématiques	28
2. Les compétences.....	29
3. Une démarche expérimentale	30
4. Les outils.....	31
4.1. La grille autodiagnostique.....	32
4.2. Les fiches de remédiation immédiate	33
4.3. Le dossier enseignant	34
4.4. Le support audio-visuel.....	35
4.5. Le site Internet.....	36
4.6. Le matériel.....	36
4.6.1. Choix des composants du jeu électro	36
4.6.2. Choix des composants de la mini-éolienne	36
4.6.2.1. Les générateurs électriques	36
4.6.2.2. L'éclairage.....	37
4.6.2.3. La soufflerie	37
4.6.2.4. Les turbines (hélices).....	37
5. Première validation empirique	38
6. L'avis des enseignants.....	40
6.1. L'organisation générale.....	40
6.2. La méthode de travail des élèves.....	41
6.3. La construction de la mini-éolienne.....	41
6.3.1. L'organisation	41
6.3.2. Le matériel utilisé par les élèves.....	41
6.4. La construction du jeu électro	42
6.4.1. Le matériel utilisé par les élèves.....	42
CHAPITRE 4 – DE LA REPRÉSENTATION AU CONCEPT	43
Etudier les représentations.....	43
1. ... Oui mais pourquoi ?.....	43
1.1. Facteurs inéluctables	43

1.2.	Facteurs d'objectifs	44
2.	Et comment ?	44
2.1.	Orientation fondamentale	45
2.1.1.	Conception = f (P.C.O.R.S)	45
2.1.2.	Modèle d'Astolfi	45
2.1.3.	Un modèle original	46
2.1.3.1.	Références	47
2.1.3.2.	Viabilité.....	47
2.1.3.3.	Signifiants	48
2.1.3.4.	Opérations mentales	48
3.	Description des schémas ou dessins recueillis	50
3.1.	Energie – Eolienne	50
3.1.1.	Références.....	50
3.1.1.1.	Schémas du type figuratif	50
3.1.1.2.	Schémas du type explicatif	52
3.1.1.3.	Fréquences d'apparition des différents types de dessins.....	54
3.1.2.	Viabilité.....	54
3.1.3.	Signifiants.....	55
3.1.4.	Opérations mentales.....	56
3.2.	Electricité – Jeu d'électro	56
3.2.1.	Références.....	56
3.2.1.1.	Schémas du type figuratif	56
3.2.1.2.	Schémas de type explicatif	57
3.2.1.3.	Fréquences d'apparition de différents types de dessins.....	59
3.2.2.	Viabilité.....	59
3.2.3.	Signifiants.....	59
3.2.4.	Opérations mentales.....	60
4.	Evolution des conceptions des élèves et pistes didactiques.....	60
4.1.	Energie – Eolienne	60
4.2.	Electricité – Jeu d'électro	61
5.	Conclusion de l'étude des schémas.....	61
CHAPITRE 5 – EFFICACITÉ DE LA VALISE PÉDAGOGIQUE		63
1.	Les savoirs	65
1.1.	Niveaux initiaux.....	65
1.2.	Analyse	70
2.1.	L'évaluation transfert/application	72
2.1.1.	Application des compétences	72
2.1.2.	Transfert de compétences.....	73
2.1.3.	Comparaison	73
2.2.	Comparaison des groupes expérimental et contrôle	74
2.2.1.	Comparaison compétence par compétence.....	76
2.2.2.	Discussion.....	78
CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES		80
BIBLIOGRAPHIE		84
ANNEXE 1 – Introduction générale de la farde enseignant		I
ANNEXE 2 – Fiches autodiagnostiques		XI
ANNEXE 3 – Dossier enseignant (Electricité).....		XV
ANNEXE 4 – Fiches d'aide (Electricité).....		CVII
ANNEXE 5 – Corrigés des fiches d'aide (Electricité)		CXXII
ANNEXE 6 – Dossier enseignant (Energie).....		CXXXVI
ANNEXE 7 – Fiches d'aide (Energie).....		CLXXII
ANNEXE 8 – Corrigés des fiches d'aide (Energie)		CLXXVIII

ANNEXE 9 – Lexiques	CCVIII
ANNEXE 10– Ecoles contactées pour le groupe contrôle	CCXIII
ANNEXE 11 – Ecoles contactées pour le groupe expérimental	CCXIV
ANNEXE 12– Test SAVOIRS (Electricité)	CCXV
ANNEXE 13– Test SAVOIRS (Energie)	CCXIX
ANNEXE 14– Test COMPETENCES A (Masse volumique)	CCXXIII
ANNEXE 15– Test COMPETENCES B (Chaleur)	CCXXXII
ANNEXE 16– Test COMPETENCES C (Electricité)	CCXLII
ANNEXE 17– Test COMPETENCES D (Energie)	CCLI
ANNEXE 18– Scores des groupes expérimental et contrôle compétence par compétence	CCLXII

TABLE DES FIGURES

Figure 1 - Etapes du dispositif de recherche.....	6
Figure 2 - Séquence d'enseignement / apprentissage	11
Figure 3 - Extraits des tests sur les savoirs	18
Figure 4 - Extraits des tests sur les savoirs	19
Figure 5 – Compétence C2 Test B	22
Figure 6 – Compétence C5 Test A	23
Figure 7 – Compétence C12 Test C	23
Figure 8 – Compétence C13 Test D	24
Figure 9 - Compétence C16 Test D	25
Figure 10 - Compétence C16 Test B	25
Figure 11 – Compétence C14 Test B	26
Figure 12 – Compétence C15 Test A	26
Figure 13 - Démarche mise en place au cours du dispositif.....	30
Figure 14 - Valise <i>Energithèque</i>	31
Figure 15 - Marguerite « <i>Construction</i> » de la grille autodiagnostique <i>Energie</i>	32
Figure 16 – Correspondance grille autodiagnostique/fiches de remédiation immédiate	34
Figure 17 – Extrait d'une fiche de remédiation immédiate	34
Figure 18 - Caractéristiques essentielles d'une représentation (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997, p. 150)	46
Figure 19 - Dessin se référant à une conception axiale du transfert d'énergie	47
Figure 20 - Illustration d'une conception non viable de l'électro	47
Figure 21 - Illustration des signifiants utilisés.....	48
Figure 22 - Illustration d'une élève ayant atteint le stade du "réalisme intellectuel"	49
Figure 23 - Illustration d'un élève n'ayant pas atteint le stade du réalisme intellectuel	49
Figure 24 - Schéma du type "magique"	50
Figure 25 - Schéma du type "unique"	51
Figure 26 - Schéma du type "lampe"	51
Figure 27 - Schéma du type axial	52
Figure 28 - Schéma du type "prise de courant".....	52
Figure 29 - Schéma du type expérimental	53
Figure 30 - Schéma proche du modèle attendu	53
Figure 31 - Dessin d'un électro n'envisageant pas de représentation d'un circuit électrique	56
Figure 32 - Schéma en arborescence.....	57
Figure 33 - Circuit électrique en nervures.....	57
Figure 34 - Schéma à connexion "carte routière"	58
Figure 35 - Schéma proche du modèle attendu	58
Figure 36 - Moyennes des scores au pré-test et post-test ELECTRO selon le groupe.....	70
Figure 37 - Moyennes des scores au pré-test et post-test ENERGIE selon le groupe	71

Figure 38 - Moyennes des scores des élèves aux tests C et D.....	72
Figure 39 - Moyennes des scores des élèves aux tests A et B.....	73
Figure 40 - Moyennes des scores des élèves selon le test (application ou transfert).....	74
Figure 41 – Moyennes des scores au pré-test et post-test pour les compétences.....	75
Figure 42 - Ecart-type au pré-test et post-test	75
Figure 43 - Distribution des résultats des tests « compétences » aux pré-test et post-test pour les élèves du groupe expérimental et ceux du groupe contrôle	76
Figure 44 – Fiche 1 <i>Comprends mieux</i> Thématique Electro	78
Figure 45 – Fiche 2 <i>Organise</i> Thématique Electro.....	78

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Synthèse des apports théoriques inhérents au dispositif mis en place.....	5
Tableau 2 - Répartition des élèves de l'échantillon par niveau et par filière	13
Tableau 3 - Echantillon.....	14
Tableau 4 – Plan expérimental	15
Tableau 5 – Taux de participation à la recherche	16
Tableau 6 - Correspondance items/compétences savoir-faire (APPLICATION).....	19
Tableau 7 - Correspondance items/compétences savoir-faire (TRANSFERT).....	20
Tableau 8 – Compétences « savoir-faire » sélectionnées pour la valise pédagogique.....	29
Tableau 9 - Familles de difficultés de la grille autodiagnostique	33
Tableau 10 - Fréquences des différentes catégories de dessins (N= 119)	54
Tableau 11 - Fréquences des représentations viables et non viables (N = 119)	55
Tableau 12 - Fréquences des éléments graphiques rencontrés (N = 119).....	55
Tableau 13 - Fréquences des élèves ayant atteint le stade du réalisme intellectuel (N = 119)	56
Tableau 14 - Fréquences des différentes catégories de dessins (N = 123)	59
Tableau 15 - Fréquences des représentations viables et non viables (N = 123)	59
Tableau 16 - Fréquences des éléments graphiques rencontrés (N = 123).....	59
Tableau 17 – Moyennes des écoles de la thématique ELECTRO question par question.....	66
Tableau 18 – Comparaison des écoles entre elles pour la question 1	67
Tableau 19 – Comparaison des écoles entre elles pour la question 2	67
Tableau 20 – Comparaison des écoles entre elles pour la question 3	68
Tableau 21 – Moyennes des écoles de la thématique ENERGIE question par question.....	69
Tableau 22 – Comparaison des moyennes et écarts-types compétence par compétence.....	77

INTRODUCTION

Cette recherche, menée conjointement par l'Institut d'Administration Scolaire et le Carré des Sciences de l'Université de Mons, a pour objectif le développement d'outils de diagnostic et de remédiation immédiate au premier degré de l'enseignement secondaire dans le cadre des cours d'éveil scientifique. L'enjeu est de construire un dispositif, décliné selon deux thématiques (transformation d'énergie et notion d'électricité) qui, par le biais d'outils pédagogiques, amène chaque apprenant à développer des compétences¹. Répartie sur deux années, la recherche permet d'envisager deux phases de travail : une phase de régulation du dispositif (étude de la faisabilité) et une phase d'expérimentation (étude de l'efficacité).

L'atteinte de cet objectif se concrétise par la création d'une valise pédagogique, abordant deux thématiques (électricité et transformations d'énergie), qui, par le biais d'outils, amène chaque élève à développer des compétences. Cela implique la mise en place d'un dispositif pédagogique au sein duquel :

- les étudiants sont actifs et confrontés à la réalisation d'une tâche complexe (Rey, Carette, Defrance & Kahn, 2006) ;
- les enseignants ont un statut d'organisateur des savoirs, ils soutiennent et orientent les élèves dans la réalisation des tâches proposées ;
- le matériel mis à disposition de l'enseignant et de ses élèves est conçu de manière à permettre le diagnostic et la remédiation immédiate des difficultés (Demeuse *et al.*, 2007) pouvant survenir durant la réalisation de la tâche complexe proposée aux élèves.

En vue de la mise en place de ce dispositif pédagogique, la recherche s'est déroulée en plusieurs phases :

- phase 1 : conception du dispositif et des tâches complexes à effectuer dans les classes
- phase 2 : ajustement du dispositif
 - passation de tests exploratoires auprès de 194 élèves du premier degré de l'enseignement secondaire afin de cerner les représentations des concepts d'électricité et d'énergie
 - analyse des résultats du test exploratoire afin d'orienter la mise en place du dispositif
- phase 3 : développement et mise à l'épreuve du dispositif
 - élaboration de différents prototypes du dispositif pédagogique
 - tâches de montage proposées à l'élève

¹ Les compétences que l'outil propose de développer sont

- l'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices susceptibles d'influencer la situation envisagée (C2) ;
- concevoir ou adapter une procédure expérimentale pour analyser la situation en regard de l'énigme. Imaginer et construire un dispositif expérimental simple (C5) ;
- comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique (C12) ;
- schématiser une situation expérimentale (C13) ;
- confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés (C14) ;
- valider des résultats de recherche (C15) ;
- élaborer un concept, un principe (C16).

- ensemble des éléments relatifs au montage
- ensemble des documents à destinations de l'étudiant (fiche de diagnostic et fiches de remédiation immédiate) et de l'enseignant (dossier-enseignant)
- mise à l'épreuve des prototypes
- régulations successives du prototype
- expérimentation du prototype final (à large échelle).

La première année de recherche a permis de réaliser les deux premières phases de travail. Plusieurs étapes se sont succédé en vue de construire des outils de diagnostic et de remédiation immédiate : conception, ajustement, développement et mise à l'épreuve du dispositif sous la forme de plusieurs prototypes. La méthode utilisée pour cette mise à l'épreuve a été reprise et adaptée de Van der Maren (2005). Elle a pour principe la mise en place d'une « *chaîne sur prototype initial* » (p. 119). Cette chaîne consiste en une succession d'essais de prototypes en trois temps : utilisation, évaluation et modification (Van der Maren, 2005).

La seconde année, troisième phase de la recherche, a un double objectif : finaliser les phases antérieures et tester le dispositif à plus large échelle. Ainsi, en premier lieu, le travail a porté sur la création de nouveaux instruments qui s'insèrent dans le dispositif pédagogique et l'amélioration des outils existants. Ceci a permis de compléter l'élaboration du dispositif et de préparer la troisième phase de recherche qui se caractérise par la mise en place du dispositif expérimental auprès d'un nombre plus important de sujets. Cette nouvelle expérimentation consiste en une comparaison entre un ensemble de classes utilisant le dispositif et d'autres n'y ayant pas recours. Le but est de déterminer dans quelle mesure le dispositif élaboré représente un levier de développement de compétences (efficacité en termes d'apprentissage).

Afin de situer ces résultats dans leur contexte théorique, la première partie du rapport expose les lignes directrices du dispositif inspirées du courant socioconstructiviste. Ainsi, le modèle de l'intervention éducative de l'Université de Sherbrooke est présenté incluant la notion de dispositif et développant les quatre modèles liés à cette théorie. A partir de ce modèle, le dispositif est décrit en caractérisant les outils auxquels il se réfère : situation problème, schématisation, diagnostic, remédiation immédiate. Ces éléments constituent le cadre général de la démarche à partir duquel les prototypes expérimentés sont construits.

Le deuxième chapitre est consacré à l'étude des conceptions des élèves sur les thèmes de l'énergie et de l'électricité. Pour que le dispositif puisse se revendiquer pleinement des théories socio-constructivistes de l'apprentissage, la notion de représentation mentale est primordial. La recherche s'est donc arrêtée sur l'analyse de celle-ci par le biais des schémas réalisés par les élèves avant et après avoir utilisé la valise pédagogique. Les résultats de cette analyse a pour objectif de présenter une méthode directement utilisable par les enseignants. Ce chapitre est également l'occasion de discuter le bien fondé physique ou non

d'une conception largement partagée par les élèves à savoir le courant électrique comme déplacement d'un « fluide ».

La troisième partie expose la méthodologie utilisée au cours de cette recherche ainsi que ses différentes étapes : une phase exploratoire et une phase d'expérimentation de la version finale de la valise pédagogique.

Le dernier chapitre est consacré à la présentation des résultats de la seconde année de la recherche et la succession des étapes qui ont permis de mettre à l'épreuve les deux outils.

CHAPITRE 1 - CADRE CONCEPTUEL DU DISPOSITIF

La recherche porte prioritairement sur le développement d'outils de diagnostic intégrés dans un dispositif d'enseignement en éveil et initiation scientifique décliné autour de deux thématiques (énergie et électricité), il est donc nécessaire de rappeler le sens donné à la notion de dispositif.

Dans une recherche menée conjointement par l'Université de Liège, l'Université catholique de Louvain et plusieurs Hautes écoles au sujet des dispositifs favorisant le développement de compétences professionnelles, la notion de dispositif se définit en ces termes : « *Les dispositifs de formation (ou pédagogiques) consistent le plus souvent en un agencement de ressources matérielles (locaux, matériel, didactique...) informatives (documents, médias...) et humaines (les formateurs, les apprenants...), de méthodes et procédés (des techniques de formations)...le tout étant structuré dans le temps selon les options stratégiques [...] »* (Beckers et al., 2003, p. 9).

1. Quel modèle d'intervention éducative ?

Essentiellement descriptive, la définition de Beckers *et al.* (2003) présente le dispositif comme une succession ou une accumulation d'éléments qui ne s'intègrent pas systématiquement les uns aux autres, où la place occupée par le diagnostic et la remédiation immédiate reste difficilement perceptible. Afin d'intégrer ces deux concepts au sein du cadre plus large du « dispositif », il est nécessaire d'appuyer notre recherche sur un cadre théorique : le modèle de l'intervention éducative (MIE) développé par le CRIE². Celui-ci a pour objectif d'appréhender, de façon complexe, les situations éducatives (Lenoir, Larose, Deaudelin, Kalubi & Roy, 2002).

A partir de ce modèle, le CRIE propose quatre orientations (Larose & Lenoir, 1998) selon la conception et l'actualisation des différentes interactions entre les composantes de la relation didactique (rapports entre les élèves, les objets d'apprentissage et l'enseignant et les finalités sous-tendues par ces rapports) :

- MIE 1 : méthodes d'hétérostructuration traditionnelles ;
- MIE 2 : méthodes d'autostructuration cognitive ;
- MIE 3 : méthodes d'hétérostructuration cognitive de type coactif ;
- MIE 4 : méthodes d'interstructuration cognitive.

Le modèle d'intervention éducative mis en place dans cette recherche se rapproche du quatrième type, reprenant plusieurs éléments ou démarches propres à cette orientation : investigation spontanée, investigation structurée, structuration régulée, situation problème, prise en compte de représentations des élèves... Ce modèle est très proche de l'apprentissage constructiviste dans la perspective piagétienne d'équilibration majorante intégrant l'assimilation et l'accommodation (Bertrand, 1998). L'assimilation est l'action du sujet sur la réalité ou sur des données abstraites en vue de les intégrer à ses structures

² Centre de Recherche sur l'Intervention Educative.

mentales existantes (Montangero & Maurice-Naville, 1994), l'accommodation, par contre, est l'action du milieu qui conduit à une modification partielle ou totale des schèmes du sujet (Montangero & Maurice-Naville, 1994). Le tableau 1 reprend les éléments importants qui ont permis la construction du dispositif inspiré du modèle de l'intervention éducative 4.

Tableau 1 - Synthèse des apports théoriques inhérents au dispositif mis en place

Séquence collective Adaptation du MIE 4	
Apprentissage sollicité	Une approche constructiviste et socioconstructiviste est sollicitée. Le passage par la schématisation a pour but de rendre concret les représentations mentales . La confrontation à la situation problème permet alors à l'élève de confronter ses schèmes à la réalité en vue de les adapter, les modifier ou de les conforter.
Démarches d'apprentissage	Une méthode inspirée du MIE 4 procédant par investigation spontanée, investigation structurée et structuration régulée . Par la situation problème proposée, un espace est créé. On parle de dispositif. Ce dispositif conduit l'élève à investiguer de façon libre les pistes de résolution . Par contre, le recours à la schématisation oblige néanmoins à structurer ses démarches.
Séquence différenciée Diagnostic et remédiation immédiate	
Démarches d'apprentissage	A partir d'une grille autodiagnostique, en ciblant lui-même les difficultés dans la mobilisation de ressources, l'élève régule de façon interne son apprentissage. La remédiation immédiate qui suit, comme régulation externe (amenée par l'enseignant) propose une activité complémentaire et conduit l'élève dans un « micro-dispositif » complémentaire en modifiant notamment le modèle d'intervention éducative. La remédiation immédiate porte alors sur la médiation cognitive et sur la médiation pédagogicodidactique. On parle de structuration régulée en ce sens que le diagnostic et la remédiation immédiate doivent conduire l'élève à réajuster ses apprentissages en l'orientant pertinemment.

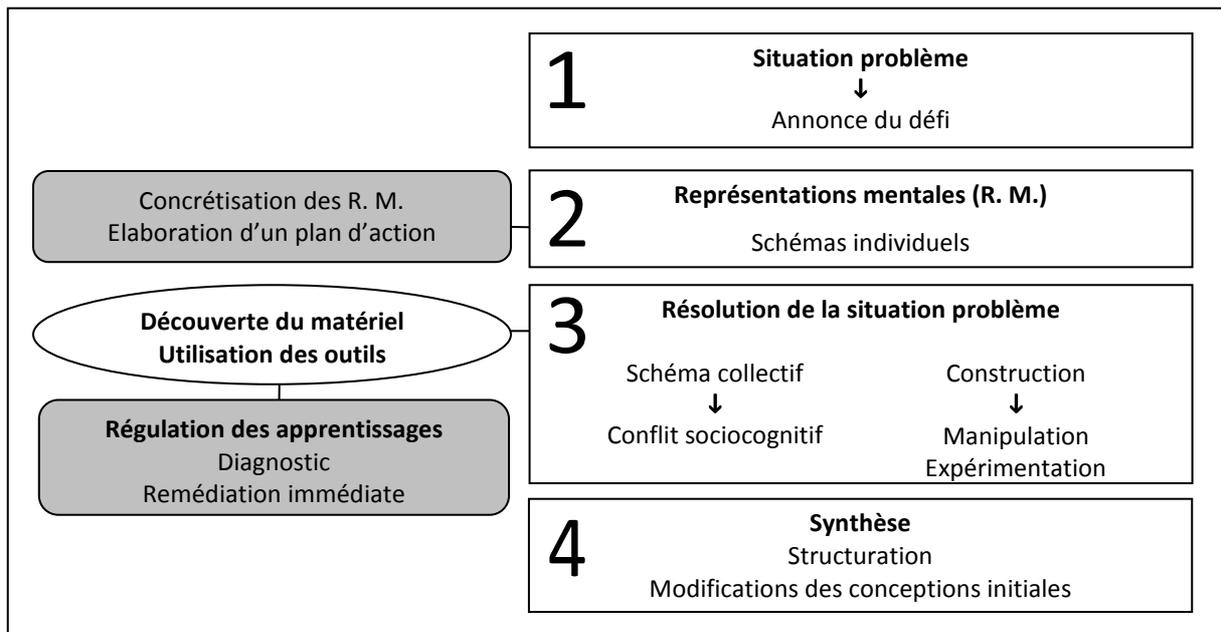


Figure 1 - Etapes du dispositif de recherche

Le dispositif pédagogique se déroule en plusieurs phases, illustrées dans la figure 1.

Etape 1 : A partir d'une situation problème (la construction d'une mini-éolienne dans le cadre de l'énergie et d'un jeu électro pour le volet électricité), un dispositif est initié par un défi.

Etape 2 : De manière individuelle, l'élève est amené à concrétiser ses représentations mentales sur la thématique abordée par l'intermédiaire d'une schématisation fonctionnelle de la construction. L'apprenant est libre dans sa démarche de résolution (investigation spontanée), il a la possibilité d'utiliser des stratégies qu'il choisit en suivant une démarche personnelle et/ou collective.

Etape 3 : Les élèves se réunissent en groupe, découvrent les représentations de chacun. Ils discutent et argumentent quant au choix de la meilleure alternative de construction. Au cours de cette étape, les compétences transversales relationnelles se développent car chacun doit « défendre » sa proposition. Il ne s'agit pas d'opter pour la schématisation de l'un des élèves mais plutôt de parvenir à un compromis qui permettra une construction fonctionnelle et qui soit approuvée par chaque membre du groupe. Lorsque les élèves découvrent le matériel fourni dans la valise pédagogique et au cours des phases de manipulation, les outils de diagnostic et de remédiation immédiate permettent au groupe de progresser de manière autonome dans leur expérimentation, accompagnant les élèves dans leur réflexion et la gestion de leurs difficultés.

Etape 4 : La synthèse se déroule en plusieurs phases. Lorsque les élèves ont terminé leur expérimentation, ils schématisent la construction réalisée dans le but de la décrire au reste de la classe. Cette étape de structuration permet aux élèves de découvrir le travail de tous les groupes, de comparer les constructions et de faire le point sur les difficultés rencontrées

au cours des manipulations. Le rôle de l'enseignant est primordial, il doit en effet gérer les réactions de tous les élèves afin qu'elles soient réinvesties lors de la synthèse finale. Il est important que les élèves prennent conscience de la modification de leurs conceptions initiales. Ensuite, l'enseignant reprend les principales étapes de construction ainsi que les notions qui ont été rencontrées au cours de la construction en interaction avec les élèves.

2. La prise en compte des représentations mentales des élèves

Le passage par une schématisation ou le dessin³ (d'une éolienne dans le cas de l'énergie et un jeu électro pour le pan électricité) a deux objectifs. D'une part, conduire l'élève à expliciter un « plan d'action » et, d'autre part, l'amener à rendre concret la représentation mentale qu'il a des notions abordées (énergie et électricité).

Dans le cadre du dispositif, le schéma ou le dessin est utilisé comme langage graphique bidimensionnelle permettant une conceptualisation intermédiaire (Joshua & Dupin, 1993) de la notion. Son usage aide l'apprenant à placer les éléments les uns par rapport aux autres dans une perspective topologique (Joshua & Dupin, 1993). L'élève se situe dans une logique « d'architecte ». Il réalise le plan qui va lui permettre de résoudre la situation problème. Pour cela, il est invité à réaliser un schéma fonctionnel qu'il utilise tout au long de la séquence. Par ce schéma, les investigations sont structurées puisqu'elles entrent dans une démarche réfléchie de laquelle l'élève peut dégager une stratégie de résolution ou plus simplement un plan d'action. En dehors de cette schématisation, l'élève est libre de suivre une démarche personnelle. Dans ce cas, on parle d'investigation spontanée.

Dans la perspective de la recherche, le schéma ou le dessin est analysé afin de mettre en évidence les représentations mentales des élèves concernant les deux objets étudiés. Cette section aborde brièvement la notion de représentations mentales. Ne sont présentées que la définition du concept et les conséquences en termes d'apprentissage. De plus amples informations et une analyse de ces représentations sont présentées dans le deuxième chapitre du rapport.

La perception qu'un individu a du monde est incomplète et dépendant des sens et de la structure cognitive de l'observateur : on ne voit pas le monde, on se le représente (Jarrosson, 1992). Bien que le terme « représentation » ne soit pas l'unique mot pour désigner ce phénomène de construction mentale individuelle⁴ (Giordan et al, 1987 ; Larochelle & Désuatsels, 1992 ; Joshua & Dupin, 1993 ; Fourez, 2001 ; Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004), les auteurs s'accordent sur ce principe « *que tout apprentissage vient interférer avec un « déjà-là » conceptuel qui, même s'il est faux sur le plan scientifique, sert de systèmes d'explication efficace et fonctionnel pour l'apprenant* » (Astolfi & Develay,

³ « Le schéma sera considéré comme une construction mentale permettant une représentation de l'objet d'étude plus ou moins proche du réel et correspondant à des conceptions scientifiques plus ou moins reconnues de cet objet. Le mot dessin évoquera une représentation du réel offrant un caractère figuratif, conservant de nombreuses caractéristiques visuelles des objets représentés tout en supposant une mise à distance par rapport à l'objet étudié (Astolfi et al, 1998 ; Zahouani, 2004) » (Giot & Quittre, p. 6)

⁴ Conceptions, interprétations, pré-conceptions, raisonnement naturel, raisonnement implicite, modèles implicites, cadre de références alternatifs, schèmes cognitifs... Bien que ces termes possèdent leurs propres caractéristiques, notre choix se porte sur le terme de « conception » dans la mesure où c'est une interprétation d'un concept.

1989, p. 31) puisqu'une conception peut se définir comme « *l'explication que se fait l'individu du monde qui l'entoure, et ce via des modèles explicatifs dont il dispose. Ceux-ci sont inadaptés et peuvent donc induire des idées fausses* » (Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004, p. 88).

Dans une perspective constructiviste, il faut une réorganisation, une adaptation ou encore une modification des schèmes existants afin de faire évoluer l'apprenant vers une conception du monde plus adaptée (Giordan et al, 1987 ; Astolfi & Develay, 1989 ; Larochelle & Désautels, 1992 ; Bertrand, 1998 ; Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004). Il faut alors susciter un état de déséquilibre qui se transforme en équilibration majorante (Montangero & Maurice- Naville, 1994) par transformation des schèmes.

La situation-problème peut conduire à cette situation de déséquilibre : pour résoudre le problème l'élève utilise ses conceptions, dans le cas où elles s'avèrent non viables, il est face à un obstacle qui une fois résolu entraîne un changement de conception (Giordan et al, 1987 ; Astolfi & Develay, 1989 ; Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004). Ce processus dialectique, de thèse-antithèse (Fourez, 2001), ou ce conflit cognitif (Larochelle & Désautels, 1992), est d'autant plus possible que les élèves échangent leurs conceptions (Astolfi & Develay, 1989 ; Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004).

Cette présentation succincte de la notion de représentation renforce l'idée de procéder par situation-problème résolue par groupes d'élèves et nécessite d'étudier les conceptions des élèves plus en détails afin de déterminer certains choix didactiques (Giordan et al, 1987 ; Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004 ; Mathy, 2006). La succession des phases proposées par Nussbaum et Novick (Larochelle & Désautels, 1992) est respectée : la présentation du phénomène à étudier (défi), la mise en forme d'un événement perturbateur (schéma initial) et la restructuration des idées (expérimentation en groupe, schéma final et synthèse).

3. Le diagnostic et la remédiation immédiate comme processus de régulation

Le diagnostic et la remédiation immédiate ne peuvent être envisagés séparément. Effectivement, pour qu'il y ait remédiation immédiate (Demeuse *et al.*, 2007), il faut avoir pu diagnostiquer les difficultés rencontrées par les élèves. Il est donc difficilement concevable de ne pas les intégrer dans le dispositif. Avant de s'intéresser à l'intégration du diagnostic et de la remédiation immédiate dans le modèle de l'intervention éducative 4, il convient de préciser ces deux notions.

3.1. Le diagnostic

Pour répondre aux objectifs⁵, à savoir construire une éolienne ou un jeu d'électro, l'apprenant mobilise des ressources de différents types qui lui permettent de développer des compétences et d'ainsi atteindre le but éducatif assigné à la séquence d'apprentissage. Des

⁵ D'Hainaut (1983, pp. 27-28) définit les objectifs comme « *les résultats attendus des actions qu'on entreprend pour atteindre les buts proposés au niveau de la gestion* ».

difficultés peuvent survenir lors du recours à ces ressources qu'elles soient cognitives ou motrices, qu'elles portent sur des savoirs, savoir-faire, attitudes ou même relèvent de compétences élémentaires, dans le sens défini par Rey, Carette, Defrance et Kahn (2006).

Le diagnostic (du grec *diagnôstikos*, apte à reconnaître (Legendre, 1993, p. 344)) doit permettre d'identifier ces difficultés afin de proposer une remédiation adaptée. Dans ce cas, il faut entendre, par difficultés, les erreurs à rectifier et les obstacles à dépasser (de Vecchi & Carmona-Magnaldi, 1996⁶).

Il serait réducteur de limiter le champ des erreurs ou des difficultés à la simple mobilisation d'une ressource. Pour réaliser une éolienne par exemple, l'enfant doit être en mesure de mobiliser ses connaissances théoriques et pratiques concernant le fonctionnement de l'appareil, la difficulté pouvant apparaître à cette étape. Mais outre la mobilisation de ressources, la réalisation d'une tâche complexe et le développement de compétences nécessitent de la part de l'apprenant de coordonner les ressources entre-elles. Ainsi, des difficultés peuvent relever également de l'enchaînement de ressources développées dans des tâches simples.

A partir de cette distinction, une liste des difficultés de premier type (difficultés apparaissant dans l'acquisition de ressources dans des tâches simples) et de deuxième type (liées à la globalisation des ressources dans une tâche complexe contextualisée) est élaborée. De cette façon, cette grille permet de diagnostiquer et de mettre en évidence des difficultés liées à des compétences élémentaires, à des ressources ou à des compétences élémentaires avec cadrage et des compétences complexes⁷.

3.2. La remédiation immédiate⁸

Afin de faire face à l'hétérogénéité des classes, les notions de différenciation et de remédiation sont centrales. Bien qu'étroitement liées, ces deux notions se distinguent : toute remédiation n'est pas différenciation et toute différenciation n'est pas remédiation, la remédiation étant une intervention *a posteriori* (Rey, Marcoux, Tremblay & Lecloux, 2006).

La différenciation appelle une prise en compte « *des interactions et des activités d'enseignement de façon telle que chaque élève se trouve, aussi souvent que possible, dans des situations d'apprentissage fécondes pour lui* » (Perrenoud, 1997, p. 20), tandis que la remédiation a pour but de combler des difficultés diagnostiquées en proposant à l'élève de nouvelles activités différentes de celles utilisées précédemment (Coche, Genot, Kahn, Rey & Robin, 2005). La remédiation réalisée au terme de la séquence d'apprentissage complète la différenciation qui ne s'axe pas nécessairement sur les difficultés des élèves.

⁶ Les auteurs spécifient aussi les blocages qui relèvent de facteurs psychologiques. Ceux-ci dépassent les intentions propres à cette recherche.

⁷ C'est-à-dire, la mobilisation de différentes compétences pour une tâche plus complexe (Rey, Carette, Defrance et Kahn, 2006)

⁸ Cette section est reprise d'un article issu de la recherche « *Mise à l'épreuve d'outils de remédiation immédiate dans l'enseignement primaire du Réseau de la Communauté française* » (CF/072/06) : Dehon, A., Demeuse, M., Derobertmasure, A., & Fauconnier, A. (2008). *Comment choisir des outils de remédiation immédiate ?* A paraître.

La notion de remédiation immédiate englobe cette double composante : elle est une réponse différenciée aux difficultés des élèves. Ainsi, la remédiation immédiate est un ensemble de méthodes, d'attitudes et d'actions pédagogiques et/ou didactiques contribuant à apporter une aide ciblée à l'élève rencontrant des difficultés spécifiques, après un diagnostic de l'enseignant (Hirsoux, 2006). Contrairement à la remédiation différée, la remédiation immédiate est pleinement intégrée à la séquence d'enseignement. Une remédiation immédiate se réalise directement dans la séquence didactique afin d'éviter qu'une difficulté ne s'installe de manière durable ou persistante. Si la remédiation différée intervient en fin de parcours, la remédiation immédiate est présente à tout instant. Elle n'est pas une étape spécifique de la pédagogie différenciée, mais elle y est pleinement intégrée.

La remédiation immédiate n'est donc pas un processus figé. Plus précisément, elle peut se comprendre comme l'entraînement aux stratégies cognitives et l'amélioration des méthodes de travail (favoriser l'engagement cognitif et la métacognition, partir des connaissances préalables), l'acquisition d'une image de soi positive (gestion du feedback), la variation des regroupements (travail collaboratif, tutorat, plan de travail individualisé), l'aménagement de l'environnement et du temps, l'individualisation des parcours et l'évaluation fréquente des progrès.

3.3. Intégrer le diagnostic et la remédiation immédiate dans le modèle de l'intervention éducative

Le diagnostic et la remédiation immédiate sont, dans le cas du dispositif élaboré, des régulations des processus d'apprentissage. A partir d'une définition de Perrenoud⁹, Deaudelin et ses collaborateurs (2007) identifient deux types de régulation : une régulation externe faite par l'enseignant et une régulation interne faite par l'élève. Dans le dispositif élaboré, le diagnostic est une régulation interne (autorégulation) puisque réalisée par l'apprenant. Elle lui permet de détecter les difficultés qu'il pourrait rencontrer. La remédiation immédiate sous la forme de fiches est une régulation externe car elle est proposée par l'enseignant. Cette régulation externe est de trois types car elle intervient au début, en cours et à la fin de la séquence d'apprentissage (Allal¹⁰ in Deaudelin *et al.*, 2007). La présence d'un diagnostic et d'une remédiation immédiate démontre le souci de construire un dispositif proche du modèle de l'intervention éducative 4. La question centrale est alors relative à la manière d'intégrer ces deux régulations au sein même du dispositif.

Tel qu'il a été défini, un dispositif varie en fonction de ce que l'enseignant met en œuvre (médiation pédagogicodidactique) et de la réceptivité des élèves (volonté ou non d'entrer dans le dispositif¹¹ et médiation cognitive). La figure 2 présente, sous la forme d'un schéma, les influences subies par le dispositif.

⁹ La régulation est « l'ensemble des opérations métacognitives du sujet et de ses interactions avec l'environnement qui infléchissent ses processus d'apprentissage dans le sens d'un objectif défini de maîtrise » (Perrenoud cité par Deaudelin *et al.*, 2007).

¹⁰ Allal (Deaudelin, 2007) détermine trois types de régulation externe : rétroactive (en fin de séquence), interactive (en cours de séquence) et proactive (en début de séquence).

¹¹ Lenoir *et al.* (2002) soutiennent l'avis de Meirieu concernant le choix de l'élève d'entrer ou pas dans le dispositif. Les auteurs réfutent une approche impositive du dispositif.

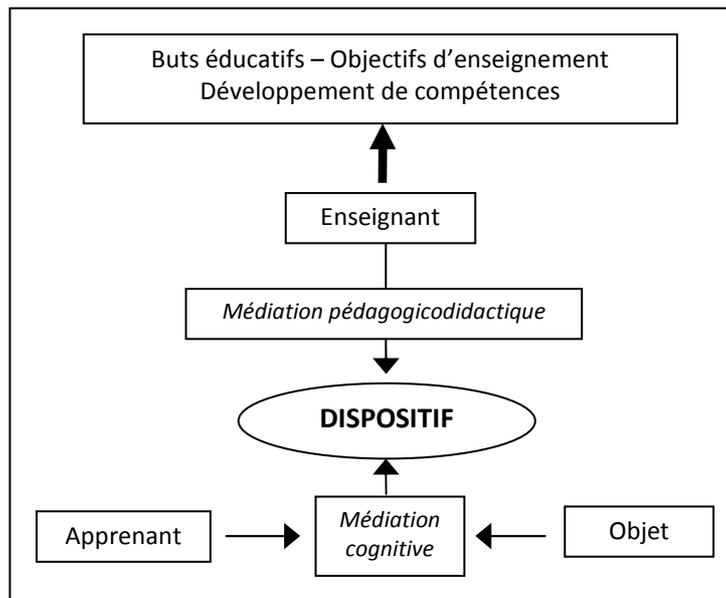


Figure 2 - Séquence d'enseignement / apprentissage

La remédiation immédiate, comme régulation externe dont le but est de résoudre les difficultés, peut porter à la fois sur un facteur interne, l'élève, et externe, l'enseignant¹². La «re-médiation» (Deschaux, 2003) immédiate, ou seconde médiation immédiate, relève de la médiation pédagogicodidactique et de la médiation cognitive. Les difficultés peuvent en effet provenir de l'intervention de l'enseignant (situation problème trop complexe : zone de développement proximal in Bertrand, 1998) aussi bien que de l'élève dans sa construction de nouveaux schèmes. La remédiation immédiate n'est pas limitée à un moment particulier de l'apprentissage.

Partant du modèle de l'intervention éducative 4, la re-médiation immédiate envisage une activité complémentaire qui peut relever d'un autre modèle d'intervention éducative. Si le diagnostic a mis en évidence une difficulté due principalement à la construction cognitive de l'élève ou aux éléments amenés par l'enseignant, l'activité de remédiation immédiate peut, par exemple, appréhender la notion posant problème d'une façon différente à travers un autre modèle d'intervention éducative. Une seconde médiation, qui porte sur la médiation cognitive et sur la médiation pédagogicodidactique, pourra être mise en place.

Le diagnostic et la remédiation immédiate sont pleinement intégrés dans le dispositif et ne se présentent pas comme des phases distinctes. Dès que l'élève rencontre une difficulté reprise dans la grille autodiagnostique (dans ses investigations spontanées ou structurées), il entre dans un second dispositif complémentaire ou annexe. Celui-ci relève soit d'un autre modèle d'intervention éducative ou d'activité différente, le but de la remédiation immédiate étant de modifier l'action de l'enseignant (la médiation pédagogicodidactique) et de conduire l'élève à appréhender l'objet d'une autre façon (médiation cognitive).

¹² L'idée est reprise d'Aubert-Lotarski, Lecoite, Maës, Rebinguet & Saint-Jean (2006) qui suggèrent de porter le regard sur des facteurs internes et externes dans le cadre d'un diagnostic dans un établissement. Rapporté au MIE, le diagnostic de difficultés d'apprentissage doit également se focaliser sur ces deux facteurs.

CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE DE MISE À L'ESSAI DU DISPOSITIF

1. Année 1

La première année de recherche a connu deux phases d'expérimentation. Pour commencer, une enquête¹³ a permis de faire un état des lieux des connaissances des élèves sur les sujets exploités (préconceptions, idées reçues...). Ensuite, une collaboration avec trois établissements scolaires s'est mise en place de manière à améliorer les outils proposés dans la valise pédagogique.

1.1. Recueil de données préliminaires

1.1.1. Questionnaire exploratoire

Un test exploratoire a été mis sur pied afin :

- de recenser et catégoriser certaines difficultés ou certains types d'erreurs commises ;
- d'évaluer les préacquis ;
- de mettre en évidence les différences qui peuvent exister entre élèves, notamment en fonction du programme qu'ils suivent (première/deuxième année A ou première/deuxième année B). Quatre types de classes sont repris dans les analyses qui suivent : 1e général, 1^e différencié, 2e général et 2e différencié.

Le but de cette opération est de construire le dispositif en totale adéquation entre, d'une part, les attentes communiquées dans le Socle de compétences, et d'autre part, les caractéristiques du public auquel s'adresse le dispositif créé. Si l'objectif du dispositif a été fixé, le niveau de départ des élèves n'est pas connu, ou du moins, pas parfaitement.

Ce test exploratoire a été réalisé à l'aide de questionnaires conçus de sorte qu'apparaissent des difficultés, d'une part, spécifiquement liées à la réalisation des défis proposés (construction d'une éolienne et d'un jeu électro), et d'autre part, des difficultés d'ordre général, liées à la connaissance et/ou à la compréhension des concepts d'électricité ou d'énergie.

Deux questionnaires, l'un pour l'électro, l'autre pour l'éolienne, comportant trois types de questions, ont été construits. Leur structure, identique, est la suivante : deux questions fermées interrogent l'élève quant à sa connaissance de l'objet du défi : a-t-il déjà construit ou a-t-il déjà joué à l'électro à l'école ou à la maison / a-t-il déjà entendu parler de l'éolienne à l'école ou en dehors de l'école ? Ces questions permettent de statuer sur le niveau de familiarité que les enfants entretiennent avec l'objet du défi. Ces différents niveaux évalués, il est alors possible de distinguer les élèves en fonction de ceux-ci.

¹³ L'enquête a été menée auprès de 194 élèves d'un établissement scolaire provincial de Mons (Athénée Jean d'Avesnes) au premier degré général (158 élèves) et différencié (36 élèves) de l'enseignement secondaire. Afin d'éviter tout biais de l'aide aux élèves par l'enseignant, un chercheur est resté présent durant le temps imparti (20 minutes maximum) aux élèves.

La troisième question demande à l'élève de schématiser le montage de l'objet du défi (électro ou l'éolienne) et de compléter ce schéma par une légende. Cet exercice permet l'investigation de plusieurs éléments :

- le degré de connaissance des composants indispensables :
 - o d'un circuit électrique simple : pile – interrupteur – notion de contact - notion
- de circuit ouvert/fermé – conducteur et isolant ;
 - o d'un générateur du type « éolienne » : hélice, alternateur/générateur.
- la représentation graphique que possèdent les apprenants de ces deux montages :
 - o le degré de maîtrise des conventions électriques ;
 - o la distinction entre schéma et dessin.

1.1.2. Echantillon

L'enquête a été menée la semaine du 10 décembre 2007 auprès des élèves d'un établissement scolaire provincial de Mons (Athénée Jean d'Avesnes) au premier degré général et différencié. Afin d'éviter le biais de l'aide aux élèves par l'enseignant, un chercheur est présent durant le temps imparti aux élèves. Vingt minutes maximum sont accordées aux élèves. La population (N = 194) ciblée est composée des tous les élèves du premier degré de l'établissement.

Les sujets se répartissent en deux années d'études (N première = 118 et N deuxième = 76) et selon deux filières (N général = 158 et N différencié = 36). Le tableau ci-dessous indique la répartition des élèves selon ces deux variables.

Tableau 2 - Répartition des élèves de l'échantillon par niveau et par filière

	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	
Enseignement général	105	53	158
Enseignement différencié	13	23	36
	118	76	194

1.2. Mise à l'essai du dispositif

Une succession de plusieurs prototypes, chacun expérimenté en classe, a permis de construire l'*Energithèque*.

Le dispositif a été proposé aux élèves et l'évaluation portant sur l'observation de cette mise à l'essai a permis de recueillir les informations nécessaires à l'amélioration du dispositif. Ce recueil s'est axé sur le fonctionnement du dispositif et la réaction du public (élèves et enseignants) ainsi que sur des mesures permettant de mettre en évidence son efficacité. Enfin, les modifications découlant des deux premiers temps ont permis de réajuster le prototype et d'en créer un suivant.

Il s'agissait d'un échantillon de convenance¹⁴ au sein des trois réseaux de la Communauté française de Belgique. Les écoles se situent en province du Hainaut :

- Institut des Ursulines (Réseau libre Non Confessionnel)
- Athénée Magritte de Lessines (Réseau de la Communauté française de Belgique)
- Institut Provincial de Nursing de La Louvière (Réseau subventionné Provincial).

Tableau 3 - Echantillon

Ecole	Année	Filière	Thématique	Nombre de sujets
Ursulines Mons	2 ^{ème}	Général	Energie	63
		Différencié		29
Athénée royal Lessines	1 ^{ère}	Général	Electricité	91
		Différencié	Energie	19
IPNC La Louvière	1 ^{ère}	Général	Electricité	8
				32
Total énergie				119
Total électricité				123

2. Année 2

La deuxième année de recherche s'est axée sur la finalisation de la valise pédagogique et sur l'évaluation de son efficacité à large échelle. Un recueil et une analyse de données relatives aux niveaux d'acquisition de savoirs et du développement de compétences ont été effectués auprès d'élèves du premier degré de l'enseignement secondaire.

Cette collecte s'est déroulée en plusieurs étapes (tableau 4). Dans un premier temps, deux groupes ont été constitués : les élèves ont été assignés de manière aléatoire dans un groupe expérimental ou contrôle. Avant tout traitement, une mesure des connaissances et du développement des compétences visées (variables dépendantes) a été réalisée sur les deux groupes. La seconde étape constitue le traitement expérimental pendant lequel est proposé en classe un outil que les élèves vont manipuler (variable indépendante). Le premier groupe, expérimental, manipule l'outil développé au cours de cette recherche pendant que l'autre groupe visionne un DVD éducatif – il constitue le groupe contrôle. Ensuite, les mesures effectuées sur les variables dépendantes avant le traitement, sont à nouveau prises après traitement sur les deux groupes.

¹⁴ Dans le cas d'un échantillon de convenance, « les sujets sont choisis parce qu'ils sont facilement accessibles. (...) Ce type d'échantillon peut avoir un certain intérêt lors de la mise au point des instruments, par exemple(...) » (Demeuse & Strauven, 2006, p. 162).

Tableau 4 – Plan expérimental

Construction de l'échantillon	Pré-test	Manipulation des outils en classe	Post-test
Groupe expérimental	Evaluation des connaissances et des compétences des élèves avant de manipuler les outils de la valise pédagogique		Evaluation des connaissances et des compétences des élèves après avoir manipulé les outils de la valise pédagogique
Groupe contrôle	Evaluation des connaissances et des compétences des élèves avant de visionner le DVD éducatif « <i>C'est pas sorcier</i> »		Evaluation des connaissances et des compétences des élèves après avoir visionné le DVD éducatif « <i>C'est pas sorcier</i> »
Janvier – Février 2009	16 mars – 3 avril 2009	3 avril – 20 avril	20 avril – 15 mai 2009

Le plan expérimental s'applique à deux groupes distincts : un groupe expérimental et un groupe contrôle. Ces deux groupes ont été placés dans les mêmes conditions d'expérimentation, ils ont manipulé *l'Energithèque* pour le groupe expérimental et visionné le DVD éducatif « *C'est pas sorcier* » pour le groupe contrôle. Les résultats de chaque groupe ont été évalués avant et après utilisation des outils, à deux semaines d'intervalle.

Le groupe contrôle a été créé afin de déterminer si l'amélioration des apprentissages n'est pas due à des effets tels que la maturation, un effet-maître (Bressoux, 1994), un effet-classe ou encore un effet-établissement. Il se distingue du groupe expérimental par l'absence d'utilisation du dispositif au profit d'un autre outil. Aucune consigne n'a été transmise aux enseignants du groupe contrôle quant à l'exploitation du DVD en classe. L'enjeu est de savoir si la diffusion d'un reportage dans une classe obtient des résultats différents sur l'apprentissage des élèves.

2.1. Outils expérimentés

L'émission « *C'est pas sorcier* » est un reportage télévisuel produit par une chaîne publique française¹⁵. D'une durée de 28 minutes, il se présente sous la forme d'un magazine sur la science et la découverte.

Cet outil permet aux élèves de découvrir les thématiques abordées en situation réelle (un animateur présent sur le terrain) et d'approfondir les notions clés en studio, grâce à la présentation d'expériences. Celles-ci sont commentées, étape par étape, et réalisées avec un matériel et dans des conditions qu'il n'est pas toujours possible, de reproduire en classe.

¹⁵ Toutes les émissions « *C'est pas sorcier* » sont répertoriées et décrites sur le site Internet de France 3 à l'adresse suivante : <http://c-est-pas-sorcier.france3.fr/>

De cette manière, bien que les élèves ne vivent pas eux-mêmes les expériences, on retrouve une démarche expérimentale équivalente à celle de la valise pédagogique.

Deux reportages éducatifs (un par thématique) correspondent aux thématiques exploitées dans la valise pédagogique :

- « *Nouvelles énergies, la planète carbure au vert* » pour l'énergie
- « *L'aventure de l'électricité, quand les branches disjonctent* » pour l'électricité.

2.2. Echantillon

La recherche s'effectue en interréseaux. Vingt écoles ont été contactées pour composer le groupe expérimental et vingt autres écoles pour le groupe contrôle. La distribution des écoles dans les groupes s'est effectuée de manière aléatoire. Toutes les écoles contactées se situent en province du Hainaut, la liste de ces écoles se trouve en annexes 10 et 11.

La démarche de prise de contact s'est déroulée en plusieurs étapes. Dans un premier temps, les écoles ont reçu un courrier leur explicitant la démarche de recherche. Ensuite, toutes ces écoles ont été de nouveau sollicitées, à plusieurs reprises par téléphone, afin d'obtenir une réponse définitive quant à la participation à cette recherche.

Deux écoles ont répondu favorablement pour l'utilisation du DVD éducatif « *C'est pas sorcier* ». L'une des ces deux écoles appartenant au groupe contrôle n'a pas souhaité poursuivre l'expérimentation pour des raisons d'organisation et de planification d'horaires. Six écoles ont répondu favorablement pour l'expérimentation de la valise pédagogique.

Tableau 5 – Taux de participation à la recherche

	Nombre d'écoles participantes	Nombre d'élèves participants
Groupe expérimental	6 écoles sur 20 contactées	206
Groupe contrôle	2 écoles sur 20 contactées (une école s'est retirée en cours d'expérimentation)	43

La plupart des écoles ayant décliné l'invitation à participer à cette recherche ont invoqué des raisons de surcharge de travail ou une incapacité à insérer un nouvel outil dans la période proposée pour l'expérimentation. En effet, la prise de contact avec les établissements scolaires et la période d'expérimentation sont apparues trop avancées dans l'année scolaire aux yeux de nombreux professeurs.

Le taux de participation en fonction de l'outil utilisé peut servir d'indicateur pour évaluer les outils. L'attractivité des deux outils est différente et cause un biais d'échantillonnage. Le groupe contrôle ne comportant qu'une seule école, nous sommes privés d'une variabilité importante. Il devient donc difficile d'apprécier l'effet-école.

2.3. Outils de recueil de données

Dans cette phase de recherche, les élèves passent deux tests, l'un avant et l'autre après la mise à l'épreuve des outils : un pré-test et un post-test. Ces deux tests comptent eux-mêmes deux types d'évaluation différente, distribués sous la forme de deux questionnaires distincts. Ces deux questionnaires permettent de mesurer le niveau de connaissance des élèves, en ce qui concerne les savoirs abordés pour l'un et le niveau de maîtrise, par les élèves, des compétences ciblées par le dispositif pour le second. Les deux tests utilisés ont été élaborés en cohérence avec les Socles de compétences (discipline éveil et initiation scientifique - chapitre Energie).

Les pré-test et post-test présentent une structure identique, ce qui permet de les comparer efficacement. Ainsi, les indicateurs de progrès sont plus aisément identifiables et comparables. Tous deux sont administrés à l'aide de deux questionnaires de sorte que les savoirs et compétences soient évalués de manière individuelle : d'une part, une partie « savoir » aborde les concepts (définitions et représentations de concept-clés) et, d'autre part, une série de questions mesurent la capacité de chaque élève à exercer une compétence (sept compétences disciplinaires sont évaluées).

Bien que ces deux parties soient mobilisées simultanément au cours de l'utilisation des outils, il est important de distinguer leur évaluation. L'exercice d'une compétence « *met en jeu des connaissances (...) des savoirs, des savoir-faire, des attitudes ou n'importe quel assemblages de ces éléments* » (Rey et al., 2006, p. 15). Cependant, « *ce n'est jamais par ces éléments qu'on désigne la compétence, mais par la tâche à laquelle elle donne lieu* » (ibid.). Le fait d'évaluer simultanément les savoirs et le développement des compétences pourrait faire naître une incapacité d'identifier ce qui est exactement maîtrisé par l'élève. Pour éviter cette difficulté dans la correction des tests, deux questionnaires, l'un pour la thématique électricité et l'autre pour l'énergie, ont donc été construits. Leur structure est la suivante : d'une part, une partie « savoir » aborde les concepts (définitions et représentations de concept-clés) et, d'autre part, une série de questions mesurent la capacité de chaque élève à exercer une compétence (sept compétences disciplinaires sont évaluées).

Les tests sont administrés par des examinateurs externes aux écoles et les modalités de passation sont définies comme suit :

- durée maximale de 2 périodes de 50 minutes ;
- prévenir les enfants lorsqu'il reste 15 minutes, 10 minutes et 5 minutes pour les aider à gérer leur temps ;
- éviter de répondre aux questions des enfants, mais les inviter à relire ;
- leur proposer de passer les questions qui les bloquent pour y revenir par la suite.

Les modalités de correction sont de 1 point par bonne réponse et 0 par une réponse incorrecte.

2.3.1. Evaluation des savoirs

Construits sur la base des Socles de compétences, les tests évaluent des savoirs décrits dans la discipline éveil et initiation scientifique (chapitre Energie). Cependant, ils diffèrent suivant le thème choisi.

Pour la partie « électricité », deux notions sont évaluées :

- le circuit électrique simple ;
- les bons et mauvais conducteurs.

Pour l'énergie, les connaissances développées sont :

- la transformation d'une énergie en une autre (pas de relevé exhaustif) ;
- l'électricité comme résultat d'une transformation d'énergie.

Deux approches sont privilégiées pour l'évaluation de ces notions théoriques : la rédaction d'une définition correcte (figure 3) et la représentation des concepts (figure 4). Cela a pour but d'objectiver l'analyse qui vérifie les connaissances des élèves sous deux angles différents. De cette manière, ne sont privilégiés ni les élèves plus à l'aise en rédaction, ni les élèves qui préfèrent représenter plutôt que rédiger.

<p><i>Observons tes connaissances en électricité...</i></p> <p>1. Rédige une définition correcte pour chaque proposition.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px; border-right: 1px solid black;"> <p style="text-align: center;">Un isolant électrique</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Un conducteur électrique</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px; border-right: 1px solid black;"> <p style="text-align: center;">Un circuit électrique fermé</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Un circuit électrique ouvert</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </td> </tr> </table>	<p style="text-align: center;">Un isolant électrique</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p style="text-align: center;">Un conducteur électrique</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p style="text-align: center;">Un circuit électrique fermé</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p style="text-align: center;">Un circuit électrique ouvert</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p><i>Observons tes connaissances sur l'énergie...</i></p> <p>1. Il existe différents formes d'énergie. Par exemple, l'énergie thermique produite par un sèche-cheveux lorsqu'on se sèche les cheveux.</p> <div style="text-align: right; margin-bottom: 10px;">  </div> <p>Cite deux autres formes d'énergie et explique son fonctionnement par une illustration.</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px; border-right: 1px solid black;"> <p style="text-align: center;">Energie</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Energie</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </td> </tr> </table>	<p style="text-align: center;">Energie</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p style="text-align: center;">Energie</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
<p style="text-align: center;">Un isolant électrique</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p style="text-align: center;">Un conducteur électrique</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>						
<p style="text-align: center;">Un circuit électrique fermé</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p style="text-align: center;">Un circuit électrique ouvert</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>						
<p style="text-align: center;">Energie</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p style="text-align: center;">Energie</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>						

Figure 3 - Extraits des tests sur les savoirs

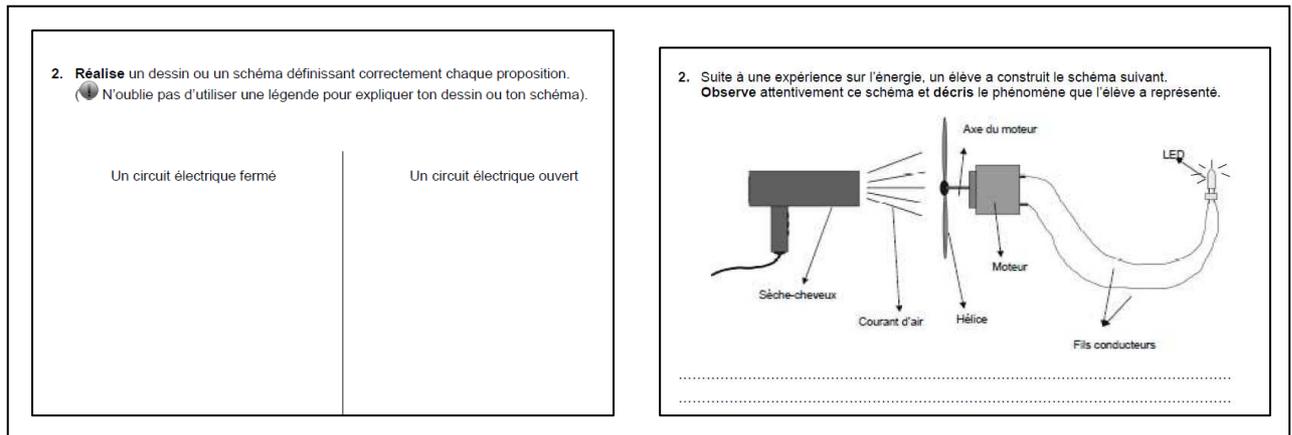


Figure 4 - Extraits des tests sur les savoirs

2.3.2. Evaluation des compétences

Quatre questionnaires servent à évaluer le niveau de développement des compétences des élèves. Ils évaluent tous les quatre la maîtrise des mêmes compétences (tableaux 6 et 7) et se divisent en deux catégories.

Tableau 6 - Correspondance items/compétences savoir-faire (APPLICATION)

Items	Test C (Thème : l'électricité)						
	Compétences savoir-faire						
	C2	C5	C12	C13	C14	C15	C16
1							X
2					X		
3			X				
4	X						
5						X	
6A				X			
6B				X			
7		X					

Items	Test D (Thème : l'énergie)						
	Compétences savoir-faire						
	C2	C5	C12	C13	C14	C15	C16
1							X
2					X		
3			X				
4	X						
5						X	
6A				X			
6B				X			
7		X					

Tableau 7 - Correspondance items/compétences savoir-faire¹⁶ (TRANSFERT)

Items	Test A (Thème : la masse volumique)						
	Compétences savoir-faire						
	C2	C5	C12	C13	C14	C15	C16
1A							X
1B							X
1C							X
1D					X		
2			X				
3A	X						
3B	X						
4						X	
5		X					

Items	Test B (Thème : la chaleur)						
	Compétences savoir-faire						
	C2	C5	C12	C13	C14	C15	C16
1A							X
1B							X
1C							X
1D					X		
2			X				
3A	X						
3B	X						
4A						X	
4B				X			
5		X					

Le premier type de test (tableau 6) permet d'observer l'application des compétences par les élèves avant et après utilisation du dispositif expérimental. Les élèves sont donc évalués sur leur capacité à mobiliser les compétences visées au travers d'exercices intégrant les savoirs abordés dans la valise pédagogique.

En cours de recherche, il est apparu intéressant d'évaluer la capacité des élèves à transférer les compétences développées en expérimentant les outils. Le deuxième type de test (tableau 7) évalue donc le transfert de compétences. Autrement dit, la maîtrise des compétences est évaluée dans un cadre conceptuel non familier. Cette démarche évaluative sert à mesurer la capacité des élèves à développer les compétences mobilisées dans la valise pédagogique dans d'autres contextes et circonstances d'apprentissage.

Strebelle, Depover et Noël expliquent que les élèves peuvent éprouver « *des difficultés à transférer dans une situation nouvelle des compétences acquises dans un contexte scolaire particulier* » (2002, p. 2). Par exemple, « *au moment d'appliquer une procédure comme celle du calcul d'une distance à l'aide de l'échelle numérique d'une carte géographique, un grand nombre de sujets hésitent, tâtonnent, se disent incapables d'y arriver, commettent des erreurs, doutent de leur capacité à répondre ou se déclarent peu confiants en la qualité de leur performance alors même qu'ils jugent la tâche comme très familière* » (Strebelle, Depover et Noël, 2002, p.3).

¹⁶ Les compétences que l'outil propose de développer sont

- l'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices susceptibles d'influencer la situation envisagée (C2) ;
- concevoir ou adapter une procédure expérimentale pour analyser la situation en regard de l'énigme. Imaginer et construire un dispositif expérimental simple (C5) ;
- comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique (C12) ;
- schématiser une situation expérimentale (C13) ;
- confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés (C14) ;
- valider des résultats de recherche (C15) ;
- élaborer un concept, un principe (C16).

Il est possible que les élèves soient à même de développer les compétences visées dans la valise pédagogique parce qu'ils les relient mentalement au contexte d'apprentissage qu'ils ont connu. Afin de s'assurer que cette aptitude à développer ces compétences n'est pas intrinsèquement liée aux savoirs mobilisés dans la valise pédagogique, l'évaluation aborde également des savoirs qui n'ont aucun lien avec les thématiques (énergie et électricité). Ainsi, les difficultés à transférer dans une situation nouvelle des compétences acquises dans un contexte scolaire particulier peuvent être mises en évidence.

On peut supposer que lorsqu'un élève ne parvient pas à développer une compétence mobilisant un savoir auquel il n'a pas été sensibilisé mais qu'il réussit le même exercice avec un savoir auquel il est familier, la réussite de l'exercice peut être attribuée à la maîtrise du savoir plutôt qu'à celle de la compétence. Une interprétation serait que l'élève ne parvient pas à transférer l'utilisation de cette compétence dans des contextes scolaires non-maîtrisés.

Les thèmes d'évaluation qui ont été choisis sont certifiés en fin d'étape pour l'un (*la chaleur*) et sensibilisés à son exercice pour l'autre (*la masse volumique*). Les élèves sont donc en position d'exploration et de découverte, faisant appel aux compétences visées.

2.3.2.1. Description des questions

Les quatre tests qui évaluent le développement des compétences exploitent des thématiques différentes, mais adoptent la même démarche évaluative. Chaque compétence est évaluée de la même manière dans chaque test. Cette partie décrit les compétences qui sont évaluées et la manière dont les questions des tests ont été formulées.

La difficulté majeure rencontrée lors de la conception des tests a été d'évaluer objectivement et précisément chaque compétence. Chaque compétence fait l'objet de questions distinctes. Etant donné la taille de l'échantillon, il était impossible d'évaluer le développement des compétences de chaque élève réalisant une expérience scientifique. Les questions du test portent donc sur l'observation de situations expérimentales.

- ***C2 – L'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices susceptibles d'influencer la situation envisagée***

Face à un compte-rendu d'expérience, l'élève doit pouvoir répertorier les conditions de réalisation de l'expérience. Cette tâche est complexe car elle nécessite une recherche d'indices sur différents supports (images, textes) : l'élève doit observer le compte-rendu d'expérience, le comprendre et décoder correctement les résultats de manière à identifier ses paramètres et les facteurs qui permettent de mesurer le phénomène observé.

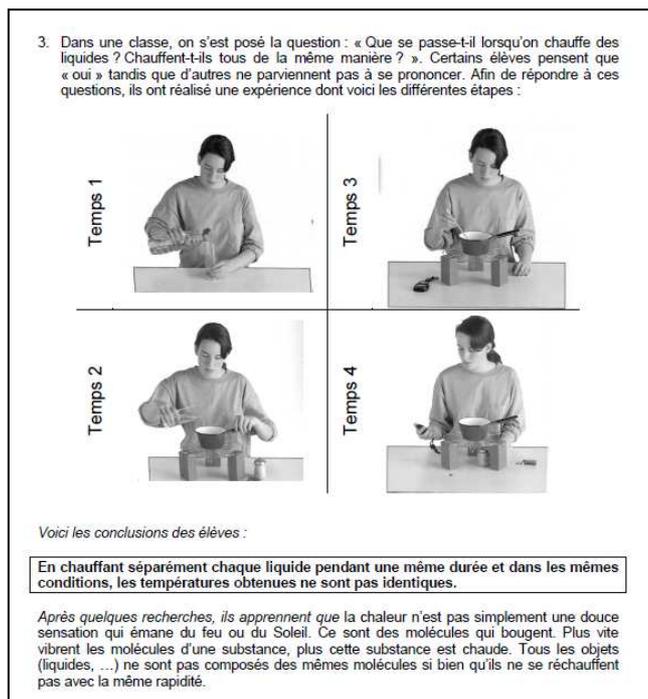


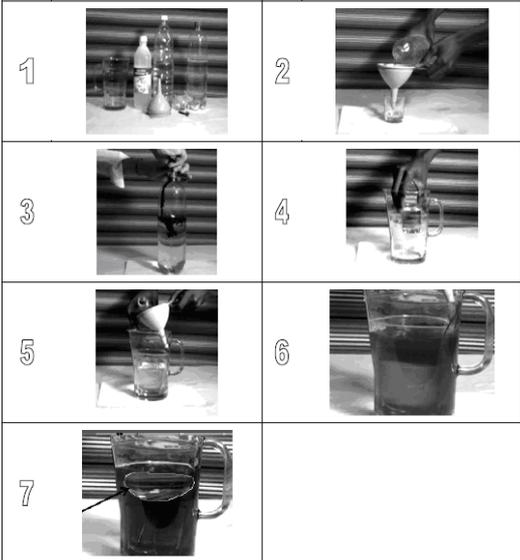
Figure 5 – Compétence C2 Test B

Dans le test B (figure 5) on demande en premier lieu d'identifier tous les accessoires nécessaires à la réalisation de l'expérience, les élèves doivent ensuite expliquer, sur la base de leur observation, ce qu'il est nécessaire de mesurer afin de comparer la capacité calorifique des liquides utilisés dans l'expérience.

- **C5 - Concevoir ou adapter une procédure expérimentale pour analyser la situation en regard de l'énigme. Imaginer et construire un dispositif expérimental simple.**

En se référant aux indications fournies dans les Socles de compétences concernant l'évaluation de cette compétence, il est notamment proposé de remettre en ordre les étapes, écrites ou éventuellement illustrées, d'une procédure expérimentale ou d'une manipulation comportant plusieurs étapes dont l'une d'elle est éventuellement à rejeter et une autre à imaginer ou à décrire.

Dans une classe, on s'est posé la question : « Que se passe-t-il si on mélange deux liquides ayant une masse volumique différente ? ». Beaucoup d'élèves avaient des avis différents, ils ont donc fait une expérience pour comprendre ce phénomène. Voici des photos présentant cette expérience. Elles ne sont pas dans l'ordre. Observe attentivement chacune d'elles.



Voici les commentaires que les élèves ont rédigés pour chaque étape.

A	Présentation des accessoires nécessaires à l'expérience : • de l'huile ; • un verre ; • une carafe ; • de l'alcool à 70% ; • du colorant (une cartouche d'encre par exemple).
B	Je verse un peu de colorant dans l'alcool afin de le colorer.
C	Je remplis le verre d'huile.
D	Je place le verre rempli d'huile dans la carafe.
E	Lorsque les liquides entrent en contact, ils se mettent à mousser.
F	Je commence à verser l'alcool coloré dans la carafe.
G	Pendant que je verse l'eau colorée, les deux liquides semblent se mélanger.
H	Les deux liquides de la carafe ne se mélangent pas, ils se superposent.
I	La carafe déborde car on verse trop de liquide.

a. Pour chaque photo, retrouve le commentaire correspondant à chaque étape et inscris la lettre dans le tableau ci-dessous.

Étapes	Explications (→ Lettres)
1
2
3
4
5
6
7

Figure 6 – Compétence C5 Test A

Se basant sur les recommandations des Socles de compétences, l'élève est amené à appairer chaque illustration d'étape de l'expérience (photographies) à son explication correcte. Parmi ces propositions, certaines sont incorrectes. L'élève doit donc les bannir. Ensuite, il doit remettre ces étapes dans l'ordre chronologique.

▪ **C12 - Comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique**

Pour cet exercice, l'élève doit comparer les éléments proposés à une ou plusieurs références et les classer correctement sur la base de cette comparaison.

3. Voici une série d'objets, classe-les en deux catégories (objets conducteur électrique ou isolant électrique) en fonction des définitions qui te sont données.

A 	B 	C 	D 	E 
F 	G 	H 	I 	J 

Objets conducteurs électriques

Le conducteur électrique conduit l'électricité, il permet au courant électrique de circuler. Les métaux (le fer, le cuivre, l'aluminium, for...) sont de bons conducteurs électriques. L'eau est aussi un bon conducteur électrique.

Objets isolants électriques

L'isolant électrique empêche le passage du courant électrique. Tous les plastiques, les caoutchoucs, le verre ou encore le bois sont de bons isolants.

Figure 7 – Compétence C12 Test C

Dans le test C (figure 7), les élèves doivent trier les images en deux colonnes en fonction des définitions de chaque colonne. L'objectif de cette question étant d'évaluer uniquement la capacité de l'élève à trier, les définitions des catégories sont communiquées. De cette manière, on s'assure que le savoir abordé dans cette question ne constitue pas un obstacle au développement de la compétence.

▪ **C13 - Schématiser une situation expérimentale**

6. Tu as certainement déjà vu un arc-en-ciel. En voici un exemple :



Rouge

Bleu

Pour qu'un arc-en-ciel se forme, il faut plusieurs conditions :

- Qu'il pleuve et qu'il y ait du Soleil en même temps.
- Que la pluie soit devant la personne et le Soleil derrière la personne.

Figure 8 – Compétence C13 Test D

Une situation concrète (figure 8) est présentée à l'élève qui est invité à la schématiser. Dans cet exercice, l'élève est amené à faire face à des étapes de difficultés diverses. Dans un premier temps, il doit utiliser correctement les conventions imposées dans sa schématisation et ensuite, il doit être capable de créer ses propres conventions et de les utiliser correctement dans son schéma.

▪ **C16 - Elaborer un concept, un principe**

Observons tes connaissances en énergie ...

1. Dans une classe, les élèves se sont posé la question : « Comment peut-on produire du courant électrique à partir de l'énergie fournie par le vent ? ». Ayant des avis différents, les élèves ont construit un montage comme celui repris ci-dessous :



Générateur de courant

Pour comprendre comment l'électricité peut être produite, les élèves ont changé l'éclairage et la soufflerie.

Voici leurs observations :

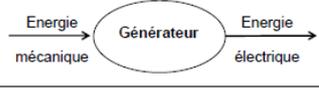
Lampe	Soufflerie	Résultat
Eolienne construite avec le petit moteur électrique	Ampoule classique	L'ampoule ne brille pas.
	Ampoule économique LED	Le LED brille.
	(Sufflerie)	L'ampoule ne brille pas.
	(Sufflerie)	Le LED ne brille pas.

En t'inspirant de l'exemple ci-dessous,
- coche les propositions correctes et
- complète le schéma.

Exemple :

L'hélice fait tourner l'ampoule,
 l'axe du générateur qui produit du courant électrique

Il y a transformation d'énergie mécanique en mécanique,
 électrique,
 thermique.



Le courant électrique est fourni à l'ampoule électrique,
 l'hélice.

Il y a transformation d'énergie électrique en énergie mécanique,
 énergie électrique,
 énergie lumineuse.

Complète :

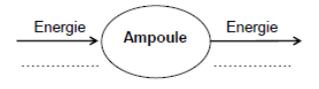


Figure 9 - Compétence C16 Test D

Sur la base de l'observation d'une expérience (schématisée ou non) et de ses résultats (figure 9), l'élève est amené à construire sa réflexion. La construction de ce raisonnement est guidée par une série de questions (figure 10) qui orientent l'attention de l'élève vers des éléments caractéristiques du phénomène expérimenté.

Découvrons la chaleur et ses propriétés ...

1. Dans une classe, une expérience est réalisée afin d'observer la conductibilité thermique de certains matériaux.
Observe attentivement cette expérience. Pour cette expérience, les élèves ont besoin de
→ un grand verre
→ des perles identiques
→ du beurre
→ une casserole d'eau
→ quelques objets à tester : paille, cuillères en bois, en métal et en plastique.



Pour la conductibilité thermique de ces objets, on colle une perle sur chaque objet. Ensuite, on mesure combien de temps chaque perle reste collée.



Observations :
« Toutes les perles ne détachent pas au même moment. »

	Cuillère 1	Cuillère 2	Cuillère 3	Paille
Matière	Bois	Métal	Plastique	Plastique
Poids	20 g	25 g	10 g	3 g
Couleur	Brun	Gris	Rouge	Bleu
Taille	20 cm	15 cm	15 cm	15 cm
La perle se détache de l'objet après...	4 min	3 min	3 min 30	3 min 40

a. Trace une croix dans la case qui convient.

	intervient dans le temps que reste collée la perle.	n'intervient pas dans le temps que reste collée la perle.
La matière	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La masse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La couleur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La longueur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b. Classe les objets de l'expérience du plus conducteur au moins conducteur thermique.

Objet le plus conducteur thermique

↓

Objet le moins conducteur thermique

c. Que retient-on de ces observations ?
Explique pourquoi, dans l'expérience, les perles ne tombent pas toutes au même moment.

.....

.....

.....

Plusieurs questions pour faire émerger le concept.

Figure 10 - Compétence C16 Test B

Plusieurs étapes sont prévues afin que l'élève puisse faire le point sur son raisonnement et son observation. Tout d'abord, il est invité à observer attentivement le tableau des résultats

et à prendre connaissances des différentes composantes de l'expérience. Ensuite, il est interrogé sur un critère d'influence épinglé au cours de l'expérience.

▪ **C14 - Confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés**

Dans les deux tests, cette compétence est évaluée suite à la compétence « élaborer un concept, un principe ». Etant donné que l'élève reprend les étapes principales de l'expérience décrite dans le cadre de l'évaluation de cette compétence et qu'il est censé intégrer le concept étudié dans cette description de l'expérience, il est possible de demander à l'élève de se prononcer sur la validité des propositions formulées dans cet exercice. Les phrases que l'élève doit confirmer ou infirmer le sont sur la base d'arguments qu'il aura vérifiés au cours de l'élaboration du concept (figure 11).

d. Pour chaque proposition, entoure la réponse correcte en te basant sur les résultats de l'expérience et corrige lorsque c'est faux.

Tous les objets ont tous la même conductibilité thermique.	VRAI FAUX
Correction :	
.....	

Si les perles tombent à des moments différents, c'est parce que la chaleur se répand de manière différente dans les objets de l'expérience.	VRAI FAUX
Correction :	
.....	

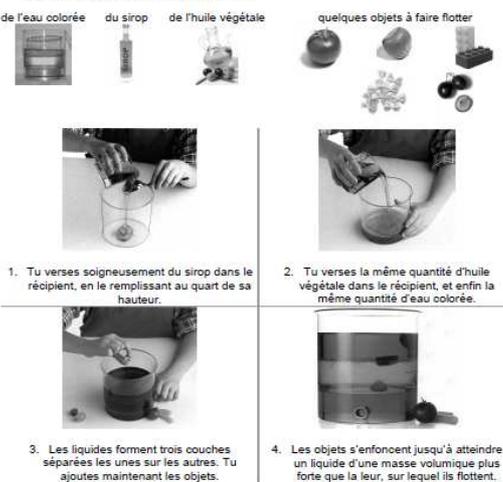
La première perle qui tombe est celle qui est placée sur l'objet dont la conductibilité thermique est la meilleure.	VRAI FAUX
Correction :	
.....	

Figure 11 – Compétence C14 Test B

▪ **C15 - Valider des résultats de recherche**

4. Voici la description d'une expérience réalisée en classe.
Les objets utilisés dans l'expérience sont :

de l'eau colorée du sirop de l'huile végétale quelques objets à faire flotter



Voici quelques conclusions que tu pourrais tirer... Entoure la réponse correcte pour chaque proposition.

Les liquides ayant une masse volumique plus importante ne laissent pas descendre les objets qui sont trop légers.	VRAI FAUX
Tous les liquides ont la même masse volumique.	VRAI FAUX
Certains objets descendent au fond du récipient car leur masse volumique est moins importante que les liquides qu'ils traversent.	VRAI FAUX
Dans cette expérience, l'eau est plus dense que l'huile mais moins que le sirop.	VRAI FAUX

Figure 12 – Compétence C15 Test A

L'élève est à nouveau placé en situation fictive d'expérimentation (figure 12) : une expérience est décrite de A à Z. Sur la base de la description de cette expérimentation, l'élève doit être capable de valider les propositions correctes. L'évaluation de cette compétence se rapproche de la compétence « *confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés* », à la différence qu'elle ne nécessite pas de justification ou de correction.

CHAPITRE 3 – EVOLUTION DU DISPOSITIF

La construction de la valise pédagogique s'est organisée en plusieurs phases. La méthodologie choisie pour cette recherche est basée sur une adaptation de la « Chaîne sur prototype initial » de Van der Maren (2005, p.119) : différents prototypes (différents scénarios) ont été construits et mis à l'épreuve en classe, ensuite évalués et puis modifiés de manière à élaborer un prototype final qui soit le plus pertinent possible et le mieux adapté au public ciblé : le premier degré de l'enseignement secondaire général et différencié.

Enrichie des expérimentations menées au cours des deux années de recherche et de divers résultats d'études publiées dans la littérature, la valise tient compte des préoccupations actuelles sur le sujet. L'appropriation d'un outil pédagogique comme *l'Energithèque* concerne à la fois les enseignants et les élèves. Lorsque les élèves choisissent un outil pédagogique, l'influence des enseignants est considérable : dans la plupart des cas, ils optent pour l'outil utilisé en classe, sans envisager les outils équivalents proposés sur le marché (Tulip et Cook, 1991).

Une étude menée par Cook et Tulip (1992) s'intéresse aux critères utilisés par les enseignants pour choisir un manuel scientifique. Les éléments qui ressortent peuvent être rassemblés en trois catégories : utilité pour l'enseignant, potentialités d'apprentissage et approche concrète des contenus¹⁷. Voici quelques exemples des éléments cités par les enseignants : l'utilisation de mots-clés et leur identification dans le texte, la présence de schémas, le degré de difficulté, l'intégration d'expérimentation, de sujets et de situations-problème contextualisés et en lien avec la réalité. Les enseignants sont à la recherche d'outils utiles qu'ils peuvent exploiter directement dans leur classe, avec les élèves et qui facilitent leur apprentissage.

1. Les thématiques

L'une des premières étapes de la recherche a été de définir les thématiques d'éveil scientifique au travers desquelles les outils de diagnostic et de remédiation immédiate qui ont été construits.

Les deux thématiques retenues, l'énergie et l'électricité, sont abordées à partir d'une situation de départ complexe : la construction d'une mini-éolienne et celle d'un jeu électro. Dans les deux cas, la construction de l'objet constitue à la fois un prétexte à la compréhension de son fonctionnement mais surtout un point de départ pour aborder différents concepts ; certains de ces concepts étant effleurés comme celui de l'énergie, d'autres étudiés plus précisément comme les notions de circuits électriques ouverts ou fermés, conducteurs ou isolants.

¹⁷ Teacher utility, student cognition and student affect

2. Les compétences

Outre les thématiques abordées, le dispositif a comme principal objectif de permettre à l'élève de développer, de manière autonome, des compétences disciplinaires et transversales en éveil et initiation scientifique à partir d'une situation complexe (la construction d'un jeu électro ou d'une mini-éolienne). Quatre compétences « savoir » ont donc été choisies :

- le circuit électrique simple (E^{18}) ;
 - les bons et mauvais conducteurs (E) ;
- } **Thématique ELECTRICITE**
- la transformation d'une énergie en une autre (pas de relevé exhaustif) (C)
 - l'électricité comme résultat d'une transformation d'énergie (C).
- } **Thématique ENERGIE**

Pour les deux thématiques, les compétences « savoir-faire » en éveil et initiation scientifique et transversales sont identiques. Un total de sept compétences « savoir-faire » sont mobilisées au cours du dispositif :

Tableau 8 – Compétences « savoir-faire » sélectionnées pour la valise pédagogique

		E	C	↗
C2	L'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices susceptibles d'influencer la situation envisagée		X	
C5	Concevoir ou adapter une procédure expérimentale pour analyser la situation en regard de l'énigme. Imaginer et construire un dispositif expérimental simple		X	
C12	Comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique		X	
C13	Schématiser une situation expérimentale			X
C14	Confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés			X
C15	Valider des résultats de recherche		X	
C16	Elaborer un concept, un principe		X	

La valise pédagogique vise le développement de trois compétences transversales par les élèves :

- démarches mentales : saisir, traiter, mémoriser, utiliser et communiquer l'information ;
- manières d'apprendre : réfléchir sur la méthode de travail, planifier une activité, utiliser des outils de travail, des documents de référence ;
- attitudes relationnelles : se connaître, prendre confiance, connaître les autres et accepter les différences.

¹⁸ Telles que dénommées dans les Socles de compétences, les lettres et symboles signifient :

- E - Entretien de la compétence ;
- C - Certification de la compétence en fin d'étape ;
- ↗ - Sensibilisation à l'exercice de la compétence.

3. Une démarche expérimentale

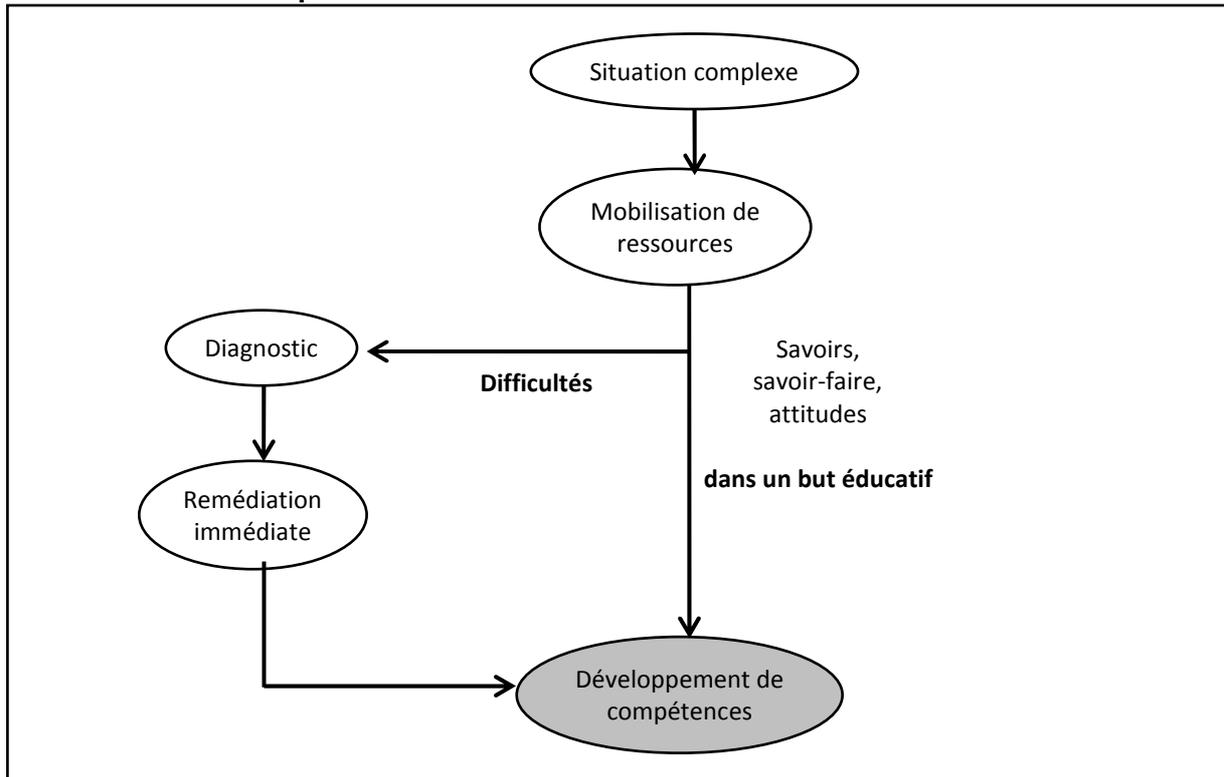


Figure 13 - Démarche mise en place au cours du dispositif

Si la situation problème n'est pas un outil au sens matériel du terme, elle crée toutefois l'espace au sein duquel le dispositif peut s'instaurer. La situation problème telle qu'elle est présentée dans le dispositif s'assimile à une situation complexe conduisant au développement de compétences.

En se référant à la définition de la compétence donnée par Beckers et ses collègues (2003), celle-ci est appréhendée en termes de ressources à mobiliser afin de faire face à des situations problèmes. Rey *et al.*, (2006), à partir de plusieurs définitions, mettent en évidence deux éléments communs pour définir une compétence : elle débouche sur une action (manuelle ou intellectuelle) fonctionnelle préméditée (les auteurs parlent de buts à atteindre).

Ainsi, la situation complexe proposée dans le dispositif place l'élève dans une position problématique pour laquelle il devra mobiliser différentes ressources. C'est finalement la confrontation à l'entièreté du dispositif qui permet d'atteindre les objectifs et de développer les compétences voulues.

La situation problème à laquelle est confronté l'élève dans le dispositif réside dans la construction fonctionnelle de deux objets techniques complexes : un jeu électro ou une mini-éolienne. Cette situation permet aux élèves de mettre en application la démarche expérimentale dans deux cas concrets.

Chaque élément de construction constitue un paramètre dont il faut évaluer l'influence. Dans le cas de la construction du jeu électro, la source de courant, les raccords entre questions et réponses et le signal validant la connexion sont quelques-uns des paramètres à traiter. Pour construire la mini-éolienne, les élèves devront, par exemple, choisir une soufflerie, un générateur de courant et un système d'éclairage.

Les élèves sont confrontés à des choix pour chaque paramètre tel qu'utiliser du papier aluminium ou des fils de connexion (conducteurs, isolants), placer une ampoule classique ou un autre type de lampe dans le circuit électrique (importance de la consommation électrique), choisir l'hélice (influence de la taille des pales), ou la soufflerie (effet de la vitesse du vent)...

En ce qui concerne la construction de la mini-éolienne, le matériel sélectionné est délicat dans la mesure où certaines pièces sont petites et donc fragiles à manipuler. Néanmoins, il a le mérite de permettre aux élèves d'expérimenter concrètement la démarche scientifique, et donc de tester l'influence de différents paramètres liés aux composants utilisés.

4. Les outils

Dans cette partie, les différents outils du dispositif final sont présentés. Une description des prototypes successifs aurait alourdi la lecture, c'est pourquoi le choix s'est porté sur une telle présentation.

La valise *Energithèque* (figure 14) est constituée, pour chaque thématique, d'une grille autodiagnostique (annexe 2), de fiches de remédiation immédiate (annexes 4 et 7), d'un lexique (annexe 9) visant à accompagner l'élève dans sa démarche évaluative – comprenant une phase diagnostique et immédiatement une remédiation. L'enseignant reçoit un dossier qui lui est destinée, six valisettes permettant à six groupes d'élèves de travailler de manière autonome ainsi que du matériel commun à la classe (un sèche-cheveux, un jeu électro, une dynamo de bicyclette, trois pinces à dénuder, trois tournevis) et deux DVD reprenant différentes séquences vidéos (présentation technique, aide aux manipulations...).



Figure 14 - Valise *Energithèque*

Moyennant quelques éléments supplémentaires très faciles à trouver dans la vie quotidienne et bon marché (papier aluminium, des attaches parisiennes, des ciseaux, de la colle), les

élèves peuvent donc relever les deux défis, à savoir construire une mini-éolienne ou un jeu électro. L'élaboration de la valise a été confrontée à des contraintes budgétaires : le coût du matériel fourni dans la valise pédagogique a pu être réduit grâce à des recherches et comparaisons de prix entre différents fournisseurs. Son prix est passé de 580 € pour une valise pédagogique en début de recherche à 265 € en fin de recherche.

Les différents éléments développés sont chronologiquement : la grille autodiagnostique, les fiches de remédiation immédiate, le dossier enseignant, le support audio-visuel, le site Internet et le matériel de manipulation.

4.1. La grille autodiagnostique

Deux grilles ont été construites, chacune est spécifique à une thématique (électricité et énergie). En effet, si la forme et l'utilisation de ces deux grilles sont identiques, les difficultés ciblées et les compétences diffèrent d'un thème à l'autre. Chaque difficulté repérée renvoie l'élève vers la fiche de remédiation correspondante. Les élèves travaillent en groupe mais leur évaluation peut être individuelle, ces grilles peuvent donc être distribuées par groupe ou par élève. L'appréciation est laissée à l'enseignant en fonction de sa classe.

L'une des préoccupations était de présenter la grille de manière à rendre le diagnostic très accessible. Le recours à des formulations et des textes trop longs a donc été évité. Cette grille devait être facile d'utilisation pour l'élève, rompant avec les présentations traditionnelles (en lignes ou en colonnes) d'autres outils. La solution des « marguerites » (figure 15) est donc apparue à ce stade de la recherche.

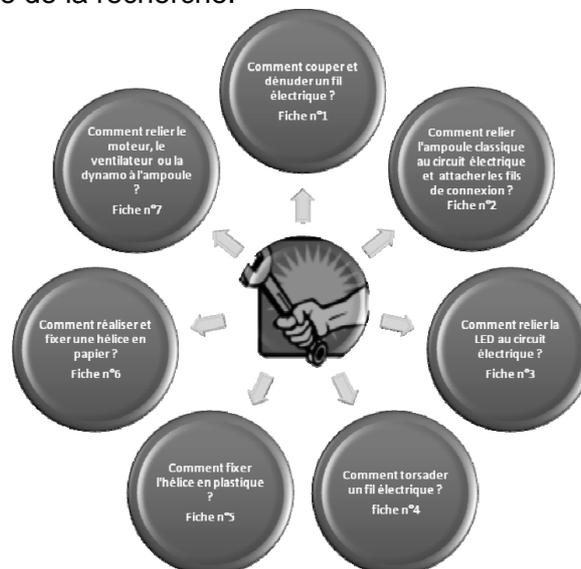


Figure 15 - Marguerite « Construction » de la grille autodiagnostique Energie

Les difficultés sont classées en familles, dans des marguerites différentes. Chaque marguerite, représentée par une couleur et une icône (tableau 9), correspond à un type de difficulté particulier.

Tableau 9 - Familles de difficultés de la grille autodiagnostique

Famille de difficulté	Icône	Couleur	Nombre de fiches pour la thématique électricité	Nombre de fiches pour la thématique énergie
Construction		Bleu	4	7
Organisation		Orange	4	7
Compréhension		Vert	4	9
Pannes		Rouge	5	3
Dépassement		Blanc	7	4

Afin de réduire l'intervention de l'enseignant et de permettre à l'élève de gérer au mieux son apprentissage de manière autonome, une accroche est présente sur chaque grille autodiagnostique. Cette accroche, interpellant l'élève, vise à rappeler l'objectif de la grille. Pour la grille autodiagnostique « Construction », l'accroche choisie est la suivante : « Je me pose des questions sur la construction de... ».

Toutefois, les expérimentations menées au cours des phases antérieures de la recherche ont montré que les élèves consultent très peu les fiches à caractère théoriques, la priorité des élèves étant de construire l'objet en question. Quand cela s'avère nécessaire, l'enseignant peut alors orienter les élèves vers ces fiches permettant la découverte de diverses notions théoriques ou concepts.

4.2. Les fiches de remédiation immédiate

Les fiches de remédiation ont évolué en parallèle avec la grille autodiagnostique. Elles ont presque doublé en nombre depuis les premiers tests en école (les fiches de remédiation sont passées de 9 à 23 pour la construction du jeu électro et de 12 à 22 pour la construction de la mini-éolienne).

Toutes ces fiches, qu'elles appartiennent au thème de l'électricité ou à celui de l'énergie, ont évolué essentiellement grâce aux observations réalisées sur le terrain, lorsque les élèves manipulaient l'outil.

Les fiches de remédiation suivent une classification identique à celle des difficultés de la grille autodiagnostique. Chaque catégorie est repérée par le même logo que celui figurant sur la grille : la clé anglaise (conseils et astuces pratiques), le croisement des chemins (choix d'un paramètre ou organisation du travail), la loupe (concepts ou notions théoriques) le diable (pannes), et la ligne d'arrivée (aller plus loin dans la découverte). Chaque fiche de remédiation immédiate reprend le numéro de la fiche et la question proposée dans la grille autodiagnostique (figure 16).

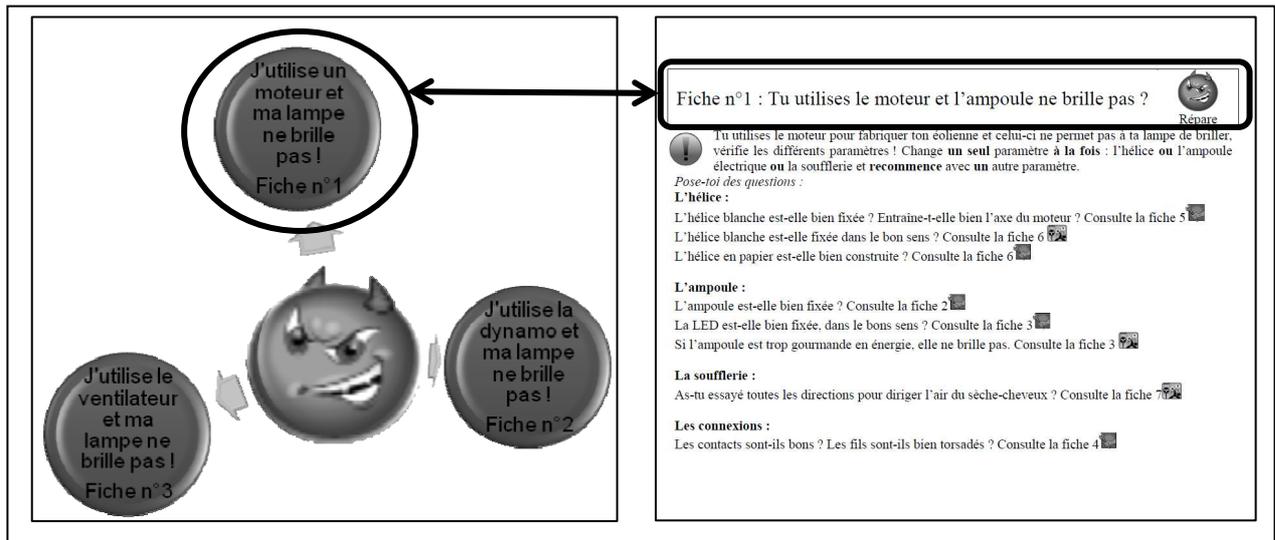


Figure 16 – Correspondance grille autodiagnostique/fiches de remédiation immédiate

Dès que cela est possible, une fiche renvoie l'élève vers une autre fiche (figure 17), soit pour compléter l'information soit pour répondre à une difficulté qui peut se présenter en cours de route.

Pose-toi des questions :

L'hélice :

L'hélice blanche est-elle bien fixée ? Entraîne-t-elle bien l'axe du moteur ? Consulte la fiche 5

L'hélice blanche est-elle fixée dans le bon sens ? Consulte la fiche 6

L'hélice en papier est-elle bien construite ? Consulte la fiche 6

Si tu ne sais pas comment torsader les fils électriques, consulte la fiche n°4

** Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.*

Figure 17 – Extrait d'une fiche de remédiation immédiate

4.3. Le dossier enseignant

Les enseignants disposent d'un dossier qui reprend toutes les informations nécessaires à l'utilisation de la valise pédagogique : répertoire de l'ensemble du matériel, description des compétences et savoirs exploités, présentation des différents documents proposés (grille d'autodiagnostic et fiches d'aide pour les élèves), planning, explication de la manipulation de

la valise, approfondissement de certaines notions théoriques indispensables à maîtriser ou plus spécifiques pour anticiper certaines questions d'élèves plus curieux...

Trois parties distinctes, mis à part les annexes, constituent ce dossier : une introduction générale qui expose la méthodologie choisie pour cette recherche, une deuxième partie qui traite des deux thématiques (électricité et énergie) et une dernière partie qui regroupe différents dossiers sur les ampoules électriques, piles électriques et centrales électriques.

La deuxième partie se scinde également en deux segments et regroupe, par thématique, les outils qui sont mis à disposition des élèves tels que le lexique, les synthèses, les fiches de remédiation et la grille autodiagnostique. Pour chaque segment, les notions fondamentales d'éveil et initiation scientifique exploitées sont développées pour les enseignants et donc d'un niveau supérieur à celui des élèves de manière à préparer au mieux les enseignants face aux interrogations des élèves. Ce dossier n'a pas la prétention d'anticiper toutes les questions possibles, mais il répond déjà à un bon nombre d'entre elles. Quelle que soit la thématique abordée, le dossier enseignant reprend aussi les préconceptions erronées les plus courantes, analysées lors de la première phase de la recherche.

Tous les outils fournis à l'élève sont également passés en revue (grille autodiagnostique, fiches de remédiation immédiate) et un exemple de synthèse possible est proposé par thématique.

4.4. Le support audio-visuel

Deux DVD comprenant des informations complémentaires à l'enseignant mais également à l'élève sont fournis dans la valise.

Dans le premier DVD, on trouve les deux expériences proposées dans le dispositif : construction d'une éolienne et d'un jeu d'électro. Pour chacune, le matériel disponible est détaillé et la réalisation des expériences est présentée étape par étape, incluant les difficultés potentielles et les différentes possibilités de manipulation. Les enseignants trouvent également une partie informative présentant de réelles éoliennes et leurs utilités au quotidien, des circuits électriques et leurs fonctions. Cette partie se présente sous la forme d'une série de documentaires du type télévisuel : interviews d'experts et de particuliers. Le deuxième DVD présente un reportage réalisé dans une classe utilisant l'outil en situation réelle et permet ainsi aux enseignants de mieux se rendre compte des exploitations possibles de cet outil.

L'objectif de ce support est de préparer efficacement l'enseignant à encadrer les élèves, d'aider ces derniers à dépasser leurs difficultés en les guidant vers une fiche d'aide... Il s'agit également d'éviter que l'enseignant ne se sente lui-même dépassé ou démuné face aux obstacles rencontrés¹⁹. Il est recommandé de ne pas diffuser les séquences de montage

¹⁹ Certains enseignants sont chargés du cours d'éducation scientifique alors qu'il ne s'agit pas de leur formation initiale.

dans les classes au risque de compromettre toute démarche d'essais-erreurs et de réflexion de la part des élèves.

4.5. Le site Internet

Lorsque les enseignants reçoivent la valise pédagogique, ils bénéficient d'une série d'outils (dossier enseignant, DVD, fiches...). Ces outils sont amenés à être améliorés constamment et le site Internet est le moyen choisi pour prolonger et renforcer la communication et la collaboration avec les équipes enseignantes. De cette manière, elles bénéficient des dernières mises à jour des outils dont elles disposent et peuvent également découvrir d'autres nouveautés. Le site Internet se présente sous la forme d'une plateforme de ressources pédagogiques sur laquelle il est possible de télécharger les outils pédagogiques produits par l'équipe. La plateforme sera mise en ligne en ligne dans le courant du mois de décembre et sera accessible via l'adresse *www.umons-didactique.be*.

4.6. Le matériel

4.6.1. Choix des composants du jeu électro

En ce qui concerne le jeu électro, le matériel nécessaire est un matériel de la vie quotidienne, facile à trouver : papier aluminium, attaches parisiennes, carton, etc. Les seuls composants spécifiques sont les petites ampoules électriques, les piles et les fils de raccordement électriques (une pile de 1,5V rechargeable et l'ampoule adaptée sont fournies dans la valise). Même si la pile de 1,5V rechargeable est un peu plus onéreuse à l'achat, il semble pertinent d'insister sur l'aspect réutilisable et écologique de la batterie.

4.6.2. Choix des composants de la mini-éolienne

Construire d'une manière simple, efficace et la moins coûteuse possible une mini-éolienne tout en tenant compte des contraintes physiques importantes - les frottements et donc les pertes d'énergie correspondantes - a présenté deux difficultés essentielles. La première a consisté à trouver le type de générateurs permettant d'alimenter une petite ampoule et la deuxième à associer différents composants détournés de leur emploi premier pour obtenir au système répondant aux exigences retenues.

4.6.2.1. Les générateurs électriques

Trois types de générateurs sont disponibles dans la valise pour construire cette mini-éolienne : une dynamo, un moteur de jouet et un petit ventilateur d'ordinateur.

La dernière génération de dynamo (alternateur) de bicyclette présente relativement peu de frottements et une rotation assez régulière (l'aimant possède d'avantage de pôles que les générations précédentes). Ce type de dynamo, associé à une hélice en carton, peut donc être utilisé comme générateur pour la mini-éolienne. Dans ce cas, comme dans les deux autres constructions, la seule ampoule qui peut briller est une LED (ampoule à faible consommation d'énergie), le vent étant assuré par la soufflerie du sèche-cheveux.

La deuxième possibilité pour simuler le générateur de l'éolienne est d'utiliser un moteur électrique. Le problème réel réside dans l'emploi du moteur qui est alors utilisé en fonctionnement inverse de celui pour lequel il est prévu initialement, à savoir comme générateur de puissance électrique et non comme générateur de mouvement. Cette puissance électrique permet à la LED de briller. Le moteur sélectionné pour ses meilleures performances est un moteur très peu onéreux, utilisé dans un jouet, et bien qu'importé de Chine, facile à commander.

La troisième possibilité est d'utiliser un petit ventilateur d'ordinateur. Ce ventilateur présente aussi très peu de frottements et bien qu'utilisé lui aussi à contre emploi, peut fournir suffisamment de puissance pour alimenter la LED.

4.6.2.2. L'éclairage

Sans système de multiplication de vitesse, la seule lampe qui s'allume est une LED. Les petites ampoules classiques de bicyclette, par exemple, nécessitent une puissance trop importante. Le branchement un peu particulier (il est nécessaire d'accorder une attention particulière lors d'un travail en continu) de cette lampe peut sembler être un inconvénient mais c'est pour les élèves l'occasion de découvrir une lampe qui fait, pour des raisons d'économie, son apparition dans un nombre grandissant d'applications.

4.6.2.3. La soufflerie

La puissance de l'éolienne est fonction du cube de la vitesse du vent. Le sèche-cheveux est donc d'autant plus efficace qu'il est puissant. Les modèles classiques et peu coûteux donnent de bons résultats. Si les élèves le souhaitent, il est possible de coupler deux sèche-cheveux pour augmenter la soufflerie et parvenir à faire rougir très légèrement le filament d'une ampoule à incandescence.

4.6.2.4. Les turbines (hélices)

Trois types d'hélices sont proposées en vue de construire la mini-éolienne : l'hélice d'aéromodélisme, l'hélice du ventilateur d'ordinateur et une hélice en carton que les élèves peuvent construire en laissant libre cours à leur imagination.

La puissance fournie par la rotation d'une hélice dépend de la surface balayée (le carré du rayon) par les pales. Cependant des hélices trop grandes sortent du courant d'air, sont lourdes et ne tournent pas suffisamment vite. Si elles sont trop petites le phénomène est inverse, il est nécessaire de trouver un compromis.

La fixation de l'hélice sur l'arbre du moteur, la position de l'hélice par rapport à la ventilation et la distance entre l'hélice et le ventilateur sont des paramètres importants dont les élèves prennent très vite conscience.

5. Première validation empirique

L'un des deux DVD proposé dans l'*Energithèque* illustre l'exploitation en classe de la valise pédagogique. La réalisation de ce reportage a été une dernière occasion de recueillir les suggestions de l'enseignant sur la version finale de la valise, avant la phase d'expérimentation prévue à large échelle.

La classe dans laquelle s'est déroulé le tournage compte douze élèves. Ceux-ci sont habitués à travailler en ateliers et à faire face à des situations-problèmes dans le cadre du cours d'éveil scientifique. Le thème exploité est celui de l'énergie. Quatre périodes de cours ont été nécessaires à la classe pour exploiter le dispositif dans sa totalité. Cette rapidité d'utilisation s'explique par les conditions (idéales) dans lesquelles s'est déroulée l'activité : de petits groupes d'élèves habitués à travailler par défi dans un grand local idéalement disposé. Notons que de telles conditions ne se retrouvent pas dans tous les établissements de notre échantillon.

Etape 1 : Introduction (schéma individuel)

Afin de démarrer l'activité, l'enseignant présente le défi aux élèves en partant de l'actualité locale : la construction d'éoliennes dans un village voisin. Alors que de très grandes éoliennes (les plus grandes d'Europe) sont en construction à Estinnes, les élèves se préparent à construire une mini-éolienne fonctionnelle.

L'enseignant insiste bien sur la différence existant entre une maquette décorative et un objet fonctionnel : « cette mini-éolienne devra fournir de l'énergie » explique l'enseignant. Les élèves sont donc invités à représenter, sur papier, une éolienne, à en réaliser la légende et enfin, à lister le matériel nécessaire à sa construction.

Pendant près de quarante minutes, les élèves réfléchissent individuellement à ce premier schéma. Cette étape est très importante pour que les élèves puissent s'approprier pleinement le défi.

Durant cette étape, l'enseignant circule constamment entre les bancs, interpelle les élèves sur leur production, pose des questions pour dégager des pistes de réflexion, mais jamais ne divulgue de réponse.

Etape 2 : La mise en commun par groupes

Les élèves sont placés en groupes de deux et l'enseignant leur demande d'interagir afin de parvenir, en fin de discussion, à un projet unique répondant à l'objectif initial.

Ces interactions constituent une occasion d'argumenter et d'essayer de convaincre les autre(s) élève(s) du groupe de la pertinence du dessin (conflit sociocognitif). Bien qu'idéale, cette situation n'est que très peu rencontrée. On assiste plutôt à la mise en place d'un consensus tacite dans lequel certains élèves se laissent guider par d'autres sans qu'il y ait un véritable échange.

C'est à ce moment également qu'apparaissent les premières interrogations : « on ne comprend pas ce qui se passe entre le vent et la lampe électrique », « on ne sait pas comment on va construire l'éolienne ».

Etape 3 : La présentation des outils disponibles pour les élèves

Une fois le schéma commun arrêté, l'enseignant expose aux élèves (au moyen d'un transparent²⁰) les outils mis à leur disposition : la grille autodiagnostique, les différents pictogrammes et fiches de remédiation immédiate ou d'aide pour les élèves.

Contrairement à ce qui a été proposé jusqu'alors, l'enseignant a très judicieusement présenté les outils après la production du schéma commun. En effet, présenter la grille autodiagnostique et les fiches d'aide aux élèves avant leur mise en commun peut les amener à explorer d'autres pistes de réflexion, parasitant ainsi leurs conceptions initiales. De plus, l'inversion de ces deux étapes offre, à l'enseignant, une transition plus facile vers la présentation du matériel mis à disposition et la construction peut commencer.

Etape 4 : L'expérimentation

Pendant une dizaine de minutes, les élèves découvrent et ont même tendance à « jouer » avec le matériel. L'enseignant doit, d'ailleurs, rappeler l'objectif visé. Une fois ce moment de découverte terminé, les élèves reviennent à leur projet initial. Pour la consultation des fiches d'aide, aucune consigne n'est donnée, mise à part celle de les utiliser sans modération. Au fur et à mesure de l'expérimentation, certains groupes vont les chercher suivant leurs besoins, d'autres les prennent toutes dès le début de la partie construction.

Les élèves n'utilisent pas spontanément le dessin commun réalisé en début de séance pour construire leur mini-éolienne. Pour eux, cette démarche n'est pas naturelle, ils ne consultent ni la grille d'autodiagnostic ni les fiches d'aide de manière spontanée. Néanmoins, une fois amenés à utiliser les fiches d'aide, les élèves reconnaissent leur utilité car ils y trouvent la réponse à leurs questions. Néanmoins, ils ne s'en rendent compte qu'après coup. Le rôle de l'enseignant est donc primordial : rappeler sans cesse leur utilité et inviter les élèves à les consulter.

La majeure partie des élèves est perturbée par l'absence de mât dans le matériel proposé. Pour eux il est difficile d'imaginer de construire une éolienne, même miniature, sans mât. L'enseignant peut anticiper cette difficulté en préparant, par exemple, des statifs, ces derniers matérialiseront très bien les mâts des éoliennes.

Beaucoup d'élèves sont aussi « distraits » par la pile qui fait partie du matériel complet de la valise. Exemples :

- * On remarque ainsi que, si la pile est présente dans le matériel proposé, les élèves font fonctionner l'ampoule et l'hélice en parallèle avec l'énergie électrique, ce n'est pas l'objectif visé !
- * Il arrive également qu'un groupe alimente le ventilateur grâce à la pile et utilise le ventilateur en action pour mettre l'hélice attachée au moteur en mouvement. Dans ce cas, le courant d'air ainsi produit n'est pas suffisant pour faire briller l'ampoule, quelle qu'elle soit.

En réalité, dans le cas de la construction de la mini-éolienne, la pile ne sert qu'à vérifier le bon fonctionnement du moteur, du ventilateur ou de l'ampoule à incandescence. Pour ne pas

²⁰ La présentation des différentes icônes de la grille autodiagnostique sous la forme d'un transparent est une initiative que M. D'Agostino a prise lors de l'expérimentation du dispositif dans sa classe. Cette explication préliminaire a été ajoutée au dispositif pédagogique. Les élèves manipulent plus efficacement les fiches d'aide lorsqu'ils bénéficient, avant toute manipulation, d'une explication de l'enseignant sur la manière d'utiliser ces fiches et sur la signification de chaque symbole utilisé.

compliquer la démarche des élèves lors de cette construction, nous suggérerons donc à l'enseignant d'enlever cette pile du matériel individuel et de la laisser uniquement dans le matériel commun, disponible au centre de la classe.

L'utilisation de l'ampoule à incandescence pose également problème aux élèves. Ces derniers ne tiennent pas compte de sa consommation énergétique, pour eux, cette question ne se pose pas. En réalité, pour briller cette ampoule nécessite une énergie qui ne peut être fournie par l'hélice et le moteur. La solution consiste donc à utiliser la LED qui est nettement « moins gourmande » en énergie et qui brille sans problème.

Après une demi-heure, le premier montage fonctionne, après une heure toute la classe a atteint l'objectif de la construction.

Etape 5 : La synthèse

Une élève réalise le schéma du dispositif expérimental final et fonctionnel au tableau, y ajoute une légende et explique, à la classe, la manière dont il est construit. L'enseignant pose alors quelques questions pour s'assurer de la bonne compréhension de la classe.

Ensuite, moyennant quelques interventions de l'enseignant, les élèves construisent la chaîne énergétique²¹. Les élèves de cette classe (2^{ème} secondaire) connaissent déjà certains termes comme « réservoir énergétique », « receveur énergétique », les symboles utilisés et les différents types d'énergies entrant en jeu. La synthèse se construit facilement et très vite, avec très peu d'interventions de l'enseignant.

Cependant, l'équipe a pu constater que deux élèves, venant d'une autre école, ne connaissaient pas cette chaîne énergétique. Il est donc important de s'assurer que les compétences et savoirs nécessaires à la compréhension de ce type de schéma soient fixés de façon durable.

6. L'avis des enseignants

Lors de la passation des tests, les avis de sept enseignants ont été recueillis concernant le projet de recherche dans son ensemble. Bien que peu représentatives étant donné l'absence d'un système de recueil d'impressions, quelques remarques, suggestions ou critiques pertinentes sont présentées.

6.1. L'organisation générale

Les enseignants approuvent l'estimation du temps à consacrer au projet au sein des classes (entre 4 et 7 périodes suivant l'objet technique à construire). En général, la répartition a été la suivante : une heure pour la présentation de l'activité, la mise en situation et le premier schéma, deux heures pour l'expérimentation et les deux dernières heures pour le second schéma et la synthèse. Une seule classe a été plus rapide, l'enseignant ayant choisi de donner aux élèves un dossier reprenant toutes les fiches en une fois, 3 périodes seulement ont été nécessaires.

²¹ Éclairons notre lanterne - Enseignement secondaire – thème 6 – Cours de sciences au 1^{er} degré – AGERS

Certains enseignants soulignent le manque de place dans le local. En effet, lorsque le nombre d'élèves dépasse 25, il est difficile d'organiser la classe en vue d'une manipulation optimale du matériel.

6.2. La méthode de travail des élèves

Les élèves travaillent naturellement par tâtonnements et montrent des difficultés lorsqu'il s'agit d'appliquer la démarche scientifique. Comme expliqué plus avant, il apparaît nécessaire de les inviter à rechercher des informations dans les fiches d'aide, peu utilisées de manière spontanée par les élèves.

Si les élèves ont utilisé le lexique, ils n'ont consulté ni les fiches de corrections, ni les fiches « pour aller plus loin », ni les dossiers présentés en annexe. Dans certaines classes, il était nécessaire d'aider les élèves à identifier leurs premières difficultés, de sorte que les étapes de la démarche se succèdent plus facilement.

6.3. La construction de la mini-éolienne

6.3.1. L'organisation

Un enseignant a aiguillé ses élèves en fournissant des indications sur l'ordre à suivre quant à l'utilisation des fiches. Exemple : « Commencez par « telle » fiche ».

6.3.2. Le matériel utilisé par les élèves

Les élèves utilisent en premier lieu l'ampoule électrique, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'un objet appartenant à leur quotidien. Ils éprouvent par contre davantage de difficultés à reconnaître la LED comme un système d'éclairage. En dépit de la fragilité de ces objets, les enseignants ne signalent aucune détérioration. Dans l'ensemble, aucun problème de fragilité du matériel n'a été évoqué.

Dans une classe, certains élèves ont construit la mini-éolienne avec la dynamo, d'autres ont utilisé le moteur et ont comparé les résultats obtenus.

Les suggestions issues des enseignants interrogés sur le matériel peuvent être prises en compte en vue d'améliorations futures. Elles concernent les éléments suivants :

- Un enseignant propose de regrouper les éoliennes ensemble ou d'envoyer la soufflerie de deux sèche-cheveux sur la même hélice afin de faire briller une ampoule à incandescence.
- Il serait pertinent d'ajouter une explication à propos du raccordement sur la dynamo. En effet, certains modèles diffèrent parfois de la photographie présente dans les fiches et il est alors plus difficile de trouver les points d'attache.

6.4. La construction du jeu électro

6.4.1. Le matériel utilisé par les élèves

Contrairement à ce qui avait été supposé, certains élèves avaient eu l'occasion de découvrir ce jeu dans un autre contexte que celui de la recherche et n'ont donc pas manipulé le jeu acheté.

Concernant l'aspect pratique du matériel, la longueur des fils électriques prédécoupés était suffisante pour faire 10 jonctions (ex. : pays –capitales) (changements d'états).

Dans certaines classes, en observant les fils électriques dans le matériel, les élèves n'ont pas envisagé de travailler avec le papier aluminium pour les connexions entre question-réponse, sous-estimant donc la nécessité, pourtant importante, de l'isolation des raccords. Certains élèves n'ayant pas d'attaches parisiennes ont fait preuve d'imagination en créant de petites boules de papier aluminium pour les « touches » marquant les questions et les réponses.

CHAPITRE 4 – DE LA REPRÉSENTATION AU CONCEPT

L'étude des représentations a été réalisée au cours de la première année de recherche sur un échantillon de 242 élèves répartis dans 3 écoles, appartenant chacune à un réseau différent :

- Institut des Ursulines de Mons (Réseau libre Non Confessionnel) ;
- Athénée Magritte de Lessines (Réseau de la Communauté française de Belgique) ;
- Institut Provincial de Nursing de La Louvière (Réseau subventionné provincial).

Etudier les représentations...

1. ... Oui mais pourquoi ?

Bachelard (1999, p. 21) fut l'un des premiers à s'intéresser à l'étude des représentations ou conceptions mentales des élèves : « *J'ai souvent été frappé du fait que les professeurs de sciences, plus encore que les autres si c'est possible, ne comprennent pas que l'on ne comprenne pas. [...] Ils n'ont pas réfléchi au fait que l'adolescent arrive dans la classe de Physique avec des connaissances empiriques déjà constituées. Il s'agit alors, non pas d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale, de renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne* ». Si de nombreuses disciplines, comme la philosophie ou encore la sociologie, s'y sont intéressées, l'analyse des conceptions des apprenants a également un intérêt important dans le domaine de la didactique, ceci afin de mettre en place des situations d'apprentissages qui soient de véritables outils pédagogiques efficaces (Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004). Ainsi, les conceptions mentales des élèves sont une véritable grille d'analyse (Giordan, 1987 ; Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004) déterminant les orientations pédagogiques nécessaires pour qu'il y ait apprentissage au sens constructiviste. L'intérêt de considérer l'analyse des conceptions se décline en deux types de facteurs : des facteurs inéluctables (les conceptions sont inévitablement présentes) et des facteurs d'objectifs (il y a un intérêt non négligeable à les étudier) (Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004).

1.1. Facteurs inéluctables

Les conceptions des élèves sont inévitablement présentes : tout individu se fait une vision de la réalité. Dès lors, tout apprentissage se réalise sur la base de cette image conceptuelle : la conception de l'élève est le point d'ancrage à toute construction de savoir (Giordan, 1987). Un modèle « d'émetteur-récepteur » selon lequel l'enseignant détient la connaissance et l'expose à l'élève qui l'intègre automatiquement (par simple juxtaposition d'information) ne peut être efficace car « *le sujet n'acquiert qu'une illusion de savoir, un savoir purement verbal, l'application stéréotypée d'une recette* » (Giordan, 1987, p. 91). L'élève efface alors ces connaissances précaires au détriment de sa conception profonde puisque l'illusoire apprentissage n'a jamais véritablement été intégré. Il est donc nécessaire de partir des conceptions des sujets pour créer des conditions d'apprentissage davantage favorables et pertinentes et ce, bien que ces conceptions puissent être erronées et fortement persistantes²² (Jarrosion, 1992).

²² Jarrosion (1992) explicitent trois comportements qui empêchent une modification de conception : le

Si les conceptions sont bien présentes, elles ont également une influence sur les conduites et les communications de chacun en tant qu'individu social. Action et conception des élèves sont étroitement liées (Giordan, 1987). Cette composante sociale des conceptions ne doit pas non plus être négligée. Elle peut permettre de comprendre les réactions des élèves puisque ces représentations sociales sont un « *mode de connaissance particulier dont il faut tenir compte dans la relation pédagogique* » (Giordan, 1987, p. 101) et qu'elles se manifestent par des caractéristiques économiques, religieuses, politiques, psychologiques...

1.2. Facteurs d'objectifs

A la question pourquoi « étudier les conceptions des élèves », le premier point présente des facteurs inéluctables et pour lesquels l'enseignant n'a que très peu de liberté : s'il veut mettre en place des dispositifs d'enseignements efficaces, il doit considérer ce « déjà-là ». Cette seconde catégorie de facteurs reprend plutôt les objectifs de l'étude des conceptions des élèves : à quoi cette étude sert-elle ?

De nombreux auteurs (Giordan, 1987 ; Joshua & Dupin, 1993 ; Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004 ; Mathy, 2006) se rejoignent et envisagent les conceptions des élèves dans une optique de diagnostic : on les étudie pour mettre en évidence les difficultés ou obstacles que pourrait rencontrer chaque élève et pour déterminer son cadre de référence : on réalise la « *cartographie* » des conceptions (Astolfi & Develay, 1989, p. 34). L'analyse des conceptions ne doit donc pas être superficielle, elle doit pouvoir mettre en évidence « *le modèle explicatif sous-jacent* » (Verhaeghe, Wolfs, Simon & Compère, 2004) et de là déterminer les options didactiques ou pédagogiques qui conduisent à une meilleure différenciation des besoins et des solutions et donc, dans le cas de cette recherche à une meilleure remédiation immédiate. L'erreur n'est pas proscrite mais peut être le point de départ à une mise à l'épreuve des conceptions en vue de les réadapter si nécessaire.

2. Et comment ?

En lien avec les deux facteurs expliquant l'intérêt d'étudier les conceptions des élèves, Giordan et de Vecchi (1990) distinguent deux orientations pour les étudier : une orientation fondamentale et une orientation appliquée. L'orientation fondamentale vise à décrire les conceptions des élèves et à se pencher sur l'évolution de celles-ci. En complément, une analyse du type appliquée est directement utilisable dans les classes par une prise en compte de la façon d'exploiter ces conceptions dans les classes.

Etant complémentaires et offrant des renseignements utiles pour la mise en place d'un dispositif, les deux orientations sont envisagées ultérieurement dans cette recherche. Ainsi, une analyse porte sur une description des schémas ou dessins afin d'élaborer une typologie des conceptions. Ensuite, à partir de cette typologie, des orientations didactiques sont envisagées et viennent compléter les analyses des différents prototypes testés. Avant d'entamer ce travail, il est nécessaire de mettre en place une procédure permettant de

décrire les conceptions des élèves, c'est-à-dire de fixer une stratégie d'analyse à orientation fondamentale.

Il serait laborieux de réunir plusieurs modèles issus de la littérature en un et d'analyser l'ensemble des schémas récoltés auprès des sujets de l'expérimentation. Il est nécessaire de construire un modèle particulier qui réponde aux besoins de cette recherche : quelles sont les types de conceptions rencontrées pour les notions d'électricité et d'énergie ? Quels renseignements leur étude nous fournit-elle dans une optique de détermination des orientations didactiques permettant d'améliorer le dispositif d'enseignement ?

2.1. Orientation fondamentale

2.1.1. Conception = f (P.C.O.R.S)

Giordan et de Vecchi (1990) modélise une conception sous la forme d'une fonction mathématique. Une conception est fonction de cinq paramètres (problème, cadre de référence, opérations mentales, réseau sémantique et signifiants) et s'écrit « *Conception = f (P.C.O.R.S)* ». La signification de chaque paramètre est la suivante :

- Problème : il s'agit de l'élément qui a déclenché la conception ;
- Cadre de référence : ce sont les conceptions sur lesquelles le sujet s'appuie pour construire la nouvelle représentation ;
- Opérations mentales : ce sont les opérations mentales maîtrisées par le sujet et qui permettent à ce dernier de mettre en relation plusieurs conceptions pour en construire une nouvelle ;
- Réseau sémantique : donne du sens aux différentes conceptions mobilisées et de là du sens à la nouvelle conception ;
- Signifiants : ensemble des signes utilisés.

Cette première modélisation a le mérite d'isoler cinq paramètres devant être analysés. Aussi intéressant qu'il soit, ce modèle ne propose pas tout à fait une procédure directement opérationnelle. Dans deux ouvrages auxquels il a collaboré, Astolfi (Astolfi & Develay, 1989 ; Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997) propose un modèle qui peut venir compléter celui de Giordan et de Vecchi. Avant de proposer une procédure d'analyse des conceptions d'élèves issue de ces deux modèles, celui d'Astolfi est brièvement présenté.

2.1.2. Modèle d'Astolfi²³

L'étude des conceptions des élèves se divise en trois problématiques : une cartographie, les causes et origines et le contexte socio-cognitif des conceptions.

La problématique « cartographie » renseigne sur les stratégies cognitives, envisage la conception comme une réponse à un expérimentateur et permet de cerner le cadre conceptuel de l'observateur. Les causes et origines des conceptions ont différentes origines « disciplinaires » puisqu'elles peuvent être analysées sous des orientations psycho-

²³ Astolfi & Develay, 1989 ; Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997

génétique (en référence notamment aux travaux de Piaget), historique (évolution des conceptions dans le temps), sociologique (aspect social des représentations) et/ou psychanalytique (en rapport avec l'inconscient). Enfin, le contexte socio-cognitif est entendu comme une recherche des conditions de productions des conceptions. Ces différentes informations sont reprises dans un modèle présenté ci-dessous.

B	C
Dans quelle situation s'est-elle exprimée ?	Quelle est l'origine possible ?
A	
Une production (énoncé, dessin, action...) donnant lieu à une hypothèse de représentation faite par l'observateur	
D	E
Dans quel champ conceptuel de référence se situe-t-elle ?	Comment fonctionne-t-elle ? Aide ? Obstacle ? Valeur prédictive ?

Figure 18 - Caractéristiques essentielles d'une représentation (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel & Toussaint, 1997, p. 150)

- A. Sur la base de l'information recueillie, l'expérimentateur formule une hypothèse quant à la conception de l'élève.
- B. Selon le contexte ou les conditions dans lesquelles ont été produites les conceptions, une certaine variabilité est possible : les conceptions peuvent différer en fonction des situations, leur analyse peut donc être intéressante.
- C. Les conceptions se construisent de façon individuelle et sociale. On peut donc analyser ces structures mentales selon des angles différents : caractéristiques liées à la pensée enfantine, à l'inconscient, au social et aux apprentissages antérieurs.
- D. Il s'agit de repérer dans la représentation les références sur lesquelles le sujet s'appuie.
- E. Il s'agit de voir dans quelle mesure la conception est viable en rapport avec la réalité.

2.1.3. Un modèle original

Malgré quelques différences, les deux modèles présentent certaines caractéristiques communes. De ces deux modèles, ne sont retenues que les catégories qui procurent une information pertinente en regard des objectifs de cette année de recherche.

Au regard de ces précisions, les schémas et dessins sont analysés selon les caractéristiques présentées ci-après (adaptées des deux modèles présentés²⁴). Pour les illustrer, des schémas ou dessins recueillis tout au long de l'expérimentation sont proposés.

²⁴ Le modèle que nous présentons est adapté des modèles théoriques pour être en meilleure adéquation avec les données recueillies. Dans un autre contexte, ce modèle construit pourrait être considéré comme réducteur ou incomplet.

2.1.3.1. Références

Il s'agit de voir quelles références sont employées pour conceptualiser l'énergie ou l'électricité. Concrètement, cette catégorie est appréhendée en termes de théories de base qui sont mobilisées pour représenter les notions étudiées ou en termes de conceptualisation de la notion elle-même.

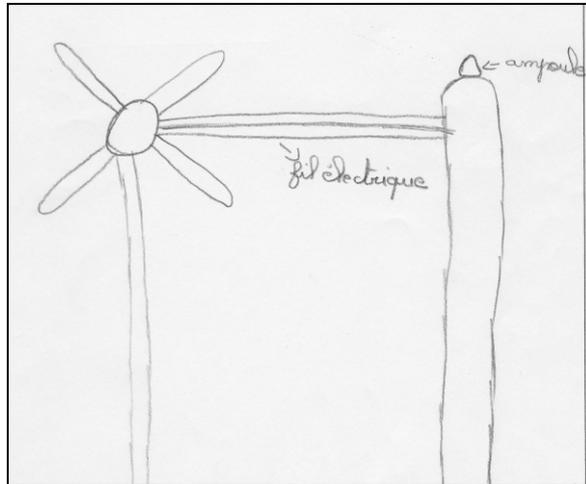


Figure 19 - Dessin se référant à une conception axiale du transfert d'énergie

En observant ce dessin, on peut voir que le sujet fait référence à une notion de niveau. L'énergie ne peut être transmise que sur un axe horizontal, allant dans ce cas de l'axe de rotor au pied de l'ampoule. On peut rapprocher ce dessin à une conception axiale du transfert d'énergie.

2.1.3.2. Viabilité

Dans quelle mesure la conception est-elle proche de la réalité ou du modèle théorique de référence ? La conception de l'élève lui permet-elle de comprendre le fonctionnement de l'éolienne ou du jeu électro dans une perspective d'application concrète ?

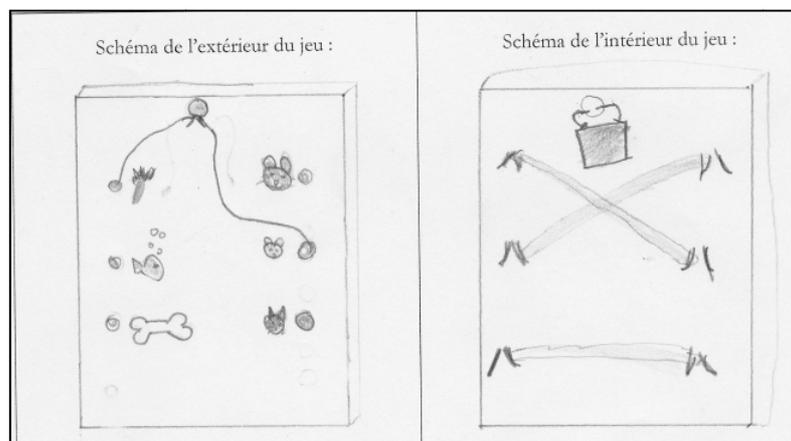


Figure 20 - Illustration d'une conception non viable de l'électro

Ce dessin s'écarte de la réalité dans la mesure où le sujet a attaché directement ampoule et pile. Ce dessin proche de la réalité n'est toutefois pas totalement viable puisque l'ampoule du jeu d'électro proposé sera toujours allumée pour chaque question-réponse. Est considéré comme viable, un schéma ou un dessin qui, s'il est expérimentalement respecté, fait fonctionner l'objet (soit l'éolienne, soit l'électro).

2.1.3.3. Signifiants

Quels sont les symboles ou les signes employés par le sujet ? Il s'agit d'une analyse davantage graphique des éléments représentés par le sujet.

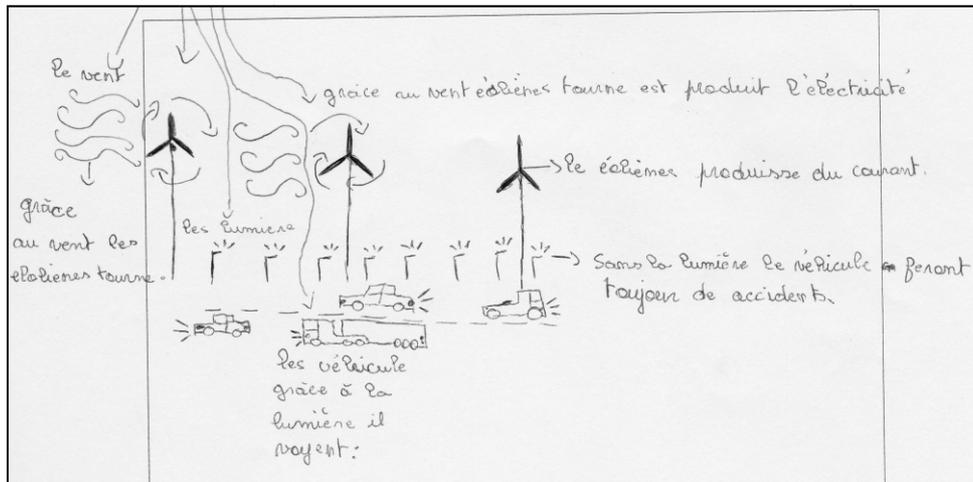


Figure 21 - Illustration des signifiants utilisés

Dans l'exemple proposé ci-dessus, l'éolienne n'est pas l'élément principal du dessin puisque trois éoliennes sont placées dans un espace comprenant également des véhicules automobiles. Le sujet n'a pas précisé les éléments constituant l'éolienne : pas de générateur, d'axe de rotor, de conducteurs électriques... L'éolienne est uniquement esquissée.

2.1.3.4. Opérations mentales

Cette caractéristique fait appel à une orientation développementale et à un niveau d'abstraction de la conception. Au niveau graphique, l'élève du degré inférieur (vers 12 ans) passe du « *réalisme manqué* » lorsqu'il échouait au « *réalisme intellectuel* » (Deldime & Vermeulen, 1980, p. 127) défini comme le stade où l'enfant tente de représenter tout ce qu'il sait et plus seulement ce qu'il voit. Ce stade est caractérisé par (Deldime & Vermeulen, 1980) : la transparence, la diversité des points de vue, le doublement des organes pairs dans les représentations de profil, l'usage du détail exemplaire, l'inscription de légendes²⁵.

²⁵ Ici imposée par la consigne.

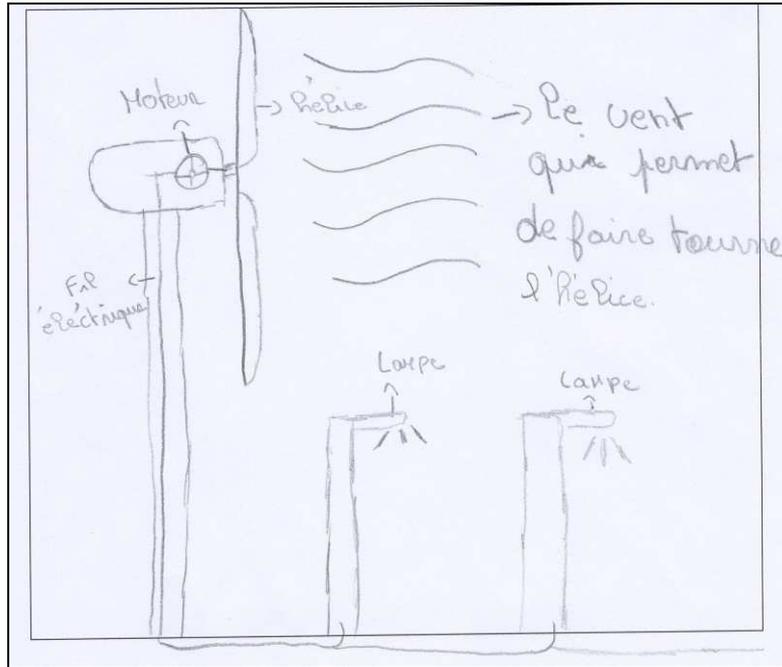


Figure 22 - Illustration d'une élève ayant atteint le stade du "réalisme intellectuel"

Le dessin ci-dessus montre que le sujet a bien atteint le stade du « réalisme intellectuel ». Il représente ce qu'il sait dépassant un stade entièrement figuratif. *A contrario*, le dessin suivant illustre le cas d'un sujet qui ne représente que ce qu'il voit alors que ces commentaires montrent qu'il connaît en partie le fonctionnement de l'éolienne. Il y a un décalage entre son dessin et sa connaissance, entre son dessin et sa conception du fonctionnement de l'éolienne. Le sujet ne semble donc pas avoir atteint le stade du « réalisme intellectuel ».

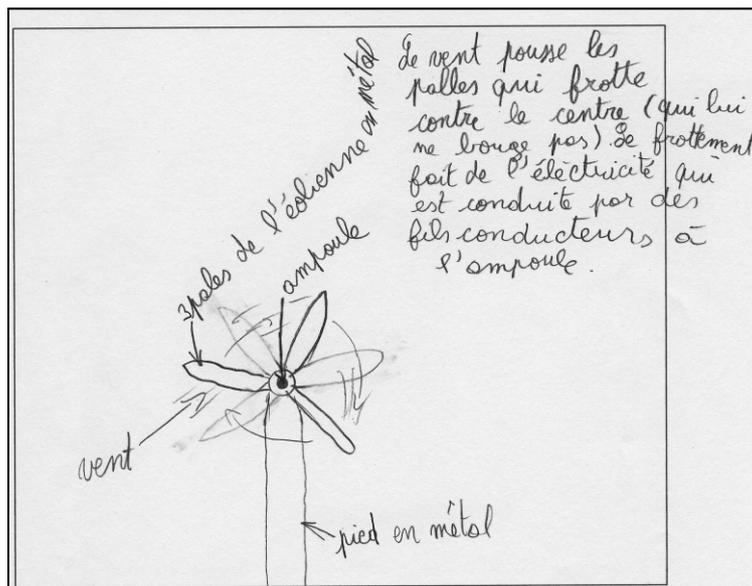


Figure 23 - Illustration d'un élève n'ayant pas atteint le stade du réalisme intellectuel

3. Description des schémas ou dessins recueillis

Avant d'envisager les pistes didactiques et d'analyser l'évolution des schémas entre le pré-test et post-test, une description selon les catégories retenues est envisagée. Pour faciliter la compréhension et la lecture, cette section est divisée en deux : une partie éolienne et une partie électro. Ensuite, chacune des deux parties se subdivise en quatre selon les quatre catégories d'analyse.

L'observation des références, de la viabilité, des signifiants et des opérations mentales de chaque schéma confère à l'analyse des conceptions davantage de précision. Il faut toutefois compter sur la complémentarité de ces regards pour avoir une information sur les différences existantes entre la conception de l'élève et le concept théorique.

3.1. Energie – Eolienne

3.1.1. Références

En parcourant les dessins proposés par les enfants, ceux-ci peuvent être subdivisés en deux groupes distincts : les dessins explicatifs et les dessins figuratifs. Ce qui différencie les deux groupes porte sur la tentative d'explication du fonctionnement de l'éolienne : les dessins explicatifs sont plus complets et montrent comment fonctionne une éolienne.

Au sein de ces deux groupes, les dessins sont catégorisés en fonction de la référence théorique sur laquelle ils se basent. Chacune de ces catégories est illustrée par des exemples repris des schémas réalisés par les élèves. Ces catégories sont exhaustives (tous les schémas peuvent se ranger dans l'une de ces catégories) sans pour autant être exclusives : certains dessins se réfèrent à plusieurs catégories.

3.1.1.1. Schémas du type figuratif

3.1.1.1.1. « Magique »

Le sujet dessine l'éolienne et l'ampoule sans présenter de connexion qui relie les deux éléments. On n'y décèle aucune tentative d'explication du fonctionnement. La seule présence de l'éolienne à proximité de l'ampoule permet à celle-ci de fonctionner.

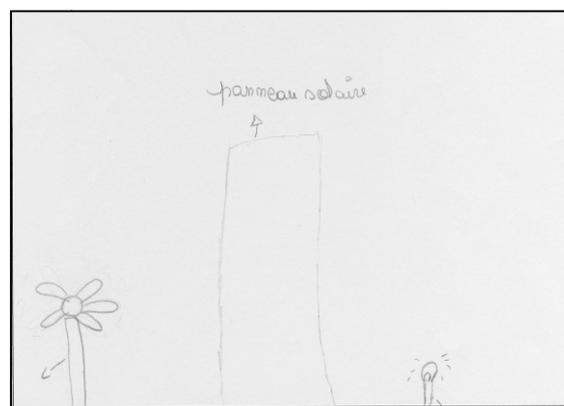


Figure 24 - Schéma du type "magique"

Dans l'exemple proposé, bien qu'un élément extérieur apparaisse (le panneau solaire), le sujet ne propose pas d'explication de fonctionnement. On ne peut comprendre l'incandescence de l'ampoule par l'éolienne, l'ampoule s'allumant « comme par magie ».

3.1.1.1.2. « Unique »

Le sujet ne présente que l'éolienne. Il n'y a pas la présence de l'ampoule²⁶.



Figure 25 - Schéma du type "unique"

Bien que le sujet présente certains détails (usine de chocolat), son dessin ne présente que l'éolienne seule (pas de présence d'ampoule, de connexion...).

3.1.1.1.3. « Lampe »

L'éolienne et l'ampoule ne forment qu'un seul élément : l'ampoule est attachée à l'éolienne. Le sujet n'envisage pas la possibilité d'une connexion autre que proche.

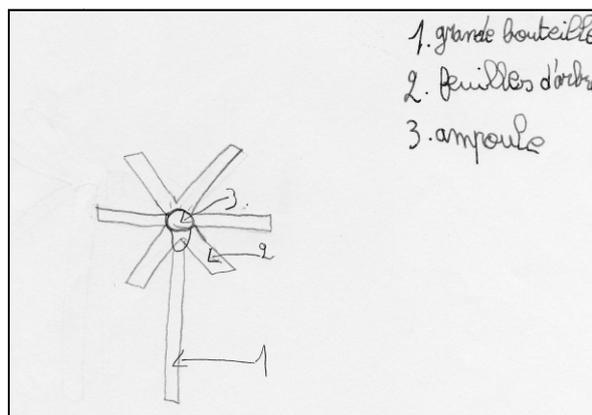


Figure 26 - Schéma du type "lampe"

²⁶ Pourtant spécifiée dans la consigne.

3.1.1.2. Schémas du type explicatif

3.1.1.2.1. « Axial »

Sur ce type de dessins, l'axe de rotor et l'ampoule sont sur un même niveau, le sujet dessinant même une butte pour assurer cette horizontalité.



Figure 27 - Schéma du type axial

Bien que la connexion ne soit pas représentée graphiquement, la position de l'axe de rotor et de l'ampoule, sur une même horizontale, donne une explication du fonctionnement de l'éolienne : pour que le transfert d'énergie soit possible, ces deux éléments doivent être à même hauteur. La connexion n'est pas expliquée, mais le fonctionnement est garanti par un niveau. Il ne s'agit pas d'une représentation purement figurative car la position des éléments a toute son importance.

3.1.1.2.2. « Prise de courant »

L'ampoule est reliée à l'éolienne par un câble ou une prise.

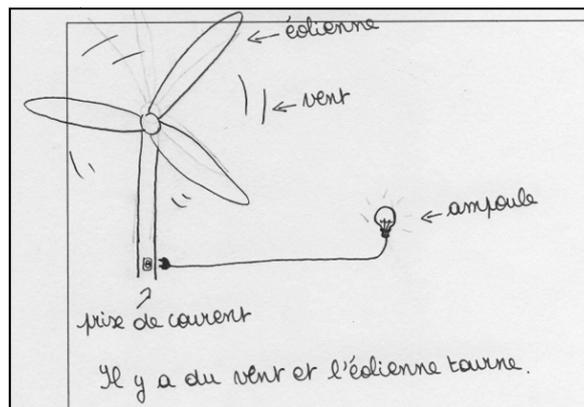


Figure 28 - Schéma du type "prise de courant"

Le sujet explique le fonctionnement de l'ampoule et de l'éolienne comme un circuit électrique de maison. L'éolienne crée un courant permettant ainsi d'y connecter directement l'ampoule par une prise. Le seul mouvement de l'hélice produit ce courant.

3.1.1.2.3. « Expérimental »

Il s'agit d'une représentation expérimentale en ce sens que le sujet dessine l'expérience. Il ne s'agit plus de représenter l'éolienne telle qu'elle apparaît dans le réel, mais de la dessiner telle qu'elle fut construite en classe.

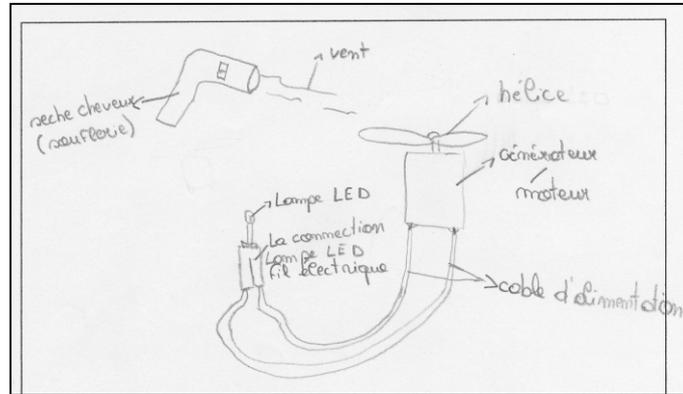


Figure 29 - Schéma du type expérimental

Le sujet se réfère à des conceptions empiriques issues du montage réalisé lors de l'expérimentation. Pour la plupart des élèves, le dessin proposé en post-test est celui-ci. La conception s'est transformée en une conception ancrée dans le quotidien scolaire sans distanciation conceptuelle : le sujet ne transfère pas son savoir empirique en un savoir conceptuel.

3.1.1.2.4. Proche du modèle attendu

Il s'agit du type de dessins le plus proche du modèle attendu. Le sujet a dessiné l'éolienne en y plaçant tous les éléments attendus et en les positionnant convenablement. Certains détails peuvent toutefois manquer mais ce type de dessin est le plus proche du modèle théorique : le sujet a une bonne représentation du concept.

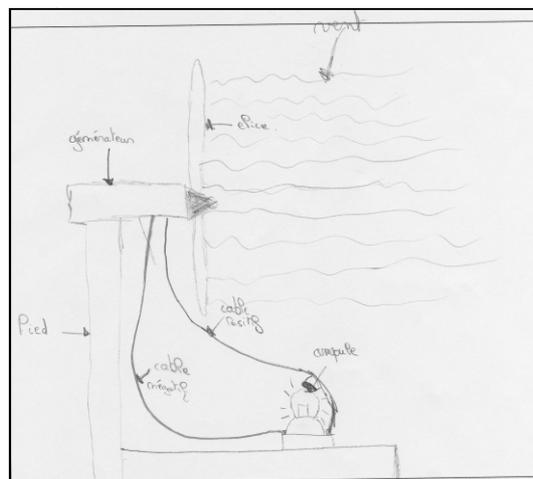


Figure 30 - Schéma proche du modèle attendu

Sur la figure ci-dessus, le sujet a placé les éléments essentiels : hélices, axe de rotor, le générateur, le mat, les connexions et l'ampoule. Bien qu'il ne représente pas l'intérieur du générateur (cf. opérations mentales), on peut voir que les fils électriques y sont raccordés et qu'ils forment un circuit avec l'ampoule. Le dessin pourrait être plus précis mais il se rapproche fortement du modèle attendu, indiquant que la conception de l'élève est avancée dans la mesure où on peut y déduire des références théoriques mûres.

3.1.1.3. Fréquences d'apparition des différents types de dessins

Les différentes catégories présentées, il est intéressant de voir le poids de chacune d'elles. Le tableau qui suit reprend les fréquences d'apparition des différents types de dessin pour le pré-test et le post-test.

Tableau 10 - Fréquences des différentes catégories de dessins (N= 119)

Catégories de dessins	Pré-test	Post-test
Magique	13 (10,93%)	2 (1,68%)
Unique	11 (9,24%)	0
Lampe	6 (5,04%)	0
Plan – Vases communicants	4 (3,36%)	0
Prise de courant	65 (54,62%)	4 (3,36%)
Expérimental	1 (0,84%)	100 (84,03%)
Correct	3 (2,52%)	7 (5,88%)
Autres ²⁷	2 (1,68%)	0
Pas de conception ou pas de test	14 (11,76%)	6 (5,04%)

La conception majoritairement partagée lors du pré-test est celle qui a été appelée « prise de courant ». Pour plus de la moitié des sujets, l'éolienne est un générateur de courant qui par connexions électriques permet d'alimenter une ampoule. Il s'agit d'une conception déjà bien avancée, mais qui demeure incomplète car elle n'envisage pas les changements d'énergie : l'éolienne est une boîte noire à partir de laquelle « on puise » de l'électricité.

Par contre dans le cas du post-test, la conception amplement partagée est du type « expérimental » : le sujet se raccroche à son vécu et sa conception y est pleinement ancrée. Le sujet comprend et conçoit le fonctionnement de l'éolienne, mais n'en a pas encore une représentation davantage théorique.

3.1.2. Viabilité

Dans le tableau ci-dessous, les fréquences de viabilité des conceptions sont données pour le pré-test et le post-test. Rappelons qu'une conception viable est une conception qui peut être vérifiée, cohérente c'est-à-dire qu'elle permet au sujet, dans le cas concret des expérimentations, de construire et comprendre le fonctionnement de l'éolienne.

²⁷ Cette catégorie reprend les dessins présentant plusieurs conceptions mélangées comme par exemple magique et plan.

Tableau 11 - Fréquences des représentations viables et non viables (N = 119)

Pré-test			Post-test		
Viabiles	Non viables	Manquantes	Viabiles	Non viables	Manquantes
4 (3,36%)	104 (87,40%)	11 (9,24%)	97 (81,51%)	16 (13,54%)	6 (5,04%)

Au regard des fréquences, il y a une nette différence entre le pré-test et le post-test : on passe de 3,36% à 81,51% de sujets ayant une conception viable. Ces résultats sont assez logiques puisqu'il y a eu, entre les deux temps, des activités d'apprentissage et un effet de maturation.

3.1.3. Signifiants

Cette caractéristique des conceptions par dessins se définit par les éléments graphiques mis en évidence par les sujets. Les fréquences d'apparition de ces éléments renseignent sur l'importance accordée par les élèves à ces mêmes éléments. Certains font quasi l'unanimité, d'autres par contre sont beaucoup moins présents.

Tableau 12 - Fréquences des éléments graphiques rencontrés (N = 119)

Eléments	Fréquences N (%)	
	Pré-test	Post-test
Hélice	108 (90,76%)	114 (95,8%)
Axe de rotor	84 (70,59%)	108 (90,76%)
Générateur électrique	17 (14,29%)	110 (92,44%)
Fils de raccordement	Un	46 (38,66%)
	Deux	29 (24,37%)
Ampoule	96 (80,67%)	113 (94,96%)

Initialement pour la plupart des sujets, une éolienne est composée d'une hélice, d'un axe de rotor et d'une ampoule. Les signifiants semblent donc fortement choisis en fonction de ce qui est le plus communément connu : l'hélice tournant autour de l'axe et l'ampoule alimentée ; *a contrario*, le générateur, alors qu'il est visible, a un fonctionnement moins connu.

Au niveau du post-test, les observations montrent que l'ensemble des éléments attendus sont représentés pour environ nonante pourcents des élèves et que la notion de circuit (cyclique) semble acquise pour 88,23% des sujets.

3.1.4. Opérations mentales

Tableau 13 - Fréquences des élèves ayant atteint le stade du réalisme intellectuel (N = 119)

	Pré-test	Post-test
Réalisme intellectuel	14 (11,76%)	9 (7,56%)

Les résultats peuvent surprendre : peu d'élèves semblent avoir atteint le stade du réalisme intellectuel. Il est nécessaire de recontextualiser ces observations. Il est possible que pour beaucoup de sujets, cela n'était pas primordial de représenter les mécanismes internes de l'éolienne. Pour répondre à la consigne, le sujet a pu se contenter d'une schématisation extérieure de l'objet. Dès lors, en termes de psychologie du développement, l'analyse des schémas ne suffit pas. Par contre, ces faibles fréquences ont des conséquences didactiques à considérer ultérieurement.

3.2. Electricité – Jeu d'électro

3.2.1. Références

L'analyse des schémas révèle que les élèves ont plutôt utilisé le dessin pour représenter le jeu d'électro alors qu'un schéma leur était demandé. Comme pour l'éolienne, ces dessins peuvent être subdivisés en deux ensembles : les dessins figuratifs sur lesquels l'aspect extérieur du jeu est montré et les dessins explicatifs sur lesquels une tentative de représentation d'un circuit électrique est proposée.

La détermination des catégories au sein de ces deux ensembles se base sur les mêmes principes que les catégories réalisées pour l'éolienne : exhaustivité mais pas d'exclusivité.

3.2.1.1. Schémas du type figuratif

Cet ensemble reprend les dessins sur lesquels aucune tentative de représentation d'un circuit électrique n'est proposée. Le sujet a dessiné les parties extérieures de l'électro.

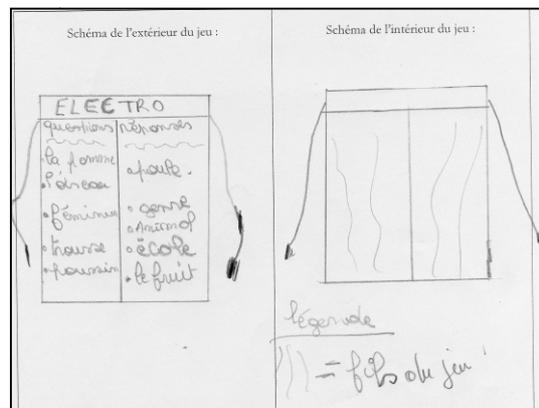


Figure 31 - Dessin d'un électro n'envisageant pas de représentation d'un circuit électrique

Le sujet dessine l'avant et l'arrière du jeu. La conception du fonctionnement du jeu d'électro est superficielle dans le sens où le sujet ne s'attache actuellement qu'à l'aspect extérieur de l'électro. Sa conception du circuit électrique est inexistante.

3.2.1.2. Schémas de type explicatif

3.2.1.2.1. En arborescence

Sur ce type de schémas, le circuit électrique a son origine dans un noyau (la pile) d'où partent plusieurs ramifications ou connexions. La pile, possédant de l'énergie, envoie alors le courant jusqu'aux extrémités des connexions.

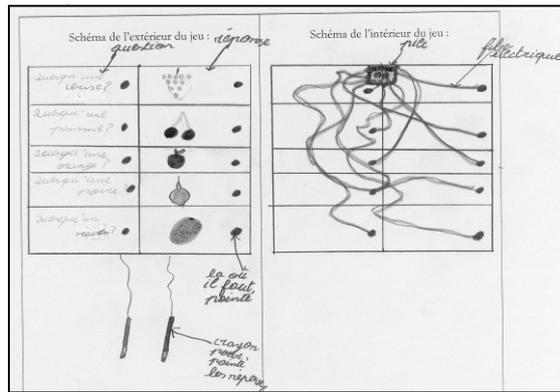


Figure 32 - Schéma en arborescence

3.2.1.2.2. En nervures

Dans ce type de schéma, le circuit électrique est envisagé comme un entrelacement de fils d'où partent quelques ramifications. Le courant circule également d'un noyau vers des extrémités comme pour la conception précédente (en arborescence). Toutefois, elles se distinguent les unes des autres par le fait que le sujet respecte dans ce type de schémas des sens de conduction : vertical ou horizontal et non dans tous les sens possibles.

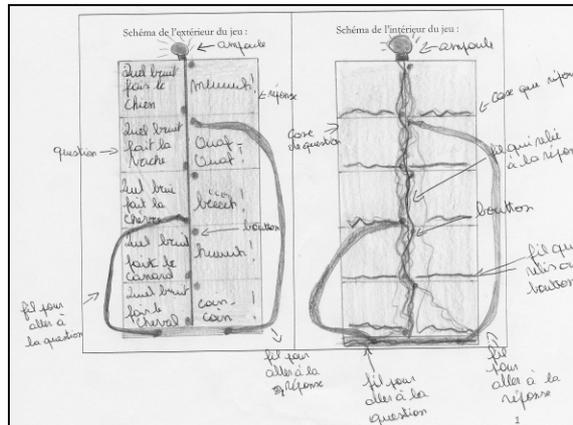


Figure 33 - Circuit électrique en nervures

3.2.1.2.3. « Carte routière »

Ici, le circuit électrique est présenté comme « un ensemble de routes » qui se croisent et pour lesquelles aucune origine ou noyau central ne sont prévus.

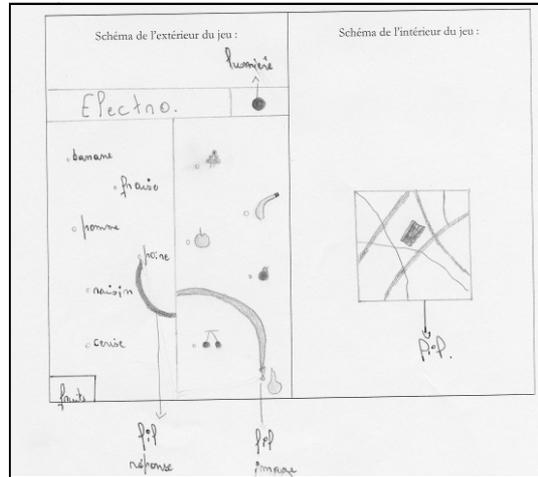


Figure 34 - Schéma à connexion "carte routière"

3.2.1.2.4. Schéma proche du modèle attendu

Ce type de schémas, bien qu'ils puissent manquer de précisions ou contenir quelques erreurs, s'apparente au modèle attendu. La conception est plus proche de concept théorique. Cette catégorie ne permet pas de préciser si la conception est viable ou pas. Une conception peut être proche du modèle attendu en termes de référents mais ne pas être viable pour autant.

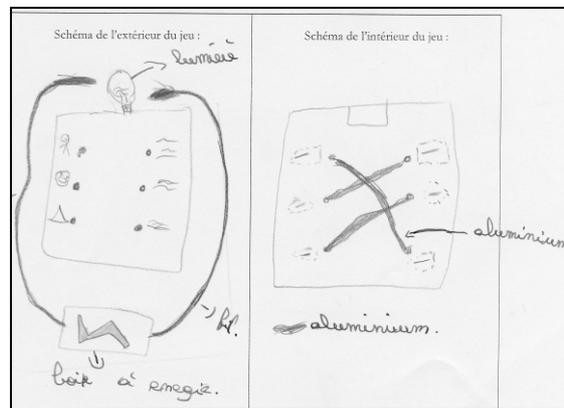


Figure 35 - Schéma proche du modèle attendu

3.2.1.3. Fréquences d'apparition de différents types de dessins

Le tableau qui suit reprend les fréquences d'apparition des différents types de dessin pour le pré-test et le post-test.

Tableau 14 - Fréquences des différentes catégories de dessins (N = 123)

Catégories de dessins	Pré-test	Post-test
Figuratif	46 (37,4%)	8 (6,5%)
Pieuvre	28 (22,76%)	0
Torsadé	8 (6,5%)	1 (0,8%)
Carte routière	11 (8,94%)	2 (1,63%)
Proche du modèle attendu	11 (8,94%)	99 (80,49%)

Les conceptions relevées au pré-test sont variables et se partagent, pour la moitié des sujets, entre une conception figurative (aucun circuit n'est envisagé) et une conception du circuit électrique comme un noyau d'où partent plusieurs connexions.

Par contre, en ce qui concerne les conceptions après l'activité d'apprentissage, celles-ci se sont transformées et pour quatre-vingts pourcents des sujets, la conception est proche du modèle théorique attendu.

3.2.2. Viabilité

Tableau 15 - Fréquences des représentations viables et non viables (N = 123)

Pré-test			Post-test		
Viables	Non viables	Manquantes	Viables	Non viables	Manquantes
2 (1,63%)	107 (87%)	14 (11,4%)	37 (30,1%)	77 (62,6%)	9 (7,32%)

Dans le cas de l'éolienne, la situation n'est pas surprenante puisqu'il existe une nette différence entre les fréquences de viabilité entre le pré-test et le post-test. Dans ce cas-ci, la différence est beaucoup moins importante et peut conduire à la réflexion : encore soixante pourcents des élèves ont une conception non viable après activité d'apprentissage. Il faut donc envisager des pistes didactiques afin d'améliorer le dispositif élaboré.

3.2.3. Signifiants

Tableau 16 - Fréquences des éléments graphiques rencontrés (N = 123)

Eléments		Fréquences	
		N (%)	
		Pré-test	Post-test
Ampoule		79 (64,23%)	103 (83,74%)
Conducteur	Non isolé	3 (2,44%)	21 (17,1%)
	isolé	79 (64,23%)	88 (71,55%)
Pile		27 (21,95%)	86 (69,92%)
Questions - réponses	Un couple	2 (1,63%)	0
	Plusieurs couples	75 (61%)	108 (87,81%)

Beaucoup d'élèves savent au pré-test qu'un jeu d'électro est constitué d'une ampoule, de conducteurs et de questions-réponses, c'est-à-dire les éléments visibles sur les jeux électro commercialisés.

On voit que dans le cas du post-test, les autres éléments sont ajoutés à la conception, lui conférant ainsi un statut plus complet.

3.2.4. Opérations mentales

Dans le cas de l'électro, il est impossible de voir si les sujets ont respecté ou non le réalisme intellectuel : tout est visible. Dès lors, les sujets n'ont pas dû envisager la présentation d'éléments connus mais non visibles.

4. Evolution des conceptions des élèves et pistes didactiques

4.1. Energie – Eolienne

On a pu constater que près de cinquante pourcents des sujets ont une conception initiale de l'éolienne comme un générateur de courant (« prise de courant » pour 54,92%). Ils connaissent donc la fonction de l'éolienne mais ne peuvent expliquer son fonctionnement en précisant comment le courant est produit. Les autres cinquante pourcents se répartissent entre les autres types de représentations graphiques avec une dominance pour le type magique (10,93%) et le type unique (9,24%). Les résultats obtenus aux signifiants utilisés confirment cette répartition des types de conceptions : plus de septante pourcents dessinent l'hélice, l'axe de rotor et l'ampoule. Evidemment, ces conceptions ne sont pas viables (87,40%) car les éléments n'apparaissant pas à l'extérieur sont absents des schémas (seulement 11,86% dessinent ce qu'ils ne voient pas).

Le but du dispositif, d'orientation constructiviste, est d'amener les sujets à modifier leur conception et de passer à une conception plus proche de la théorie. Nonante pourcents des sujets au post-test sont regroupés dans des catégories de références conceptuelles proches du modèle théorique (expérimental pour 84,03% et correct pour 5,88%). Il y a bien modification des conceptions vers une conception plus adaptée et plus viable (81,51%). Ce constat apparaît également lorsqu'on consulte les signifiants auxquels les sujets ont recours : hélice (95,8%), axe de rotor (90,76%), générateur électrique (92,44%), deux fils de raccordement (88,23%) et une ampoule (94,96%).

Si cette évolution des conceptions est positive et prouve l'intérêt du dispositif en termes d'apprentissage, il n'en demeure pas moins que des modifications peuvent être apportées et que certaines observations peuvent renseigner les enseignants sur la façon de procéder. Les conceptions évoluent principalement vers un modèle viable mais qui s'ancre dans la réalité scolaire des élèves. Pour près de quatre-vingt-quatre pourcents des sujets, cette conception n'atteint pas un niveau de transfert élevé : le fonctionnement de l'éolienne est expliqué uniquement par le montage expérimental sans que les sujets n'adaptent leur conception à l'éolienne. Il est par conséquent nécessaire de proposer une synthèse qui

permet à l'élève au départ d'une compréhension expérimentale d'abstraire progressivement sa conception.

Pour terminer, entre les deux temps (pré-test et post-test), la manifestation du réalisme intellectuel diminue. Ceci a été expliqué par le contexte dans lequel la prise d'information a été réalisée : dessiner une éolienne alimentant une ampoule. La piste didactique suggérée pour éviter cela serait de changer la consigne et d'y intégrer les mécanismes de fonctionnement des éléments constituant l'éolienne. En complément, il faut veiller à développer les activités ou remédiation portant sur le générateur, élément qui demeure une boîte noire pour les sujets. Dans ce cas, la conception des élèves sera davantage perturbée afin d'aboutir à une nouvelle conception plus abstraite et plus détachée du quotidien des sujets.

4.2. Electricité – Jeu d'électro

Au niveau des conceptions des élèves, celles-ci sont, au départ, éloignées du modèle théorique : seulement 8,94% utilisent des références proches du modèle théorique, 1,63% ont une conception viable et le dessin représente principalement les éléments visibles sur les jeux d'électro commercialisés. A titre d'exemples, 37,4% des élèves ne peuvent expliquer et envisager le fonctionnement d'un circuit électrique et 22,76% ont une conception du circuit similaire à un noyau, générateur de courant, qui envoie l'électricité dans plusieurs embranchements.

A la seconde prise d'information, les conceptions évoluent puisque 80,49% des sujets se réfèrent à un type de conception proche du modèle attendu et dont la liste des signifiants utilisés est relativement complète : ampoule pour 83,74%, conducteur isolé pour 71,55%, pile pour 69,92% et plusieurs couples de question – réponse pour 87,81%. Néanmoins, cette conception demeure pour beaucoup non viable (62,6%) alors qu'il y a eu activité de construction de la notion de circuit. Il est alors essentiel de prévoir une activité de formalisation des notions abordées afin de transférer la démarche expérimentale en une représentation plus conceptuelle et plus viable.

5. Conclusion de l'étude des schémas

Si l'étude des conceptions mentales des élèves par le biais d'une analyse de schémas ou de dessins n'est pas suffisamment complète, l'outil permet cependant de récolter une information exploitable : première approche de l'évolution de ces conceptions et détermination de pistes didactiques en conséquence. Le but de ce chapitre était celui-là : mettre au point une méthode simple et rapide d'analyse des conceptions pouvant être utilisée par les enseignants et proposer de pistes pour améliorer le dispositif.

Le parcours de la littérature a permis de mettre au point cette méthode en quatre moments complémentaires : référence, viabilité, signifiant et opérations mentales. Cette méthode n'a pas été proposée uniquement de façon théorique puisque les conceptions des deux thèmes envisagés dans cette recherche ont été étudiées de la sorte.

Brièvement, on pourrait dire que la conception de la majorité des élèves en matière d'énergie – éolienne passe d'une conception fonctionnelle (l'éolienne a une fonction, mais dont on ne sait expliquer les mécanismes sous-jacents) à une conception expérimentale ancrée dans le quotidien de l'élève. Les pistes didactiques envisagées portent alors sur l'ajout dans le dispositif de phases portant sur davantage d'abstraction des notions étudiées.

Pour l'électricité – jeu d'électro, les conceptions pour plus de la moitié des sujets varient d'un stade exclusivement figuratif (je dessine ce que je vois) ou d'un stade de circuit électrique en arborescence à un stade proche du modèle attendu, mais qui n'est pas encore viable. Les pistes didactiques vont dans ce sens et portent sur des activités permettant à l'élève de construire une représentation viable.

Un élément, qui n'a pas encore été abordé jusqu'ici, a retenu notre attention. Bien que les conceptions sur l'électricité aient été distinguées en fonction des références, de leur viabilité, des signifiants employés et des opérations mentales manifestées ou pas, une caractéristique commune est relevée : la prégnance de la conception « fluide » de l'électricité. L'électricité est produite par une source pour ensuite circuler par des fils. Cette conception peut conduire à des erreurs notamment lorsque le sujet représente le circuit électrique par une seule voie de circulation. Néanmoins, la prégnance de cette conception peut interroger le monde de la physique : cette conception conduit-elle nécessairement à des erreurs conceptuelles ? C'est à cette question que nous tenterons de répondre en regard des sciences physiques.

CHAPITRE 5 – EFFICACITÉ DE LA VALISE PÉDAGOGIQUE

Un outil pédagogique efficace doit permettre à l'élève de progresser dans son apprentissage des notions étudiées ainsi que de développer et de maîtriser les compétences visées. Dans ce cas, il est nécessaire de collecter des données suffisantes pour mesurer l'efficacité de la valise pédagogique *Energithèque* et pour valider les objectifs de recherche prévus initialement.

Dans le cadre de cette étude, pour comparer l'efficacité de la valise pédagogique à celle du DVD éducatif, la méthodologie se base sur deux phases de tests qui mesurent les niveaux d'acquisition de compétences des élèves avant et après expérimentation (utilisation du matériel pédagogique : soit l'*Energithèque*, soit le DVD éducatif). Le but est de vérifier si les outils proposés dans la valise pédagogique améliorent l'apprentissage en comparaison à un groupe contrôle n'utilisant pas la valise. Trois étapes structurent l'analyse : une comparaison en termes d'effet école, une comparaison en termes d'évaluation des acquis - basées sur les questions des tests - et une comparaison axée sur le développement de compétences.

La première étape de l'analyse consiste à mesurer le niveau initial de l'échantillon (constitué du groupe expérimental et du groupe contrôle). L'échantillon ayant été constitué de manière aléatoire, il est important de vérifier si les élèves forment des groupes homogènes ou hétérogènes (dans le cas où une différence entre les scores initiaux des élèves évalués serait observée). Cette comparaison permet de statuer sur un éventuel effet « école » en posant la question de savoir si les sujets démarrent l'expérimentation avec des niveaux statistiquement comparables. Pour éviter toute stigmatisation d'un établissement scolaire, les écoles sont identifiées par une lettre plutôt que par leur nom.

La deuxième partie de l'analyse suit la même logique que celle de l'organisation des tests : l'évaluation des savoirs et des compétences de manière distincte. Les scores des élèves à l'évaluation des savoirs sont analysés question par question, afin d'observer dans quelle mesure le type de question joue un rôle sur les résultats des élèves (rédaction d'une définition ou représentation, schématisation du concept). Ensuite, le développement des compétences est évalué à travers deux approches: tout d'abord, l'évaluation de la capacité d'application des compétences visées par l'utilisation de la valise pédagogique et ensuite, la capacité de transfert de compétences des élèves de l'échantillon. En effet, bien que la valise n'ait pas pour objectif de développer le transfert des compétences, il est pertinent d'observer si les élèves parviennent à transférer des compétences mises en application dans un domaine (énergie ou électricité) vers un autre domaine qui ne leur est pas familier. Enfin, les deux groupes (expérimental et contrôle) sont comparés, en fonction de leur niveau de maîtrise à chaque compétence.

Au niveau statistique, deux techniques sont utilisées dans ce volet « analyse des données » à savoir : le test T de Student permettant de comparer les moyennes de deux groupes entre elles et d'estimer alors s'il existe des différences entre ces deux groupes et l'analyse de

variance qui permet de statuer sur l'appartenance de plusieurs sous-groupes à une même population.

Trois indicateurs sont systématiquement utilisés lors des comparaisons entre groupes :

- Les différences de moyenne : une augmentation des scores représente un indicateur d'amélioration de l'apprentissage.
- Les écarts-type : une diminution de l'écart-type entre deux tests (et par conséquent de la variance) démontre qu'il y a une homogénéisation des résultats. Autrement dit, les écarts entre élèves ont tendance à diminuer globalement. Associer à une augmentation de la moyenne, cet indice permet de montrer que les sujets plus faibles obtiennent des scores davantage proches des scores des sujets « plus forts », c'est-à-dire qu'ils améliorent leur apprentissage tout en comblant certaines faiblesses initiales.
- L'indice de corrélation entre le pré-test et le post-test : une forte corrélation signifie que le lien entre les deux tests est important, c'est-à-dire que les scores faibles au pré-test demeurent faibles au post-test, une certaine hiérarchie entre élèves faibles et élèves forts étant maintenue.

L'augmentation de la moyenne générale est la conséquence d'une amélioration des résultats et d'une meilleure maîtrise des compétences développées. Cependant, pour que cette amélioration soit attribuée à l'utilisation de la valise pédagogique, il est nécessaire de comparer les moyennes obtenues par le groupe expérimental à celles du groupe contrôle. Cette différence de moyennes doit être significative pour valider l'hypothèse selon laquelle les outils de diagnostic et de remédiation immédiats proposés dans *l'Energithèque* sont efficaces. Au niveau statistique, deux tests sont utilisés pour comparer les moyennes : le T de Student et l'analyse de variance (ANOVA). Le T de Student permet de comparer deux moyennes entre-elles et de statuer si les deux échantillons appartiennent à une même population (pas de différence significative) ou non (en cas de différence significative). L'analyse de variance permet de comparer globalement entre-elles plusieurs moyennes et de déterminer s'il existe des différences significatives. On associe à l'analyse de variance des tests post-hoc permettant de préciser quelles sont les différences de moyennes significatives.

La valise doit permettre à tous les élèves d'améliorer le développement d'un certain nombre de compétences et de diminuer les écarts initiaux entre apprenants. Le groupe expérimental devrait, par conséquent, obtenir des résultats plus homogènes que le groupe contrôle au post-test. Cette homogénéisation devrait également se retrouver entre le pré-test et le post-test, avec des résultats au post-test plus homogènes que ceux des pré-tests.

Par ailleurs, la corrélation entre les scores au pré-test et au post-test, dans chacun des groupes est un indice supplémentaire. Si les scores au pré-test et les scores au post-test varient positivement de façon identique, cela conduirait à considérer que des scores faibles au pré-test demeurent faibles au post-test. Un indice de corrélation élevé pourra donc être interprété comme un manque d'efficacité de l'outil puisque son utilisation n'aboutirait qu'à une augmentation de la moyenne, l'objectif étant d'amener les élèves à un certain niveau.

1. Les savoirs

1.1. Niveaux initiaux

Avant de comparer les résultats des groupes ayant manipulé la valise pédagogique (pour le groupe expérimental) avec ceux ayant visionné le DVD éducatif (pour le groupe contrôle), nous observons, dans cette partie, la constitution de ces deux groupes (expérimental et contrôle). En effet, le taux de refus de participation des écoles au groupe contrôle (visionner un DVD éducatif) aboutit à un faible effectif au sein de ce groupe. Bien que l'échantillon ait été constitué de manière aléatoire, il est dès lors important de vérifier le niveau de départ dans les deux groupes afin d'éventuellement déceler si l'un des deux groupes est plus fort/faible que l'autre.

Dans cette optique, les résultats de chaque établissement ont été comparés et ce pour chaque question du pré-test « savoir ». L'approche d'un regroupement des résultats par établissement a été privilégiée. Bien qu'un regroupement par classe ait été envisagé (permettant de mettre en évidence un éventuel effet enseignant), le système de recueil des données utilisé a amené à écarter cette approche. En effet, l'une des questions d'identifications posées en début de questionnaire interrogeait l'élève sur la classe dans laquelle il se trouve. Cependant, des élèves issus de mêmes classes étaient séparés pour le cours d'éveil scientifique. Il n'a donc pas été possible d'identifier correctement les élèves.

En outre, la comparaison des établissements n'a pas pour objectif de stigmatiser l'une ou l'autre école qui aurait obtenu des résultats plus ou moins élevés que la moyenne. La variable « école » créée a pour objectif principal une mise en évidence de sous-groupes, découpant ainsi l'échantillon en plus petits segments.

Deux tests différents existent pour évaluer les savoirs des élèves. En fonction de la thématique abordée en classe, les élèves ont été évalués sur les transformations d'énergie ou sur l'électricité. Pour chaque test, trois questions ont été posées.

Pour *l'électricité*, la question 1 porte sur la rédaction d'une définition des savoirs évalués, la question 2 évalue la capacité de l'élève à représenter les savoirs et la question 3 est un exercice demandant à l'élève d'apparier une définition rédigée à une série d'images.

Le tableau 17 présente les résultats par école, pour chacune des trois questions du test « *savoir électricité* ». Lorsqu'on effectue une analyse de variance (ANOVA) entre les écoles pour chaque question, on observe des résultats significativement différents aux questions 1 et 3 ($p < 0,05$). Les élèves présentent donc un niveau de performance inégal lorsqu'il s'agit de rédiger une définition ou de relier des images à une définition. Au niveau de la représentation du savoir (question 2), il n'y a pas de différence significative entre les élèves ($p > 0,05$).

Tableau 17 – Moyennes des écoles de la thématique ELECTRO question par question

Question	Ecole	N°sujets	Moyenne	Ecart-type	Signification $p < 0,05$
Q1	C	38	63,60	26,24	0,000
	D	46	77,90	25,35	
	E	42	74,21	20,89	
	G	38	21,93	28,50	
	Total	164	60,67	33,33	
Q2	C	38	55,59	19,21	0,086
	D	46	46,74	31,89	
	E	42	51,49	21,24	
	G	38	34,54	21,04	
	Total	164	47,18	25,24	
Q3	C	38	83,55	24,16	0,019
	D	46	63,04	35,25	
	E	42	90,48	27,02	
	G	38	78,29	32,97	
	Total	164	78,35	31,88	

Les résultats repris dans le tableau 17 ont permis de mettre en évidence de façon générale les questions sur lesquelles toutes les écoles se différencient. Une comparaison par T de Student, école par école, et pour chaque question analysée conduit à préciser ces différences et à observer quelles sont les écoles qui se distinguent l'une de l'autre. Dans les tableaux 18, 19 et 20, on présente ces résultats.

Tableau 18 – Comparaison des écoles entre elles pour la question 1

Question	Ecole	Ecole	Signification $p < 0,05$
Q1	C	D	0,168
		E	0,120
		G	0,000
	D	C	0,168
		E	0,829
		G	0,000
	E	C	0,120
		D	0,829
		G	0,000
	G	C	0,000
		D	0,000
		E	0,000

Pour la question 1 (tableau 18), les différences de moyennes entre les écoles montrent que l'école G obtient systématiquement des différences statistiquement significatives (cases grisées) par rapport aux autres écoles. Cette différence va dans le sens d'une moyenne plus faible pour l'école G (résultats présentés dans le tableau 17).

Tableau 19 – Comparaison des écoles entre elles pour la question 2

Question	Ecole	Ecole	Signification $p < 0,05$
Q2	C	D	0,111
		E	0,132
		G	0,011
	D	C	0,111
		E	0,952
		G	0,272
	E	C	0,132
		D	0,952
		G	0,258
	G	C	0,011
		D	0,272
		E	0,258

Pour la question 2 (tableau 19), l'école G et l'école C obtiennent des résultats significativement différents, l'école G obtenant une moyenne plus faibles (34,54 pour l'école G et 55,59 pour l'école C).

Tableau 20 – Comparaison des écoles entre elles pour la question 3

Question	Ecole	Ecole	Signification $p < 0,05$
Q3	C	D	0,043
		E	0,336
		G	0,405
	D	C	0,043
		E	0,002
		G	0,241
	E	C	0,336
		D	0,002
		G	0,072
	G	C	0,405
		D	0,241
		E	0,072

Pour la question 3 (tableau 20), les écoles C et E appartiennent à la même population (p non significatif) et se distingue des écoles G et D qui appartiennent à la même population. Les significativités entre les écoles C et G et les écoles C et D confirment cette dichotomie²⁸.

Sur l'ensemble des résultats présentés et portant sur le pré-test « savoir électro », on observe, à la question 1, une différence de résultats entre les écoles C, D, E et l'école G, celle-ci ayant des résultats inférieurs. A la question 2, la différence entre l'école G et l'école C est significative et à la question 3, on observe une dichotomisation. Ces informations ne permettent pas de distinguer de façon formelle les écoles entre-elles. On peut donc voir que, comme le choix des groupes, les résultats sont aléatoires bien que certaines tendances se dessinent : un groupe légèrement plus fort (écoles E et C) et des écoles un peu plus faibles (écoles G et D).

La même analyse a été réalisée pour le pré-test « savoir énergie ». Dans ce test, les questions 1, 2 et 3 adoptent la même structure que les questions 1, 2 et 3 du pré-test sur l'électricité. Le tableau 21 présente les résultats par question pour chacune des écoles. On observe une absence de différence de résultats entre les trois questions du test.

²⁸A la lecture des résultats, il apparaît que les écoles C et G ne sont pas significativement différentes. Or les autres résultats attestent du contraire. Cette observation doit, semble-t-il, être imputée à un nombre restreint de sujets dans l'école G, diminuant alors la fiabilité du test statistique.

Tableau 21 – Moyennes des écoles de la thématique ENERGIE question par question

		N	Moyenne	Ecart-type	Signification p < 0,05
Q1	A	16	96,88	22,13	0,201
	B	20	100,00	0,00	
	C	48	100,00	38,59	
	D	42	80,95	31,14	
	E	44	97,73	10,54	
	F	146	87,67	28,50	
	G	18	80,56	30,38	
	Total	334	90,72	28,54	
Q2	A	16	13,54	9,07	0,074
	B	20	13,33	7,52	
	C	48	15,63	7,91	
	D	42	14,02	15,96	
	E	44	18,31	9,55	
	F	146	10,96	10,68	
	G	18	12,96	8,31	
	Total	334	13,36	10,89	
Q3	A	16	54,17	38,25	0,325
	B	20	66,67	34,20	
	C	48	77,08	32,37	
	D	42	76,98	33,32	
	E	44	80,30	29,92	
	F	146	68,26	36,58	
	G	18	55,56	32,34	
	Total	334	70,76	34,94	

Etant donné le nombre d'écoles ayant exploité la thématique énergie, les tableaux permettant de comparer les écoles entre elles pour chacune des questions analysées séparément sont présentés en annexe.

Pour la question 1, les écoles C et D se distinguent des autres écoles. Pour la question 2, les différences de moyenne sont significatives pour les écoles F, C et E. Pour la question 3, aucune différence significative n'a pu être observée. On observe donc des différences de résultats entre les écoles pour les questions 1 et 2.

Ces deux analyses des pré-tests « savoir » des deux thématiques montrent que les élèves ne partent pas avec le même niveau de savoir et que cela varie en fonction des questions posées. L'école C, représentant le groupe contrôle, présente de meilleurs résultats sur l'ensemble des deux thématiques. Ces différences sont à prendre en considération dans les analyses qui vont suivre car elles peuvent influencer les résultats au post-test. Effectivement,

une école « plus forte » au départ peut demeurer « plus forte » au terme de l'expérimentation alors que sa progression est faible.

1.2. Analyse

Il s'agit à présent d'évaluer l'efficacité du dispositif sur l'axe « savoir ». Le fait d'avoir utilisé la valise pédagogique a-t-il un effet sur les scores des élèves au test de savoir ? Pour pouvoir attester un effet positif, la moyenne des scores au post-test devrait être supérieure à la moyenne des scores au pré-test pour les élèves ayant bénéficié de la manipulation de la valise pédagogique.

Globalement, on observe qu'en dépit de scores faibles au pré-test et au post-test pour les deux thématiques et dans les deux groupes, il y a une amélioration des scores au post-test.

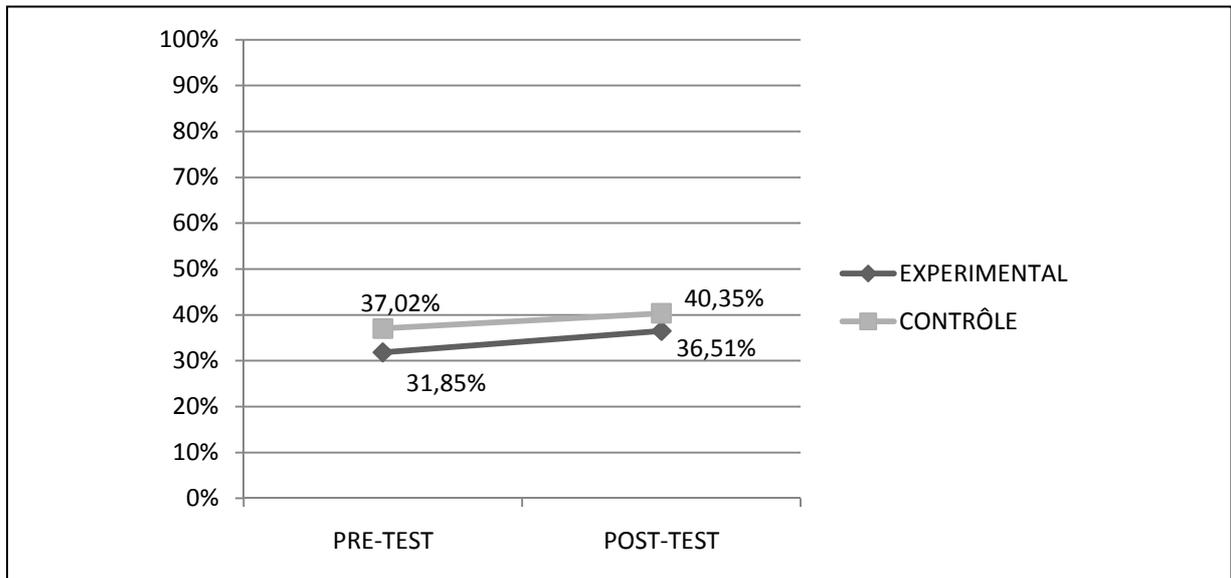


Figure 36 - Moyennes des scores au pré-test et post-test ELECTRO selon le groupe

Pour la thématique *électricité*, en termes d'amélioration des résultats, bien qu'elle soit relative, le groupe expérimental affiche une meilleure progression (4,66 points) que le groupe contrôle (3,33 points).

Les différences de moyennes intergroupes ne sont pas significatives ($p < 0,05$) pour le pré-test (0,111) et le post-test (0,134).

Les indices de corrélation entre le pré-test et le post-test pour chacun des élèves, au sein de chacun des deux groupes sont significativement différents de zéro. L'indice est de 0,766 pour les élèves du groupe contrôle et de 0,478 pour les élèves du groupe expérimental. Il y a donc une relation entre le pré-test et le post-test : un indice de corrélation plus élevé signifie que les élèves les plus faibles au pré-test demeurent les plus faibles au post-test même si la moyenne augmente.

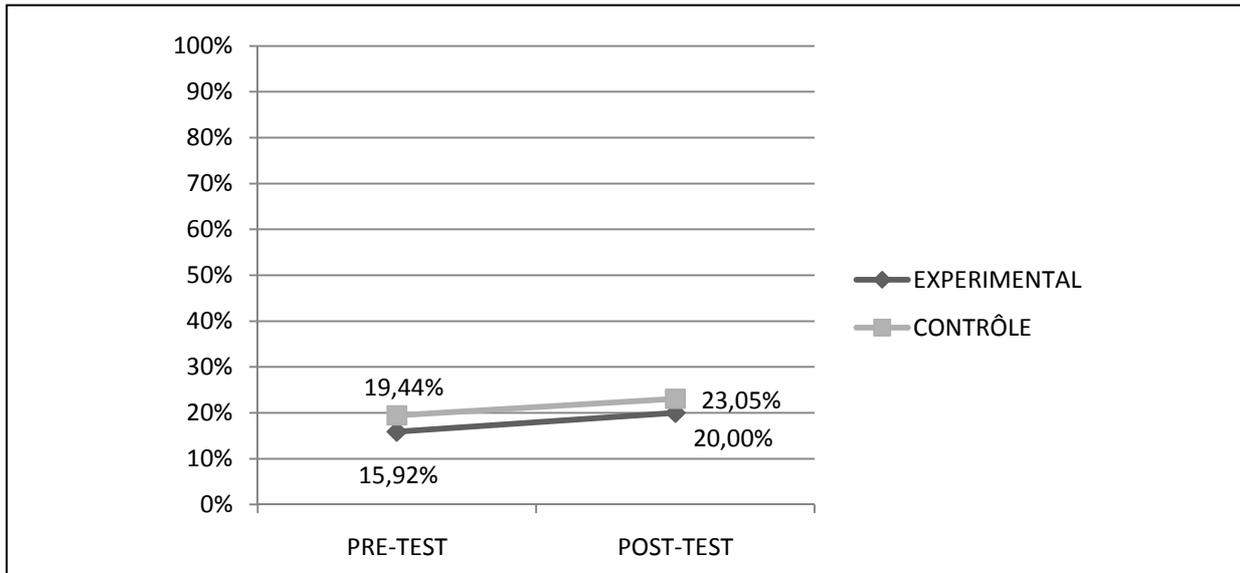


Figure 37 - Moyennes des scores au pré-test et post-test ENERGIE selon le groupe

Pour la thématique *énergie* (figure 37), la moyenne des résultats des élèves au pré-test et au post-test progresse de manière semblable dans chaque groupe : une augmentation de 3,61 points pour les élèves du groupe contrôle et de 4,08 points pour les élèves du groupe expérimental. Ces différences ne sont pas attestées du point de vue statistique (T de Student non significatif).

L'écart-type reste stable (diminution de 0,69 points pour les élèves du groupe expérimental et une augmentation de 0,02 points pour les élèves du groupe contrôle).

Les indices de corrélations entre le pré-test et le post-test pour chacun des élèves au sein de chacun des deux groupes sont significativement différents de zéro pour les élèves des deux groupes. Les élèves du groupe expérimental présentent un indice de corrélation plus faible (0,28) que les élèves du groupe contrôle (0,535). Même si la moyenne augmente, les élèves les plus faibles au pré-test sont toujours les plus faibles au post-test et ce dans une moindre mesure pour les élèves du groupe expérimental.

2. Les compétences

Pour évaluer les compétences, 4 tests différents ont été administrés aux élèves. Les tests A et B évaluent la capacité de transfert des compétences des élèves et portent donc sur des thématiques différentes de celles de la valise pédagogique. Les tests C et D évaluent l'application des compétences mobilisées lors de l'expérimentation de l'outil. Les résultats en termes de transfert et d'application des compétences ont été examinés indépendamment de l'appartenance au groupe contrôle ou expérimental afin d'isoler et de discuter la capacité de transfert de compétence des élèves.

2.1. L'évaluation transfert/application

2.1.1. Application des compétences

La capacité des élèves à appliquer les compétences visées sont observées suite à la passation des tests C et D qui abordent les thématiques exploitées dans la valise pédagogique : l'électricité et l'énergie.

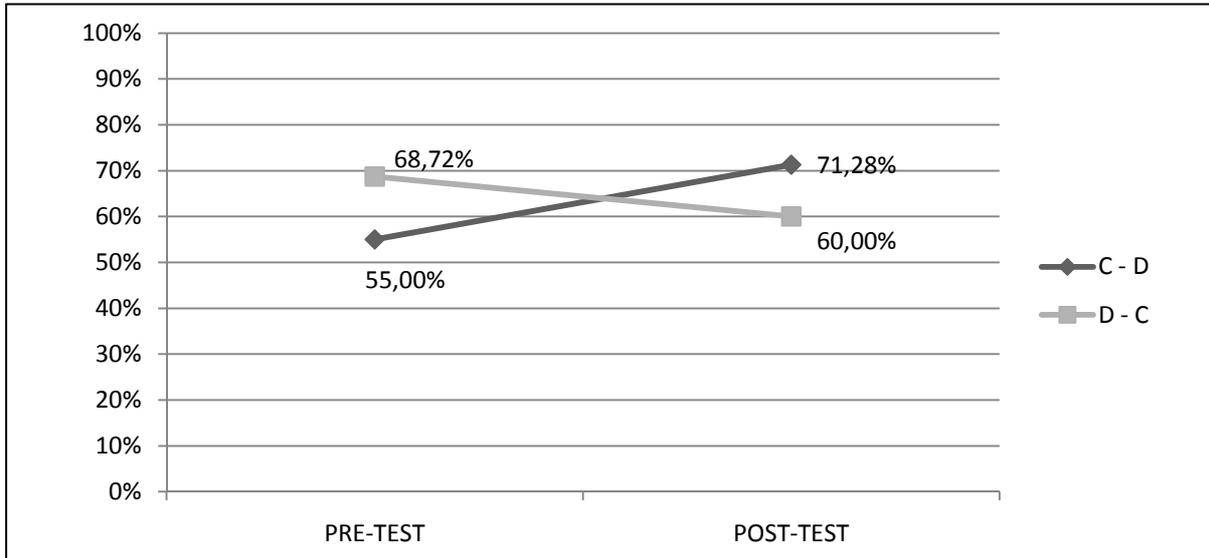


Figure 38 - Moyennes des scores des élèves aux tests C et D

Bien qu'aucune consigne n'ait été formulée auprès des enseignants quant au choix de la thématique, les transformations d'énergie ont connu un meilleur succès que l'électricité, considérée comme plus traditionnelle par les enseignants.

Le nombre d'élèves ayant construit une mini-éolienne est plus important que le nombre d'élèves ayant travaillé sur le jeu électro. Dès lors, la thématique D est donc familière à un nombre plus élevé d'élèves que la thématique C. Cela peut expliquer la différence de moyennes des élèves selon l'ordre de passation (de 55 % à 71, 28 %) entre le test C et D, que ce soit au pré-test ou au post-test. Bien que les thématiques soient très proches car elles traitent toutes les deux d'énergie. La probabilité que les élèves aient dû effectuer un transfert de leurs compétences pour le questionnaire C est plus important que pour le questionnaire D.

2.1.2. Transfert de compétences

L'évaluation du transfert de compétences s'est réalisée via la passation des tests A et B au pré-test et au post-test.

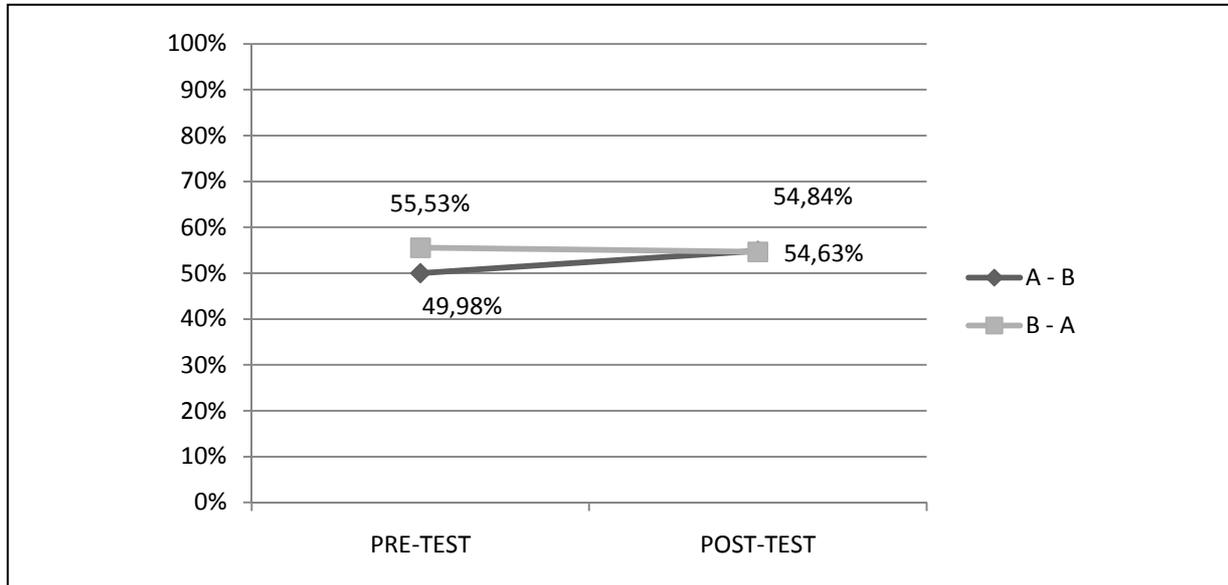


Figure 39 - Moyennes des scores des élèves aux tests A et B

Les résultats du groupe expérimental sont différents selon que les élèves répondent au questionnaire A ou B. Dans les deux situations décrites ci-dessus (figure 39), l'ordre dans lequel sont administrés les tests n'influence pas sur les scores puisque les élèves obtiennent des résultats inférieurs au test B dans les deux cas. La situation est identique pour l'écart-type car il est en augmentation lorsque les élèves passent le test B en post-test (16,21 % → 18,06 %) et en diminution quand ils le passent en pré-test (20,55 % → 11,49 %). Les élèves obtiennent donc des résultats plus hétérogènes au test B qu'au test A.

Ce constat pourrait s'expliquer par une différence de difficulté entre les tests ou les thématiques abordées. Il est possible que les élèves aient déjà été sensibilisés, directement ou indirectement, aux savoirs exploités dans le test A. Ces résultats ne sont pas cohérents aux Socles de compétences qui préconisent une certification en fin d'étape pour les savoirs exploités dans le test B (la chaleur et ses propriétés) et une sensibilisation à son exercice pour la thématique du test A (masse volumique).

2.1.3. Comparaison

En ce qui concerne le transfert des compétences, les scores des élèves de chaque groupe ont tendance à rester stables. Il n'y a pas de nette progression des résultats. On peut en déduire que les élèves éprouvent des difficultés à transférer une démarche lorsqu'elle est proposée dans une situation qui leur est étrangère.

Quand il s'agit d'appliquer des compétences qui ont été développées en situation, les résultats augmentent positivement dans 50 % des cas. On observe une diminution des

résultats pour la paire de tests : pré-test D et post-test C. Les hypothèses quant à ces résultats sont les suivantes :

- Le faible taux d'utilisation de la thématiques *électricité* lors de la manipulation de la valise pédagogique peut avoir une influence sur la réussite au post-test C qui concerne cette même thématique.
- Bien que constituées de manière équivalente, les épreuves peuvent présenter des différences quant à leur degré de difficultés. Une évaluation sous la forme d'un testing sur un échantillon préliminaire aurait pu atténuer ce biais.

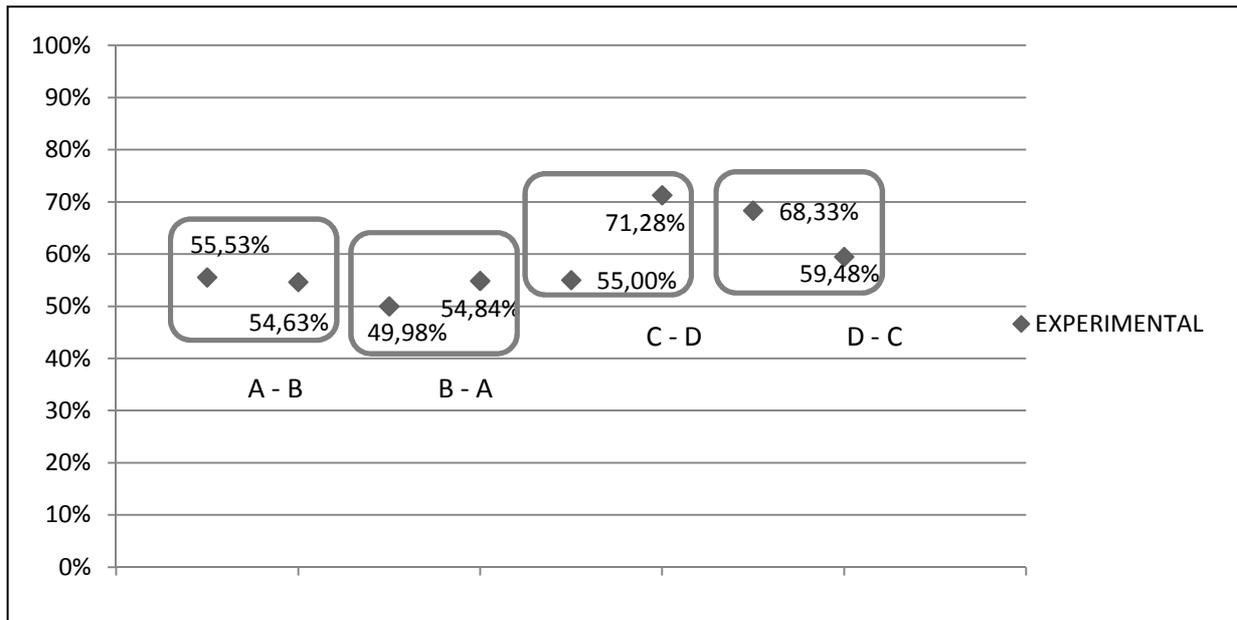


Figure 40 - Moyennes des scores des élèves selon le test (application ou transfert)

La figure 40 synthétise les moyennes des élèves du groupe expérimental au pré-test et au post-test. On constate que les scores des élèves aux tests d'application des compétences sont supérieurs à ceux des élèves aux tests de transfert des compétences. Les élèves éprouvent donc des difficultés à transférer les compétences exploitées lors de la manipulation de la valise pédagogique. Une des hypothèses est que les enseignants se soient centrés sur la manipulation des divers outils, sur la gestion de la classe, n'orientant pas leurs pratiques vers un transfert possible des compétences développées grâce à la valise pédagogique.

2.2. Comparaison des groupes expérimental et contrôle

Cette analyse des résultats à l'évaluation des compétences a pour objectif la comparaison, des résultats des élèves des deux groupes (expérimental et contrôle) au pré-test et au post-test et vise à statuer sur l'efficacité de la valise pédagogique.

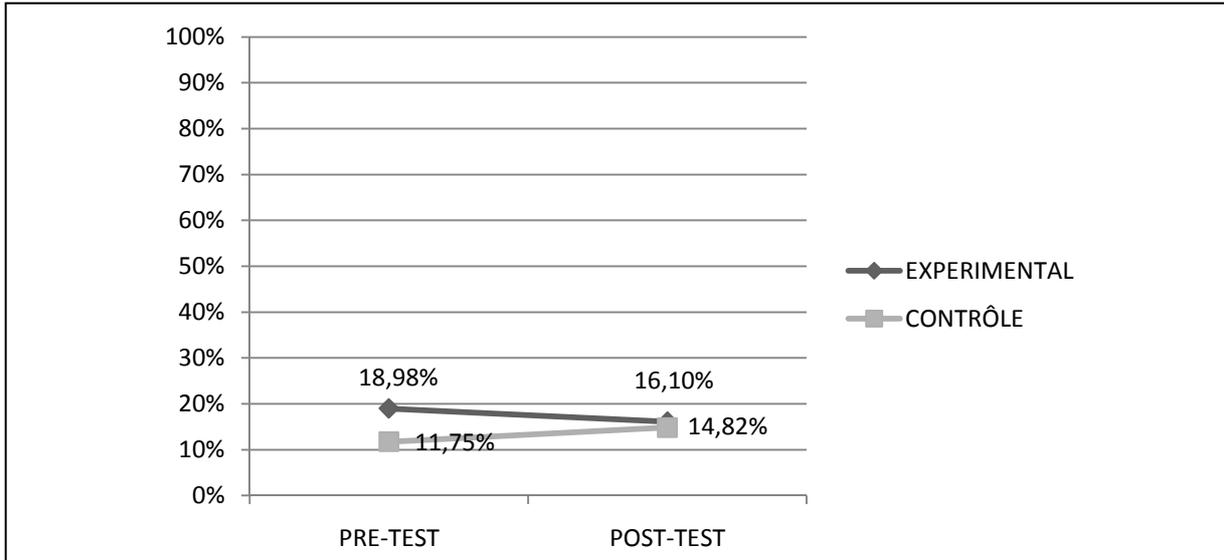


Figure 41 – Moyennes des scores au pré-test et post-test pour les compétences

De manière générale, avant l'expérimentation, on constate que le groupe contrôle obtient des résultats globalement supérieurs (66,70 %) au groupe expérimental (57,52 %). La différence de moyenne des deux groupes est significative ($p < 0,05$) au pré-test, ce qui signifie que les groupes partent avec des niveaux différents.

En revanche, au post-test, les résultats intergroupes sont plus proches. D'une part, le groupe contrôle obtient une moyenne moins élevée au post-test (comparé au pré-test). D'autre part, la différence de moyenne entre les deux groupes n'est pas significative ($p < 0,05$). Comme l'illustre le graphique ci-dessus, les progrès réalisés par le groupe expérimental permettent de rattraper en partie le retard des élèves au pré-test.

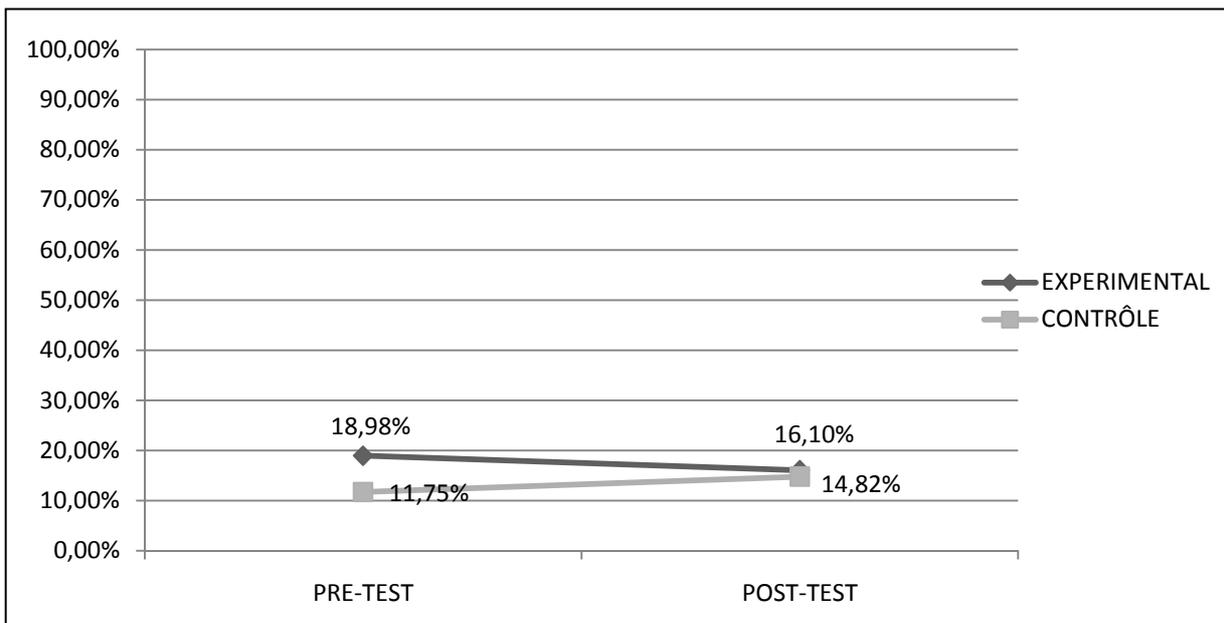


Figure 42 - Ecart-type au pré-test et post-test

L'écart-type demeure plus élevé dans le groupe expérimental que dans le groupe contrôle au pré-test et au post-test (figure 42). Dans le groupe expérimental, on observe pourtant une réduction de la variance avec un écart-type plus petit au post-test (16,10) comparé au pré-test (18,98). Cela signifie que suite à la manipulation de la valise pédagogique, les élèves « faibles » ont tendance à se rapprocher des élèves « forts ». Par contre, les écarts entres les scores des élèves du groupe contrôle sont plus importants après qu'ils aient visionné le dvd éducatif (11,75 au pré-test et 14,89 au post-test).

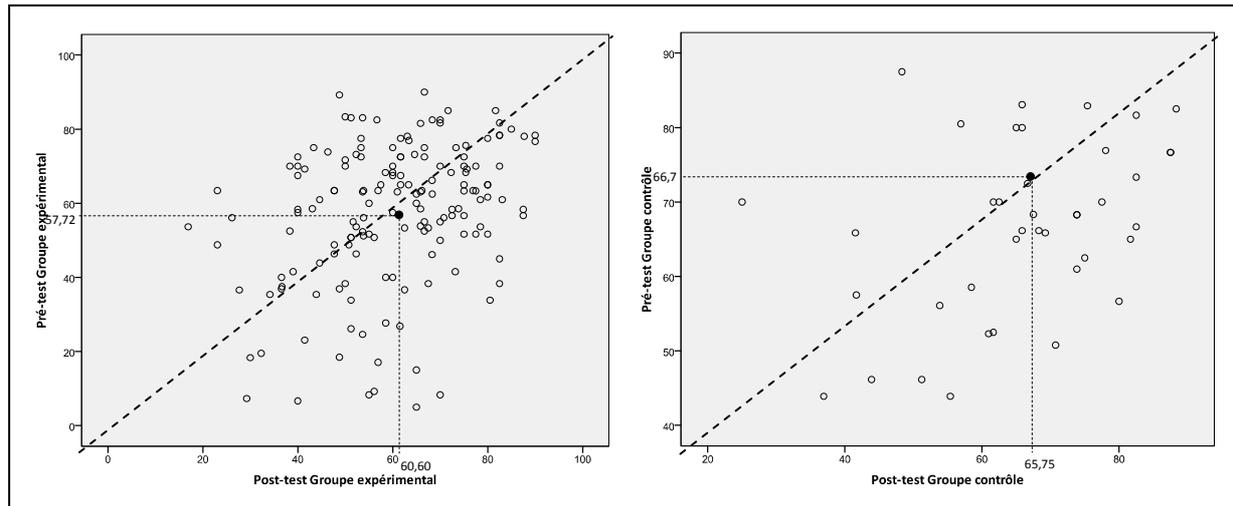


Figure 43 - Distribution des résultats des tests « compétences » aux pré-test et post-test pour les élèves du groupe expérimental et ceux du groupe contrôle

La figure 43 illustre les observations concernant l'écart-type. Les points représentés sur les graphiques correspondent aux scores des élèves de chaque groupe au pré-test et au post-test. Plus les points sont proches de la droite en pointillés représentée sur les deux graphiques, plus la différence entre les résultats au pré-test et au post-test est faible. La distribution du groupe expérimental est plus homogène, elle tend à se rapprocher davantage de la droite que les résultats du groupe contrôle.

La corrélation au pré-test et au post-test pour les élèves du groupe expérimental est significativement différente de zéro. L'indice de corrélation est de 0,32. Le lien entre le pré-test et le post-test est faible.

2.2.1. Comparaison compétence par compétence

Pour aboutir aux résultats précédents, les moyennes générales des élèves de chaque groupe au pré-test et au post-test ont été comparées. L'analyse est restée générale sans distinguer les compétences évaluées. A présent, une analyse plus approfondie évalue la maîtrise des compétences, compétence par compétence, et permet de mettre en évidence les compétences les mieux développées lors de l'utilisation de la valise pédagogique.

Le tableau 20 compare les moyennes obtenues (à l'aide d'un test t de Student pour échantillon indépendant) au pré-test et au post-test pour chaque groupe et pour chaque

compétence sans distinguer le type de test (A, B, C ou D) administré. Cette analyse offre une vision plus précise des possibilités d'amélioration des résultats, compétence par compétence, en fonction de l'outil expérimenté.

Les colonnes « pré-test » et les colonnes « post-test » indiquent, pour chaque compétence, la moyenne et l'écart-type de chaque groupe avant et après la manipulation des outils en classe. La colonne « p » indique si le test t est significatif : si $p < 0,05$ alors la différence de moyenne entre les deux groupes est significative, l'hypothèse nulle n'est pas vérifiée et les deux échantillons appartiennent donc à une population différente. Les cases grises représentent les compétences pour lesquelles on observe une augmentation de la moyenne et une diminution de l'écart-type : les élèves améliorent leurs résultats et ils tendent à s'homogénéiser (diminution des notes extrêmes).

Tableau 22 – Comparaison des moyennes et écarts-types compétence par compétence

	GROUPE CONTRÔLE					GROUPE EXPERIMENTAL				
	PRE-TEST		POST-TEST		p	PRE-TEST		POST-TEST		p
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	
C2	58,03	29,73	57,11	29,40	0,890	54,69	32,93	56,74	31,21	0,555
C5	46,90	31,54	53,71	35,70	0,365	44,36	34,90	42,57	31,92	0,620
C12	85,98	26,06	79,19	32,23	0,300	74,54	34,37	80,06	33,67	0,136
C13	79,13	31,06	82,69	31,66	0,659	70,00	38,65	78,35	32,11	0,058
C14	71,34	27,26	64,58	32,18	0,310	57,57	30,38	62,87	30,55	0,109
C15	83,54	18,21	76,88	22,92	0,151	72,39	27,44	75,84	23,90	0,216
C16	55,55	25,09	50,89	29,83	0,449	45,21	28,21	48,18	29,78	0,345

En se référant aux indicateurs d'amélioration des résultats, les performances sont améliorées lorsque la moyenne augmente et l'écart-type diminue. Le groupe contrôle ne réunit ces critères pour aucune compétence. Les outils proposés dans la valise pédagogique sont, par contre, plus efficaces. En effet, quatre compétences sur sept présentent de meilleurs résultats au post-test. Bien que cette amélioration ne soit pas significative, elle ne s'observe pas pour le groupe contrôle pour lequel la moyenne augmente pour deux compétences (C5, C13) et l'écart-type diminue pour une autre compétence (C2).

La compétence C2 - *l'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices susceptibles d'influencer la situation envisagée* - est sollicitée à plusieurs reprises lors du dispositif pédagogique de l'*Energithèque*. Par exemple, lorsque les élèves ont terminé leur construction, ils peuvent trouver des pistes pour améliorer leur dispositif (l'inclinaison du sèche-cheveux fait-elle varier l'intensité lumineuse de l'ampoule ?). Les compétences C12 - *comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique* (figure 45) et C13 - *schématiser une situation expérimentale* (figure 44) sont l'objet de fiches de remédiation, ce qui a permis aux élèves du groupe expérimental d'entraîner le développement des compétences.

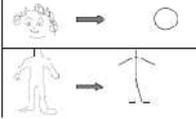
Fiche n°1 : Dessin ou schéma* ?

Le dessin :
Le dessin est une représentation personnelle de la réalité.
Le même objet peut être dessiné de façon différente d'un dessinateur à l'autre.

Les conventions :
Les conventions sont choisies au départ.
Pour que le schéma soit compréhensible de tous il faut que les conventions soient expliquées et acceptées par tous.

Le schéma :
Le schéma représente de façon simple la réalité.
Le schéma est réalisé à partir des conventions choisies et acceptées par tous.

Exemple

Le dessin :	Exemple de conventions choisies :	Le schéma :
		

* Tu ne connais pas la signification de ce mot ? Consulte le dictionnaire ou le logiciel.

Figure 44 – Fiche 1 Comprends mieux
Thématique Electro

Fiche n°2 : Quel matériau utiliser pour relier les questions à leurs réponses ?

Organise

Si tu ne sais pas avec quoi relier une question à sa réponse, construis le montage ci-dessous.
Que se passe-t-il si tu remplaces la lame du couteau par différents matériaux :



un trombone en métal, en plastique, un petit morceau de carton, une allumette, la partie métallique de tes ciseaux, une bandelette d'aluminium, la gaine en plastique des fils électriques, du papier collant, ...

Dans ton cahier, classe les différents matériaux dans un tableau comme celui proposé ci-dessous :	
L'ampoule brille :	L'ampoule reste éteinte :

Maintenant, trouve quel matériau tu vas utiliser pour relier chaque question à sa réponse ?
Si tu ne sais pas comment :

- demander (ou torsader) les fils électriques, consulte la fiche n°1 (ou la fiche n°4).
- relier la pile (ou l'ampoule) au circuit électrique, consulte la fiche n°3 (ou la fiche n°2).

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Figure 45 – Fiche 2 Organise Thématique Electro

Une piste de réponse pour expliquer les meilleurs résultats du groupe expérimental se situe dans le rôle que joue l'apprenant dans les deux outils expérimentés. Le DVD éducatif « *C'est pas sorcier* » apporte énormément d'informations et de contenus, cependant les élèves ne vivent pas l'expérience comme c'est le cas lors de la manipulation de la valise pédagogique. Avec *l'Energithèque*, les élèves sont mis en action et utilisent leur compétence pour avancer dans le dispositif pédagogique. Toutefois il est nécessaire de souligner qu'aucune consignes n'ont été données aux enseignants utilisant le dvd éducatif, nous n'avons pas d'informations sur les éventuelles manipulations réalisées par l'enseignant dans les suites de son cours.

2.2.2. Discussion

En vue de tester l'efficacité de la valise pédagogique, un dispositif expérimental a été mis en place confrontant l'utilisation de deux outils (la valise pédagogique et un DVD éducatif) Il est difficile de dégager une nette tendance générale d'amélioration des résultats pour l'un ou l'autre outil. Lorsque l'on se base sur les moyennes des élèves au pré-test, les deux échantillons n'appartiennent pas à une même population (p significatif). En effet, les élèves du groupe contrôle ont obtenu des résultats supérieurs au pré-test comparé aux élèves du groupe expérimental, ils sont donc plus « forts ». Par contre, la différence des moyennes des deux groupes n'est pas significative au post-test, ce qui signifie qu'après l'expérimentation, les deux groupes appartiennent à la même population. L'utilisation des outils (de diagnostic et de remédiation immédiate) proposés dans la valise pédagogique semble avoir un impact favorable sur le développement des compétences (tests t le confirmant).

Le changement des écart-types fournit des renseignements importants. Pour le groupe expérimental, entre le pré-test et le post-test, les écart-types diminuent pour tous les tests, à l'exception des scores des élèves qui ont passé le test A en pré-test et le test B en post-test : les élèves obtiennent des résultats plus proches de la moyenne générale et les scores extrêmes sont plus rares. Par contre, excepté pour le pré-test B et post-test A, les élèves du groupe contrôle ont tendance à obtenir des scores plus dispersés autour de la moyenne générale (écart-type augmente). Les scores au post-test des élèves du groupe expérimental

sont ainsi plus homogènes, malgré la présence de quelques scores extrêmes (augmentation de l'étendue). Les résultats du groupe contrôle présentent une hétérogénéisation des scores au post-test malgré la diminution de l'étendue. Leurs scores ont tendance à être plus éloignés de la moyenne. Si l'influence des scores initiaux des élèves ne peut être entièrement contrôlée, les différences entre apprenants s'amoindrissent dans les groupes ayant utilisé les outils de diagnostic et de remédiation immédiate.

La plupart de ces interprétations se basent sur une analyse globale des tests. Lorsque l'on s'intéresse au développement de chaque compétence pour chaque test, on s'aperçoit que le groupe expérimental obtient de meilleurs résultats (augmentation de la moyenne et diminution de l'écart-type). L'idée selon laquelle le dispositif proposé dans la valise pédagogique contribue d'une part à améliorer les résultats des élèves et à neutraliser les notes extrêmes du groupe expérimental semble donc à nouveau confirmée.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Pour s'insérer pleinement dans une orientation constructiviste, la notion de représentation mentale est centrale. L'apprentissage est une modification de représentation suite à une perturbation ayant montré les limites de la conception actuelle (Bertrand, 1998). La confrontation à une situation problème, caractéristique essentielle dans le dispositif élaboré, jouer le rôle d'élément perturbateur. A partir de cette situation, l'élève est amené à confronter ses conceptions à la réalité et ainsi à éventuellement les modifier. Cette optique était déjà présente au début de la recherche, mais manquait de précision dans la mesure où l'enseignant n'avait aucune information sur les conceptions initiales des élèves. La mise en place d'une méthodologie d'analyse des conceptions prévues dans cette seconde partie de l'année de recherche comble cette lacune. La méthode a pour ambition de permettre aux enseignants, par une analyse des schémas, de dégager les différents types de conceptions de ses élèves et d'ainsi mieux envisager cette déconstruction – reconstruction des représentations ou schèmes.

Par ailleurs, la connaissance des conceptions initiales des élèves conduit l'enseignant à mieux comprendre les erreurs commises et par conséquent à mieux diagnostiquer. Si le dispositif prévoit au préalable une série de difficultés pouvant être rencontrées, l'analyse des schémas des élèves complète le diagnostic et conduit ainsi à proposer des remédiations immédiates mieux adaptées aux besoins réels. De cette façon, l'erreur est véritablement prise en compte et devient un élément charnière au service des apprentissages.

Si les schémas sont importants dans le dispositif élaboré, ils le sont également dans la prise d'information au niveau de la recherche. La comparaison entre les conceptions initiales des sujets et leurs conceptions en fin de séquence a permis de réguler le dispositif en proposant davantage de fiches de remédiations immédiates et de vérifier l'efficacité du dispositif (les élèves ont-ils modifié leurs conceptions en fin d'apprentissage vers une conception plus proche de la réalité ?). Les résultats ont effectivement montré cette tendance. En ce qui concerne l'éolienne, la majorité des sujets vont d'une conception fonctionnelle non viable (l'éolienne comme prise de courant) vers une conception viable davantage expérimentale et liée au vécu scolaire. Pour l'électro, les conceptions initiales sont plus diversifiées et non viables. Par contre en fin d'apprentissage, elles se rapprochent du modèle attendu lié également au vécu scolaire mais elles demeurent non viables. Ces informations ont conduit l'équipe à envisager une phase de formalisation des notions par abstraction progressive, l'étape de synthèse prenant plus d'importance qu'auparavant. Ces observations amènent aussi à revoir le dispositif afin de se distancer progressivement d'une connaissance purement scolaire.

La succession des expérimentations menées au cours de la première année de recherche a vu l'essai de plusieurs prototype permettant de démontrer la faisabilité du dispositif pédagogique sur le terrain auprès d'un échantillon relativement restreint. Le début de la deuxième année de recherche a porté sur une recherche d'amélioration du dispositif. Ces

améliorations se sont portées à la fois sur les outils pédagogiques existants en enrichissant notamment les fiches d'aide fournies aux élèves et sur les supports proposés aux enseignants. De nouveaux outils ont également été insérés au matériel, leur objectif est de compléter la valise pédagogique et d'offrir une approche certes nouvelle mais complémentaire des thématiques abordées. L'amélioration du dispositif a également pu être testée dans une classe de 2^{ème} secondaire afin qu'il puisse être à nouveau réajusté.

A l'issue des deux années de recherche, les tests en situation réelle des groupes expérimental et contrôle ont été réalisés ainsi que l'encodage des données et l'interprétation des résultats. La méthodologie utilisée prévoyait un plan expérimental simple basé sur une comparaison entre un groupe expérimental et un groupe contrôle. Ces groupes se distinguaient par l'utilisation, ou non, d'une valise pédagogique permettant le diagnostic des difficultés des élèves et une remédiation immédiate. Pour s'assurer de la qualité des résultats, des précautions ont été prises : comparaison entre les différents groupes afin de vérifier si les échantillons provenaient d'une même population.

Les pré-test et post-test, quatre formes parallèles de questionnaires, ont permis de mesurer le niveau des élèves à deux moments : avant et après expérimentation. La comparaison entre les groupes a montré que ceux-ci ne provenaient pas d'une même population au départ mais les résultats au post-test et les comparaisons ont permis d'établir dans quelle mesure les groupes se rapprochent après expérimentation.

L'efficacité des outils a été estimée en considérant trois paramètres : la moyenne (des différents groupes et des gains individuels), la dispersion des résultats avant et après utilisation des outils et la corrélation entre les scores pré-tests et post-test. Pour qu'un outil soit efficace, il doit contribuer à améliorer les résultats (augmentation de la moyenne des groupes expérimentaux et gains positifs pour les élèves de ces groupes) de tous les élèves (diminution de l'écart-type au post-test) quels que soient leurs résultats de départ (faible corrélation entre scores au pré-test et au post-test dans les groupes expérimentaux).

Lorsqu'on regarde si les écoles de chaque groupe ont amélioré leur moyenne générale entre le pré-test et le post-test, on constate, pour les savoirs, qu'il y a une augmentation de celle-ci pour les deux groupes. Il y a une amélioration et ceci quel que soit le groupe : le groupe contrôle évolue positivement au même titre que le groupe expérimental. En revanche, on constate une diminution de la moyenne pour le développement des compétences pour le groupe contrôle et une augmentation pour le groupe expérimental. Cette différence de progression laisse donc penser que les outils de diagnostic et de remédiation immédiate ont une influence positive sur le développement des compétences et donc sur l'apprentissage.

L'inconvénient d'une moyenne est qu'elle est fortement influencée par des scores extrêmes. Une moyenne générale élevée ne signifie pas que tous les élèves possèdent de hauts scores. Il faut donc considérer d'autres indicateurs pour mesurer l'efficacité d'un outil afin d'éviter une interprétation biaisée. L'écart-type est un bon indicateur car il fournit une mesure de la répartition des scores autour de la moyenne. Un écart-type faible indique que

les valeurs se concentrent autour de la moyenne. Si la moyenne générale augmente et que l'écart-type diminue alors l'outil semble efficace, mais aussi plus équitable dans le sens où il favorise l'égalité des résultats.

Les écart-types aux pré-test et post-test de chaque groupe ont été calculés. Quant à l'évaluation des compétences, pour le groupe expérimental, l'écart-type au post-test est plus faible que celui du pré-test, au contraire de groupe contrôle où la dispersion des scores est plus élevée après la période d'expérimentation. En ce qui concerne la maîtrise des savoirs, l'écart-type reste stable pour le groupe expérimental et diminue pour le groupe contrôle. Le groupe expérimental apparaît donc plus performant pour réduire les scores extrêmes dans le développement de compétences tandis que pour le groupe contrôle, c'est pour la maîtrise des savoirs.

L'utilisation des outils conduirait à une meilleure homogénéisation des résultats, eux-mêmes plus élevés que sans utilisation d'outils. Dans une optique de différenciation, ces outils de remédiation immédiate seraient efficaces en ce sens qu'ils permettent une individualisation des apprentissages et conduisent à une élévation de ceux-ci pour un plus grand nombre d'élèves.

Pour le groupe expérimental, les indices de corrélation entre les scores au pré-test et post-test montrent le lien entre ceux-ci. Des scores faibles au pré-test restent faibles au post-test. Ce lien, déjà mis en évidence, est cependant plus faible dans le groupe expérimental, ce qui conforte l'intérêt pour ces outils.

La mise à l'épreuve des deux outils utilisés lors de cette recherche démontre qu'ils ne concourent pas aux mêmes objectifs. La valise pédagogique met les élèves « au travail », elle les place en condition d'expérimentation tout en développant un dispositif de gestion de l'apprentissage. L'outil de diagnostic et les fiches de remédiation immédiate de l'*Energithèque* mettent à l'épreuve les compétences des élèves tout au long de l'activité, ce qui n'est pas le cas du DVD éducatif. D'après les résultats, celui-ci semble privilégier l'acquisition des savoirs au détriment de l'aspect « pratique » (les élèves restent inactifs).

L'amélioration de la qualité de l'échantillon est une perspective pour la recherche. Les groupes étant représentés de manière très hétérogène (différence du nombre d'élèves entre les groupes), un biais d'échantillonnage est apparu. Une prise de contact dès le début de l'année avec les établissements scolaires leur permettrait de mieux s'organiser. Cela les inciterait sans doute à participer à l'expérimentation et contribuerait à réduire le biais d'échantillonnage rencontré.

Dans le cadre de cette recherche, le dispositif pédagogique initié par la valise ainsi que les outils de diagnostic et de remédiation immédiate n'ont été expérimentés que dans le cadre de l'énergie. Il serait intéressant d'appliquer la démarche de recherche aux autres savoirs

décrits dans les Socles de compétences afin de la généraliser à l'enseignement de l'éveil scientifique.

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson, R. C., Osborn, J., Tierney, R. J. (1984). *Learning to Read in American Schools: Basal*.
- Astolfi, J.-P. & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Paris: Presses Universitaires de France.
- Astolfi, J.-P., Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. & Toussaint, J. (1997). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Bruxelles: De Boeck Université.
- Aubert-Lotarski, A., Lecointe, M., Maës, B., Rebinguet, M. & Saint-Jean, M. (2006). *Conduire un audit à visée participative*. Lyon : Chronique sociale.
- Bachelard, G. (1980). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Bachelard, G. (1999). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Beckers, J., Paquay, L., Coupremagne, M., Scheepers, C., Closset, A., Foucart, J., Lemenu, D. & Theunssens, E. (2003). *Quels dispositifs favorisent le développement des compétences professionnelles dans l'enseignement supérieur ? Et à quelles conditions ? (Rapport final de recherche n°94 a et b/01)*. Recherche menée par l'Université catholique de Louvain, l'Université de Liège et quatre hautes écoles.
- Bertrand, Y. (1998). *Théories contemporaines de l'éducation*. Montréal : Editions Nouvelles.
- Bressoux, P. (1994). *Les recherches sur les effets-école et les effets maîtres*. *Revue française de pédagogie*, 108, 91-137.
- Coche, F., Genot, P., Kahn, S., Rey, B. & Robin, F. (2005). *Pratique pédagogique à l'école primaire et réussite scolaire des élèves venant de milieux défavorisés (recherche financée par la Communauté française)*. Université libre de Bruxelles, Service des Sciences de l'Education.
- Deaudelin, C., Desjardins, J., Dezutter, O., Thomas, L., Morin, M.-P., Lebrun, J., Hasni, A. & Lenoir, Y. (2007). *Pratiques évaluatives et aide à l'apprentissage des élèves : l'importance des processus de régulation (Rapport de la recherche 2004-AC-95276)*. Université de Sherbrooke, Faculté d'éducation, Centre de recherche sur l'intervention éducative et le Centre de recherche interuniversitaire sur la formation et la profession enseignante.
- Dehon, A., Delbecq, J., Demeuse, M., Deprit, A., Derobertmeasure, A., Fauconnier, A., Nkizamacumu, D. (2007). *Mise à l'épreuve d'outils de remédiation immédiate dans l'enseignement primaire du Réseau de la Communauté française*, Mons : Université de Mons-Hainaut, Institut d'Administration scolaire, rapport final de recherche Année 1 (non publié).
- Deldime, R. & Vermeulen, S. (1980). *Le développement psychologique de l'enfant*. Bruxelles : De Boeck.
- Demeuse, M., Crahay, M. & Monseur, Ch. (2005). *Efficacité et équité dans les systèmes éducatifs. Les deux face d'une même pièce ?*. In M. Demeuse, A. Baye, M.-H. Straeten, J. Nicaise & A. Matoul (Eds.), *Vers une école juste et efficace: 26 contributions sur les systèmes d'enseignement et de formation* (pp. 391-410). Bruxelles : De Boeck & Larcier.

- Demeuse, M., Dehon, A., Delbecq, J., Deprit, A., Derobertmeasure, A., Fauconnier, A. & Nkizamacumu, D. (2007). Mise à l'épreuve d'outils de remédiation immédiate dans l'enseignement primaire du Réseau de la Communauté française (Rapport 1^e année). Université de Mons Hainaut, Institut d'Administration scolaire, service de Méthodologie et Formation, non publié.
- Deschaux, J. (2003). Aider à apprendre par la remédiation : un pari pour réussir et comprendre à l'école primaire. Biennale Education, Formation.
- De Vecchi, G. & Carmona-Magnaldi, N. (1996). Faire construire des savoirs. Paris : Hachette.
- D'Hainaut, L. (1983). Des fins aux objectifs. Un cadre conceptuel et une démarche générale pour établir les résultats attendus d'une formation. Bruxelles : Labor.
- Fourez, G. (2001). La construction des sciences. Bruxelles : de Boeck Université.
- Giordan, A. (sous la dir. de), Martinand, J.-L., Astolfi, J.-P., Rumelhard, G., Coulibaly, A., Develay, M., Toussaint, J. & Host, V. (1987). L'élève et/ou les connaissances scientifiques. Berne : Peter Lang.
- Giordan, A. & de Vecchi, G. (1990). Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- Giordan, A., Guichard, F. & Guichard, J. (2001). Des idées pour apprendre. Paris: Delagrave.
- Giot, B. & Quittre, V. (2005). Structurer ses acquis en science : le rôle de l'écrit. Le point sur la recherche en Education (à paraître).
- Harder, A. K. (1989). Attitudes towards reading science textbooks. *The American Biology Teacher*, 51 (4), 208-212.
- Hirsoux, A. (2006). Aider les élèves en difficulté d'apprentissage par la remédiation immédiate : expérimentation de deux outils pédagogiques dans l'enseignement fondamental. Mémoire de licence en sciences de l'éducation non publié, Université de Mons – Hainaut, Mons, Belgique.
- Jarrosson, B. (1992). Invitation à la philosophie des sciences. Paris : Seuil.
- Joshua, S. & Dupin, J.-J. (1989). Représentations et modélisations. Berne : Peter Lang.
- Joshua, S. & Dupin, J.-J. (1993). Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques. Paris : Presses Universitaires de France.
- Larochelle, M. & Désautels, J. (1992). Autour de l'idée de science. Bruxelles : de Boeck Université.
- Larose, F. & Lenoir, Y. (1998). La formation continue d'enseignants du primaire à des pratiques interdisciplinaires : résultats de recherches. *Revue des sciences de l'éducation*, 24 (1), 189-228.
- Legendre, R., (sous la dir. de). (1993). Dictionnaire de l'éducation. Montréal : Editions Guérin, Paris : Eska éditeur.
- Lenoir, Y., Larose, F., Deaudelin, C., Kalubi, J.-C. et Roy, G.-R. (2002). L'intervention éducative : clarifications conceptuelles et enjeux sociaux. Pour une re-conceptualisation des pratiques d'intervention en enseignement et en formation à l'enseignement. *Esprit critique*, 4 (4) (revue en ligne).

- Lenoir, Y., Maubant, Ph., Hasni, A., Lebrun, J., Zaid, A., Habboub, E.M. & Mc Connel, A.-C. (2007). A La recherche d'un cadre conceptuel pour analyser les pratiques d'enseignement. Documents du CRIE et de la CRCIE, n°2, Faculté d'éducation de l'Université de Sherbrooke.
- Mathy, Ph. (2006). Donner du sens aux cours de sciences. Bruxelles : De Boeck.
- Montangero, J. & Maurice-Naville, J. (1994). Piaget ou l'intelligence en marche. Liège : Mardaga.
- Perrenoud, P. (1997). Construire des compétences dès l'école. Paris : ESF.
- Rey, B., Carette, V., Defrance, A. & Kahn, S. (2006). Les compétences à l'école : apprentissage et évaluation. Bruxelles : De Boeck.
- Rey, B., Marcoux, G., Tremblay, P. & Lecloux, S. (2006). Etude des pratiques de remédiation et de pédagogie différenciée dans le cadre de la mise en place des cycles (Rapport 1e année - Recherche n°116/05). Université Libre de Bruxelles, Service des Sciences de l'Education.
- Scruggs, M. M. (1988). What research says about textbooks. *Science and Children*, 25 (4), 24-25.
- Tulip, D., Cook, C (1991) A comparison of author intentions and student perceptions about textbook characteristics. *Research in Science Education*, 21, 313 – 319.
- Tulip, D., Cook, C (1992) The importance of selected textbook features to science teachers. *Research in Science Education*, 22, 91 – 100.
- Van Der Maren, J.-M. (2005). *La recherche appliquée en pédagogie. Des modèles pour l'enseignement*. Bruxelles : De Boeck.

Institut d'Administration Scolaire

Service de Méthodologie et
Formation

Professeur Marc Demeuse

Carré des Sciences

Service de Physique expérimentale
et biologique

Professeur Pierre Gillis

**DÉVELOPPEMENT D'OUTILS DE DIAGNOSTIC ET DE
REMÉDIATION IMMÉDIATE AU TRAVERS D'ACTIVITÉS
SCIENTIFIQUES AU PREMIER DEGRÉ DE L'ENSEIGNEMENT
SECONDAIRE**

Recherche 123/08

Rapport final (Annexes)

Septembre 2009

Céline Demierbe, Alexandra Franquet et Soizic Mélin

**Avec la collaboration d'Arnaud Dehon, Antoine Derobertmeasure, Francesco Lo Bue et
Stéphanie Malaise**

ANNEXE 1 – Introduction générale de la farde enseignant

1. Présentation générale

Cet outil est constitué d'un ensemble de documents et de matériel ayant comme objectif commun de permettre aux élèves de relever un défi. Ce défi est le prétexte permettant de développer des compétences disciplinaires en lien direct avec la démarche expérimentale comme par exemple : « rechercher et identifier des indices », « concevoir ou adapter une procédure expérimentale », « trier des éléments », « schématiser une situation expérimentale », « confirmer ou infirmer un raisonnement », « valider des résultats et éventuellement élaborer un concept ou un principe ». Des compétences transversales comme certaines compétences mentales, attitudes relationnelles ou encore des compétences motrices sont aussi visées.

Les thèmes abordés par les élèves lors de cette démarche sont *l'électricité* et *l'énergie*. Pour chacun de ces thèmes, les défis à relever sont respectivement la construction d'un jeu *électro*¹ et la construction d'une mini-éolienne destinée à alimenter une petite ampoule.

Chacun de ces deux défis permettra aux élèves de découvrir des notions théoriques spécifiques tout d'abord de manière implicite, lors de la construction proprement dite et ensuite de manière tout à fait explicite, lors de la mise en commun et de la synthèse. Dans les deux cas, la construction de l'objet vise à la compréhension de son fonctionnement mais constitue surtout un point de départ pour aborder ou étudier certains concepts en physique. Le concept d'énergie ne sera qu'effleuré, tandis que certains concepts en électricité comme ceux de circuits électriques ouverts ou fermés, conducteurs et isolants seront étudiés plus en profondeur.

Lors de la construction de l'objet, chaque groupe d'élèves organise sa démarche à son propre rythme, identifie ses difficultés et y remédie de la manière la plus autonome possible. Pour cela, chaque groupe dispose donc d'*outils* propres au défi choisi : la fiche de diagnostic (reconnaisable par ses *marguerites*), les fiches d'aide (dans lesquelles volontairement aucune piste directe n'est donnée en tant que telle. Les élèves ont droit à l'erreur, c'est ce droit qui leur permet de progresser de manière constructive et solide), les documents

¹ La construction du jeu électro fait normalement partie du programme d'éveil de l'enseignement fondamental mais nous avons pu constater que, même si cette expérience est effectuée dans l'enseignement primaire, les notions théoriques visées sont loin d'être acquises par les élèves entrant dans le secondaire. Cependant si vous le souhaitez, il vous est tout à fait loisible d'exploiter uniquement le thème de l'énergie. Les deux thèmes sont présentés de manière indépendante l'un de l'autre.

spécifiques (dossiers, reportage vidéo, ...), le lexique et la valisette contenant le matériel nécessaire (donnée seulement lorsque les élèves ont listé le matériel nécessaire).

Cette farde contient plusieurs parties. D'une part, elle est destinée aux enseignants et comporte deux parties distinctes : le premier dossier traite du thème I : l'électricité (construction du jeu *Electro*) tandis que le deuxième traite du thème II : l'énergie (construction de la mini-éolienne). Ces deux dossiers (électricité et énergie) sont uniquement destinés aux enseignants. Ils sont construits suivant des trames presque identiques : l'introduction (qui présente le défi et les outils disponibles pour les élèves), les notions théoriques (dans le cas de la construction du jeu électrique, certaines notions sortent du cadre du cours pour les élèves), quelques préconceptions générales répertoriées, des remarques à propos des fiches d'aide destinées aux élèves, une ébauche de synthèse possible (en classe, la synthèse dépend des différentes étapes par lesquelles sont passés les élèves, de leurs interrogations et remarques éventuelles), et enfin la bibliographie. D'autre part, les fiches d'aide pour les élèves, les deux fiches de diagnostic, les fiches de synthèse, les lexiques sont mis à disposition de l'enseignant et des élèves. Ces fiches sont présentées de manière à pouvoir être photocopiées dans l'éventualité où ces documents seraient égarés par les élèves. De plus, une série de dossiers offrent des informations supplémentaires sur les thèmes abordés (les différentes ampoules électriques, les piles, les centrales électriques, les éolienne...).

Afin de simplifier la manipulation de cet outil, les icônes suivantes sont utilisées. Elles servent à attirer l'attention de l'enseignant, le conseiller ou lui rappeler des informations importantes.



Rappel



Attention



Information



Les informations similaires aux deux thèmes sont également encadrées et ainsi mises en évidence.

2. L'organisation du travail en classe

L'organisation dans la classe peut suivre le planning suivant (il est évident que chaque enseignant l'adaptera suivant ses contraintes propres : horaire, logistique...) :

2.1. Plan

L'enseignant présente le *défi* aux élèves.

Les élèves font un premier schéma.

Les élèves :

- forment les groupes ;
- consultent certains documents d'aide ;
- discutent entre eux ;
- dessinent un *schéma commun* qui leur servira de base pour la construction ;
- remettent la liste du matériel qui leur semble nécessaire pour entreprendre la construction.

L'enseignant présente les outils (fiches d'aide et de diagnostic, dossiers, matériel,...) aux élèves.

L'enseignant :

- donne le matériel ;
- veille à la bonne organisation de la classe (calme, respect, déplacement des élèves...) ;
- se limite à relancer l'avancement par le questionnement.

Les élèves :

- travaillent par groupes, discutent, argumentent ;
- progressent dans leur construction et dans la découverte de notions théoriques, grâce à une série d'aller et retour construction -fiche de diagnostic et fiches d'aide.

Une fois, l'objet (jeu ou éolienne) construit :

Les élèves

- se séparent ;
- réalisent un nouveau schéma individuel en servant, si nécessaire, des fiches d'aide appropriées et du montage réalisé.

3^{ème} partie - environ 1 période

L'enseignant :

- propose aux élèves d'expliquer leurs schémas respectifs ;
- la synthèse se fait à partir des synthèses individuelles des élèves.

2.2. Description des différentes étapes

Le défi

L'enseignant annonce le défi aux élèves : soit construire une mini-éolienne destinée à alimenter une petite ampoule électrique, soit construire un jeu *électro*.

Le premier schéma - ou dessin – individuel

La construction du jeu *électro* : l'enseignant demande aux élèves de faire un premier schéma, individuellement, de manière à représenter concrètement leurs conceptions initiales existantes avant de démarrer réellement le projet. A ce stade, les élèves ne réalisent pas un schéma mais un dessin qui reste souvent une vue extérieure de l'objet à construire, ce qui est tout à fait normal ! Cependant cette différence devra être bien comprise par les élèves en fin de projet.

La construction de la mini-éolienne : toujours dans le but de représenter concrètement leurs conceptions initiales, l'enseignant demande aux élèves de faire individuellement un premier dessin de leur future construction. Cette fois, il s'agit d'un dessin cette fois et non plus d'un schéma car si dans le cas du jeu électrique le schéma a sa justification, ce n'est pas le cas pour l'éolienne.

Le schéma - ou dessin – commun

L'enseignant constitue des groupes de trois élèves. Cette estimation reste bien évidemment à l'appréciation de chaque enseignant, elle permet de pallier à l'absence d'un élève ou à l'inactivité d'un élève dans un groupe trop important mais elle n'est en aucun cas imposée. L'objectif de cette activité est la confrontation des représentations des élèves. Dans la formation des groupes, il est important de mélanger le niveau des élèves en veillant à compléter les compétences des uns par celles des autres, ... Dans ces groupes, les élèves expliquent leurs représentations personnelles, interagissent, argumentent, prennent conscience que chacun peut apporter sa pierre à l'édifice. A la fin de la discussion, les élèves doivent parvenir à construire un schéma commun et constituer la liste du matériel qui leur sera nécessaire.

L'expérimentation

Les élèves construisent l'objet souhaité. Cette étape permet d'évaluer le schéma élaboré en commun ainsi que de tester les différents paramètres (dans le cas de la mini éolienne : les hélices, les générateurs, les ampoules... ; et dans le cas du jeu *électro* : les piles, les ampoules, le choix des conducteurs...).

Les deux défis sont de niveaux conceptuels et pragmatiques différents. Lorsque les élèves ont compris comment tester un paramètre à la fois, la construction proprement dite de la mini-éolienne est relativement simple alors que la construction du jeu *électro* demande davantage de soin et de temps. Par contre appréhender le concept d'énergie est d'un niveau de difficulté bien supérieur aux concepts en lien avec l'électricité.

Pour relever ces défis les élèves ont à leur disposition différents outils : la grille d'autodiagnostic, les fiches d'aide, le lexique ainsi que des petits dossiers reprenant quelques informations qui peuvent s'avérer utiles).

- *La grille de diagnostic (intitulée « Je me pose des questions » pour les élèves)*

La grille de diagnostic permet aux élèves de sérier les difficultés rencontrées au moment où elles apparaissent. Chaque élève en possède une, chaque élève peut donc faire son propre diagnostic (autodiagnostic). Néanmoins, les élèves peuvent également diagnostiquer leurs difficultés entre pairs ou avec l'enseignant. Les élèves peuvent consulter la grille de diagnostic à tout moment. Il faut d'ailleurs inciter les élèves à la consulter le plus souvent possible car cela n'est pas naturel pour eux. Dans les premiers temps de l'expérience, il peut être difficile pour les élèves de gérer simultanément l'organisation générale du groupe et du travail ainsi que l'utilisation de tous les indices (la grille de diagnostic et les fiches d'aide)

La grille de diagnostic est composée de cinq « *marguerites* » différentes. Quatre de ces *marguerites* correspondent à un type particulier de difficulté que l'élève est susceptible de rencontrer. Ainsi, si la difficulté est de l'ordre de la construction pure, l'élève situe sa question dans la *marguerite* bleue (repérée par une main qui tient une *clé anglaise* ). Si le problème se situe dans le choix d'un composant plutôt qu'un autre, la question correspond à la *marguerite* jaune (repérée par un personnage qui est à la *croisée de plusieurs chemins* ). La *marguerite* verte reprend les questions d'ordre plus conceptuel (le personnage a une *loupe en main* ). Ces dernières questions permettent à l'élève de faire le lien entre la construction de l'objet et les notions de physique sous-jacentes. Elles permettent également d'amener progressivement l'élève vers la future synthèse. Les pannes sont repérées sur la *marguerite* rouge (le logo représente un *élément*

récalcitrant ). La cinquième *marguerite*, blanche, permet à des élèves qui ont fini la construction de prolonger le projet en allant un peu plus dans les détails des différents composants. Son logo représente un *coureur franchissant la ligne d'arrivée* .

Ce que nous résumons dans le tableau suivant :

La difficulté est ...	Le logo	La signification
... manuelle.		La main qui tient une <i>clé anglaise</i> indique bien un travail manuel.
...de l'ordre du choix d'un composant.		Le personnage qui est à la croisée de plusieurs chemins se pose des questions quant au chemin à choisir, il s'agit donc d'un choix.
... de l'ordre de la compréhension et de la découverte de concept et de l'élaboration de la synthèse.		Le personnage a une <i>loupe en main</i> , regarde les choses d'une autre manière. Des concepts peuvent être introduits et des classifications peuvent s'ébaucher.
... de réparer une panne.		L'élément <i>récalcitrant</i> est la panne qu'il faut identifier et qu'il faut corriger.
L'opportunité ...		
... d'aller plus loin.		Le coureur coupe la ligne d'arrivée. Les élèves qui le souhaitent peuvent découvrir certains composants du circuit électrique plus en détails.

Chaque fiche d'aide répondant à une difficulté ciblée sera marquée par le même logo que celui figurant sur la *marguerite* correspondante.

- *Les fiches d'aide*

Les fiches d'aide se veulent être, comme leur nom l'indique et comme nous venons de l'expliquer dans le paragraphe précédent, une réponse aux difficultés que rencontrent

les élèves. Elles sont à consulter sans modération et dans n'importe quel ordre par les élèves.

Aucune fiche ne donnera LA réponse immédiatement exploitable pour construire l'objet ; Chacune des fiches complète les autres de manière à pallier, normalement, à toutes les difficultés des élèves. Elles proposent des activités ou des réflexions qui permettent à l'élève de surpasser la difficulté rencontrée à ce moment spécifiquement.

Au moment voulu, nous insisterons sur l'importance de fiches spécifiques à chaque construction. Ces fiches ne seront probablement pas nécessaires aux élèves pour la construction proprement dite de l'objet mais elles sont importantes pour la découverte de certaines notions théoriques : circuits électriques ouverts ou fermés, conducteurs et isolants pour le jeu *électro* ou les transformations d'énergie pour la mini-éolienne. Il est donc important d'attirer l'attention des élèves sur ces fiches, qui pourraient passer inaperçues, de manière à ce que cette construction soit bien le tremplin pour la découverte de nouveaux concepts.

Toutes les fiches sont imprimées en format A5 de manière à ne pas décourager les élèves par des textes trop longs. Elles sont classées en fonction des différents logos. Chaque logo correspondant un type de difficulté particulier. Ainsi les fiches avec le logo de la main qui tient la *clé anglaise* donnent des conseils concrets comme par exemple dénuder convenablement un fil électrique ou attacher une hélice. Les fiches repérées par le *personnage se demandant quel choix faire* proposent des tableaux comparatifs à compléter pour choisir dans le matériel proposé : quelle ampoule électrique ?, quelle pile ?, quelle hélice ?... Les fiches *signalées par le personnage qui regarde avec une loupe* introduisent certains concepts : schéma-dessin d'un circuit électrique ouvert ou fermé, les transformations d'énergie... Les fiches marquées du *petit diable* permettent de diagnostiquer la panne et d'y remédier tandis que les fiches *ligne d'arrivée* explorent l'intérieur d'une pile ou d'un moteur, un autre modèle de jeu...

Dans la classe, les fiches d'aide doivent se trouver sur une table, au centre de la pièce. Tous les groupes doivent pouvoir y avoir accès facilement. Elles se trouvent dans des enveloppes numérotées et repérées par leur logo. Chaque enveloppe contient une petite dizaine de fiches identiques. Par exemple, pour la construction du jeu *électro*, l'enveloppe n°6 contient les fiches n°6 et porte le logo du personnage qui cherche son chemin. Ainsi le groupe, ou l'élève, qui se pose la question « Avec quel matériau allons-nous raccorder la question à sa réponse ? » va chercher cette fiche dans l'enveloppe n°6. Une fois la réponse trouvée, la fiche doit être remise dans l'enveloppe.

- *Le lexique*

Les élèves qui ne connaissent pas le nom d'un objet peuvent l'identifier en utilisant le lexique, d'autres qui ne connaissent pas la signification d'un mot, peuvent l'y trouver aussi. Le lexique joue le rôle de trait d'union entre un vocabulaire qui se veut scientifique « pour débutant » et le vocabulaire quotidien employé par tout un chacun.

Le deuxième schéma ou dessin – individuel

Une fois l'objet construit, chaque élève réalise une nouvelle représentation. Si l'enseignant n'a pas insisté sur l'importance de la différence entre le dessin et le schéma, ou si l'élève n'a pas différencié les deux mots, il s'agira toujours d'un dessin. En effet, il est compréhensible que cette nuance n'ait pas été décelée par les élèves étant donné que les conventions utilisées pour représenter un circuit électrique ne sont pas nécessaires à la construction de celui-ci ! Il convient donc d'insister sur cette distinction lors de la synthèse. Les élèves qui sont toujours au stade du dessin utiliseront les fiches d'aide correspondantes et, en suivant les conventions, réaliseront cette fois un schéma.

La synthèse

- *Construction de la synthèse*

La synthèse collective se construira avec l'aide de l'enseignant à partir des synthèses personnelles de chaque élève. Questionnés par l'enseignant, les élèves pourront apporter chacun, et dans la mesure de leurs compétences et connaissances, leur propre pierre à l'édifice. Elle reprendra le schéma final (ou dessin dans le cas de l'éolienne) de la construction et les notions acquises en cours de projet.

- *L'évolution des schémas ou dessins*

A ce stade, Il est important que les élèves prennent conscience de l'évolution de leurs représentations en comparant les dessins « avant » et « après » expérimentation. Les dessins ont-ils évolué ou sont-ils identiques ? S'agit-il encore d'une vue extérieure ou d'une vue intérieure de l'objet ? Celui-ci est-il vu sous le même angle ? La légende est-elle différente ? Le dessin est-il soigné, détaillé, complet ? Les commentaires ajoutés sont-ils identiques à ceux employés en premier jet ? ...

- *Si la notion de schéma n'est pas encore acquise :*

Lorsque la représentation au travers d'un schéma n'est pas acquise, l'élève va consulter les fiches d'aide correspondantes et découvre les différentes conventions utilisées en

électricité. Une fois ces conventions assimilées, il les incorpore à sa représentation. Après discussions, la classe arrive à un nouveau consensus et construit le schéma final.

- *Les notions en physique*

Jusqu'à la mise en commun, même si l'élève a pris conscience qu'il était nécessaire que certaines conditions *sine qua non* soient respectées pour que le défi proposé puisse être relevé, aucune notion physique n'a été évoquée explicitement. C'est le moment, pour l'enseignant, de s'assurer que les notions telles que circuit électrique ouvert ou fermé, isolant ou conducteur électriques, générateur et récepteur électriques sont bien présentes dans l'esprit des élèves, de les faire émerger et de les ancrer dans la synthèse. Pour la construction de la mini-éolienne, la situation est plus fragile. Le découpage du montage de l'éolienne en une chaîne d'éléments ayant chacun une action sur le suivant, l'analyse de ces actions et des transferts qui s'effectuent entre les éléments ainsi que les transformations d'un type d'énergie en un autre type, sont des notions accessibles pour les élèves de début de secondaire... Mais le concept d'énergie, quant à lui, ne sera qu'effleuré pour la première fois ici. Il s'agit d'un des concepts les plus difficiles à appréhender et il est bien évident qu'il faudra que l'élève le redécouvre plusieurs fois lors de son cursus pour vraiment se l'approprier !

La valise

Cette valise contient l'essentiel du matériel nécessaire aux élèves pour relever les deux défis : la construction de la mini-éolienne et la construction du jeu *électro*.

Les élèves trouveront donc dans chaque coffret : deux ampoules différentes avec leurs supports respectifs, un moteur, une hélice d'aéromodélisme et sa fixation, des fils de connexion...

Du matériel commun aux deux expérimentations (à placer au centre de la classe, avec les fiches d'aide et les dossiers) est également fourni : tournevis, pinces à dénuder, lampe dynamo, dynamo de bicyclette, ventilateur d'ordinateur et piles.

Les élèves qui construisent le jeu *électro* devront prévoir du papier collant, de la colle, du papier aluminium, des attaches parisiennes (deux par paire de *question-réponse*) et une feuille carton (comme un fond de bloc de feuilles par exemple). Cette construction nécessitant moins de matériel spécifique que pour l'éolienne (pas d'hélice, de moteur, de bouchon, de dynamo de bicyclette ou de lampe dynamo), il est possible de fournir uniquement les composants nécessaires pour le thème de l'électricité, à voir par l'enseignant.

Vous trouverez en fin de dossier, une liste de magasins spécifiques dans lesquels il est possible de trouver du matériel particulier comme les hélices, les générateurs, dynamo, et matériel « périssable »...

Le timing conseillé

La meilleure répartition horaire serait un découpage en quatre à cinq périodes².

- Le défi, le premier schéma individuel et le schéma collectif : environ 1 période
- La présentation des outils, la construction proprement dite et le deuxième schéma individuel : environ 2 périodes
- La mise en commun pour toute la classe : environ 1 période.

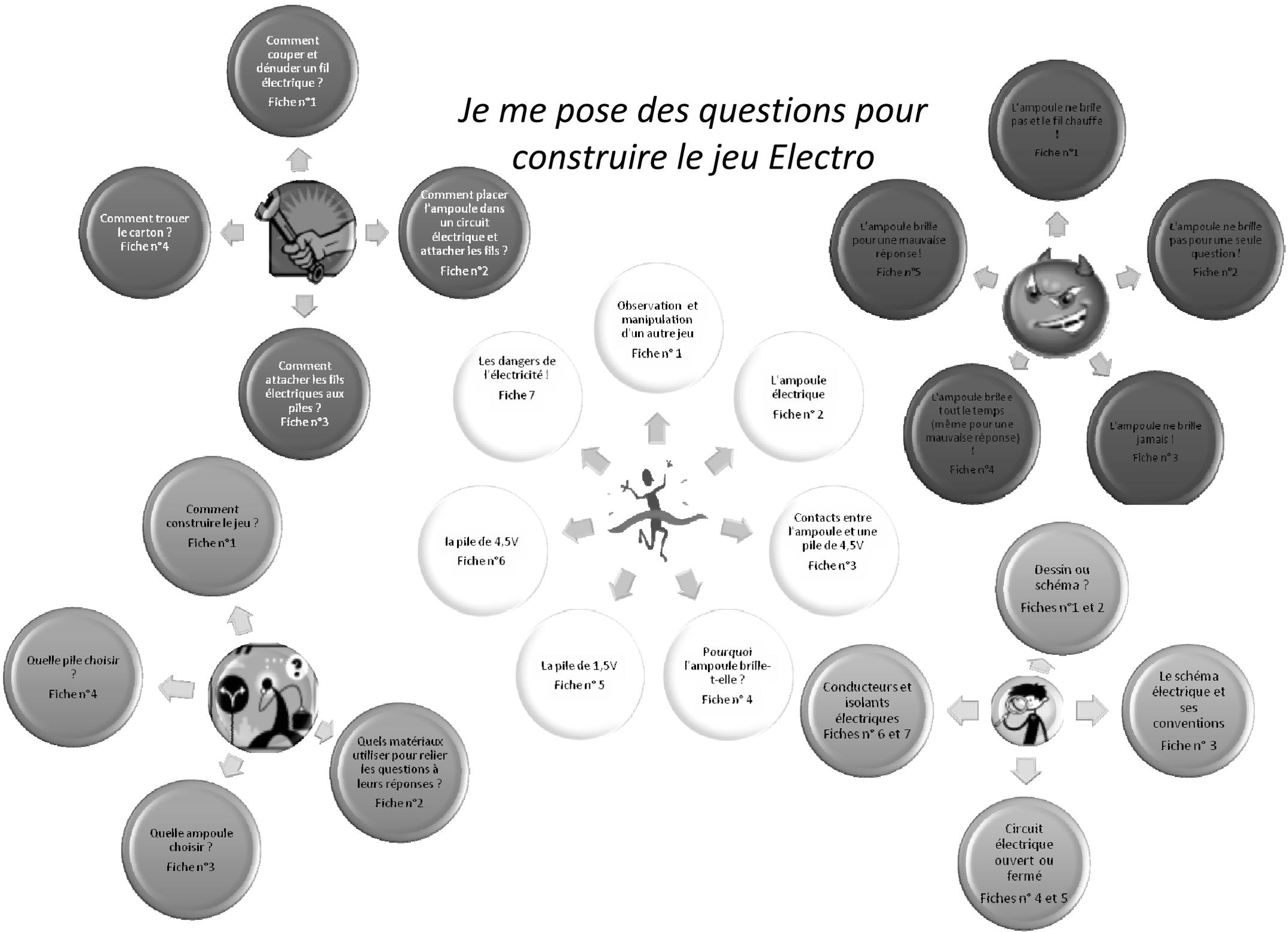
² Ce timing est bien évidemment donné à titre indicatif. Il est possible de consacrer davantage de temps à chacun de ces sujets ... mais nous connaissons tous les contraintes du programme ! Par contre, lui consacrer moins de temps ne permettrait pas d'en exploiter toute la richesse.

ANNEXE 2 – Fiches autodiagnostiques

Construction du jeu Electro

<p>Tu ne sais pas comment dénuder un fil, attacher une ampoule, tu as besoin d'un conseil pratique ...</p>	<p>... consulte la marguerite repérée par le logo...</p>		
<p>Tu ne sais pas comment organiser ton travail ou quels choix faire dans le matériel ...</p>	<p>... consulte la marguerite repérée par le logo...</p>		 <p>Nous attirons ton attention sur ces fiches.</p>
<p>Tu ne sais pas ce qu'est un schéma, un circuit électrique fermé, un isolant électrique ...</p>	<p>... consulte la marguerite repérée par le logo...</p>		 <p>Nous attirons ton attention sur ces fiches.</p>
<p>Tu veux corriger une panne ...</p>	<p>... consulte la marguerite repérée par le logo...</p>		
<p>Tu as fini ta construction et tu veux en savoir plus ...</p>	<p>... consulte la marguerite repérée par le logo...</p>		

Je me pose des questions pour construire le jeu Electro



Construction de la mini-éolienne

Tu ne sais pas comment dénuder un fil, attacher la LED, tu as besoin d'un conseil pratique consulte la marguerite repérée par le logo...		
Tu ne sais pas comment organiser ton travail ou quels choix faire dans le matériel, consulte la marguerite repérée par le logo...		 <p>Nous attirons ton attention sur ces fiches.</p>
Pour que tes connaissances soient complètes découvre les transformations d'énergie, consulte la marguerite repérée par le logo...		 <p>Nous attirons ton attention sur ces fiches</p>
Tu veux corriger une panne, consulte la marguerite repérée par le logo...		
Tu as fini ta construction et tu veux en savoir plus, consulte la marguerite repérée par le logo...		

Je me pose des questions pour construire la mini éolienne

Annexe 2



ANNEXE 3 - Dossier enseignant (Electricité)

Sommaire

Introduction.....	1
1. Les compétences visées	1
1.2. Le défi	2
1.3. Les deux schémas individuels, le schéma de groupe et le schéma de synthèse ...	2
1.4. La fiche de diagnostic : « Je me pose des questions sur la construction du jeu»..	3
1.5. Les fiches d'aide	3
1.6. La mallette de matériel	4
1.7. Le timing	4
1. Quelques notions théoriques.....	5
2.1. La notion de circuit électrique	5
2.2. La matière.....	5
2.3. Conducteurs – isolants électriques	6
2.4. Le courant électrique	6
2.5. Sens réel – sens conventionnel du courant électrique	7
2.6. Circuit ouvert – circuit fermé	8
2.7. Les conventions.....	8
2.8. Intensité électrique	10
2.9. Tension électrique.....	10
2.10. La résistance électrique.....	11
2.11. Montage en parallèle et en série	11
2.12. Les dangers de l'électricité.....	12
2. Quelques préconceptions erronées.....	15
3. Quelques difficultés rencontrées par les élèves lors de la construction du jeu :	19
4. Les fiches de remédiation (intitulées fiches d'aide pour les élèves)	22
5.1. Les fiches <i>construction</i>	23
5.2. Les fiches <i>organisation et choix des paramètres</i>	23
5.3. Les fiches <i>concepts</i>	24
5.5. Les fiches <i>pour aller plus loin</i>	30
5. Synthèse - Le jeu « électro »	31
6.1. Faisons le point !	31
6.2. Exemple de dessin du jeu :	33
6.3. Schémas électriques correspondants (en utilisant les conventions électriques de la fiche n°11) :	34
5.4. Nous avons appris que :	34
Bibliographie et sites Internet.....	35

Introduction

La construction de ce jeu, considéré par certains comme un peu désuet, interpelle plus d'un élève et parfois même plus d'un adulte ! Même si parfois elle est réalisée dans l'enseignement primaire, elle semble assez vite oubliée par les élèves et mérite donc que l'on y revienne encore une fois. En effet, cette construction est intéressante à bien des points de vue : elle requiert certaines habilités manuelles, oblige le recours à la démarche scientifique et permet de découvrir des concepts nouveaux tels que le circuit électrique ouvert ou fermé, les conducteurs ou isolants électriques...

1. Les compétences visées

Par le biais de la construction du jeu *électro*, les savoir-faire visés sont :

Compétences disciplinaires :

- L'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices susceptibles d'influencer la situation envisagée.
- Concevoir ou adapter une procédure expérimentale pour analyser la situation en regard de l'énigme. Imaginer et construire un dispositif expérimental simple.
- Comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique.
- Schématiser une situation expérimentale.
- Confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés.
- Valider des résultats de recherche.
- Elaborer un concept, un principe.

Compétences transversales :

- Démarches mentales : saisir, traiter, mémoriser, utiliser et communiquer l'information.
- Manières d'apprendre : réflexion sur la méthode de travail, planifier une activité, utiliser des outils de travail, des documents de référence.
- Attitudes relationnelles : se connaître, prendre confiance, connaître les autres et accepter les différences.

Par le biais de la construction du jeu électro, les savoirs visés sont :

L'énergie :

L'électricité :

- Le circuit électrique simple.
- Bons et mauvais conducteurs.

1.2. Le défi

Si certains élèves disent qu'il s'agit d'un jeu pour enfants, il est possible de leur répondre que oui, le jeu est prévu pour les enfants mais que sa construction et la compréhension de son fonctionnement est du ressort des plus grands !

Les *outils* mis à la disposition des élèves sont :

- un jeu *électro* acheté dans le commerce ;
- le lexique ;
- des fiches d'aide et la grille de diagnostic intitulée « *Je me pose des questions sur la construction du jeu* ».

Tous les outils ne sont pas nécessaires à tous les élèves, cependant ils sont présents pour aider les plus démunis.

1.3. Les deux schémas individuels, le schéma de groupe et le schéma de synthèse

La nécessité des schémas se justifie de deux manières :

- Dans la mesure du possible, il vaut mieux avoir les idées claires avant de commencer toute construction quelle qu'elle soit. Un architecte qui veut bâtir une maison, commence par dessiner un plan ! Ce schéma exige une certaine mise au point avant de démarrer le projet.
- La comparaison de ces schémas permettra aux élèves de prendre conscience de l'évolution de leurs connaissances personnelles.

Les élèves sont d'abord invités à faire un premier schéma individuel du jeu avant de le construire et de lister le matériel nécessaire à sa construction. Cette première étape leur permet de mettre sur papier leurs représentations dans le but de les confronter avec celles des autres élèves.

Ensuite, les élèves se regroupent (en moyenne trois élèves par groupe) afin de discuter, d'argumenter et de convenir d'un schéma commun et d'une liste de matériel.

Une fois le jeu construit, chaque élève réalisera à nouveau son schéma personnel. La comparaison des schémas individuels « avant » et « après » permet aux élèves de mesurer si une évolution de leurs représentations s'est amorcée. Si une progression est observée, l'élève pourra examiner dans quel sens ces changements se sont opérés tandis que si aucune évolution n'est constatée, il s'agira de comprendre pourquoi.



Les schémas sont les seules étapes imposées aux élèves. La réflexion est menée par chaque groupe, indépendamment de celle des autres.

1.4. La fiche de diagnostic : « Je me pose des questions sur la construction du jeu »



La fiche de diagnostic permet aux élèves de s'inscrire les difficultés rencontrées au moment où elles apparaissent. Les élèves peuvent la consulter à tout moment.

Cette fiche est composée de différentes *marguerites* correspondant chacune à une difficulté précise. Ainsi, si la difficulté est de l'ordre de la construction pure du jeu, l'élève situe sa question dans la *marguerite* repérée par *la main tenant la clé anglaise*. Si la difficulté est de l'ordre du choix du matériel l'élève cherchera sa question dans la *marguerite* jaune marquée du *personnage qui se trouve devant un choix*. Si l'élève se pose des questions sur la schématisation, sa question se situe dans la *marguerite* verte repérée par *la main tenant la loupe*. Le jeu en voie de construction, ou complètement construit, peut présenter des pannes particulières. L'élève consulte alors la *marguerite* rouge ciblée par le *petit diable*. Finalement, un groupe qui aurait fini sa construction avant les autres peut découvrir un autre jeu (docteur maboul basé sur le même principe) ou approfondir certaines notions (le passage du courant électrique dans l'ampoule). Il travaille alors avec la *marguerite* au centre de laquelle se trouve le *personnage qui franchit la ligne d'arrivée*.

1.5. Les fiches d'aide

Chaque fiche d'aide répondant à une difficulté ciblée possède le logo de la *marguerite* correspondante. Les fiches d'aide marquées par la *clé anglaise* donnent des conseils concrets, comme par exemple dénuder convenablement un fil électrique. Les fiches d'aide marquées par *personnage qui se trouve devant un choix* expliquent comment choisir entre les deux composants proposés. Un élève qui ne sait pas quelle convention choisir pour réaliser son schéma consultera une des fiches repérées par *la main tenant la loupe* ...

1.6. La mallette de matériel

-  Les éléments essentiels figurent dans la valise à savoir : une petite ampoule³ à incandescence et son support, une pile rechargeable, une trentaine de centimètres de fil électrique avec sa gaine plastique (à dénuder).

Les outils sont regroupés sur la table centrale (sur laquelle se trouvent également les fiches d'aide et les dossiers). Il s'agit de pinces à dénuder et de tournevis.

De plus, avant cette séance, l'enseignant aura demandé aux élèves d'apporter : du papier collant, de la colle, des ciseaux, du papier aluminium, une ou plusieurs (réserve en cas de souci au niveau du montage) feuilles blanches afin de noter les questions-réponses, un carton format A4 (pas trop épais afin de pouvoir y passer les attaches parisiennes – ex : fond de bloc de feuilles) et une dizaine d'attaches parisiennes et si possible un chargeur de batteries.

Attention : l'enseignant doit penser à recharger les piles !

Le matériel à remplacer peut être acheté ou trouvé sans difficultés : les ampoules (magasin d'éclairage pour les ampoules de 1,35V) et piles (magasin de bricolage), le papier, colle et attaches parisiennes (grandes surfaces), les cartons peuvent être remplacés par des fonds de blocs de feuilles ou caisses d'emballage des blocs de feuilles pour imprimantes.

Si les élèves prennent des notes, il faut prévoir soit un cahier d'expériences, appelé aussi cahier, soit des feuilles de classeur.

1.7. Le timing

Suivant l'objectif visé et suivant les disponibilités, il est conseillé de prévoir environ quatre ou cinq périodes :

- 1^e période : annonce du défi – premier schéma individuel — schéma commun
- 2^e et 3^e périodes : présentation des outils : la grille d'autodiagnostic, les fiches d'aide et du lexique et construction proprement dite
- 4^e période : explication des conventions en électricité – deuxième schéma individuel
- 5^e période : comparaison des deux schémas et synthèse

³ Il est possible de compléter le matériel par une ampoule d'un voltage différent (ex : 3,5V que l'on trouve chez Brico) pour que les élèves prennent conscience de l'importance du choix de l'ampoule.

1. Quelques notions théoriques

Les quelques pages qui suivent ont comme objectif de reprendre, dans les grandes lignes les quelques notions théoriques abordées lors de la construction du jeu *électro*. Il est bien évident que ces quelques mises au point ne seront pas toutes nécessaires pour répondre aux questions de la plupart des élèves mais elles le sont, pour nous enseignants, afin de comprendre ce qui se passe à l'intérieur du circuit. Elles permettront peut-être aussi d'anticiper des questions plus « embarrassantes » posées par des élèves curieux. Enfin elles donnent également quelques conseils concrets pour la réalisation du circuit.

2.1. La notion de circuit électrique

Il est possible d'introduire la notion de circuit d'une manière générale : il s'agit toujours d'un itinéraire pour lequel le point de départ et le point d'arrivée sont confondus. Il y a par exemple des circuits automobiles, des circuits touristiques et ... des circuits électriques.



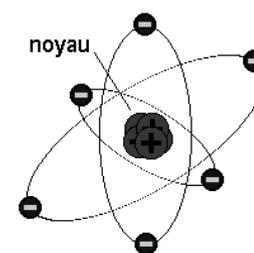
Le circuit électrique est constitué du générateur électrique (en général une pile), du ou des récepteur(s) (dans notre cas, l'ampoule électrique), des conducteurs (dans le cas du jeu : les fils électriques ou le papier aluminium, cela dépendra de la solution que choisira l'élève) et de l'interrupteur (ici en l'occurrence, la jonction, entre la question et la réponse).

Si l'ampoule brille, c'est parce que dans le circuit électrique circulent des petites particules : les électrons. Pour caractériser ces électrons, une brève incursion dans la matière est nécessaire.

2.2. La matière

Quand nous cassons un morceau de craie, nous obtenons des petits morceaux de craie. Plus nous cassons ces morceaux, plus ils deviennent petits. Si nous pouvons les casser encore d'avantage, nous obtenons des *molécules* et ensuite des *atomes*.

A l'intérieur de l'atome se trouve le cœur : le *noyau*. Le noyau de l'atome contient des petites particules chargées positivement : les *protons* et d'autres particules qui ne sont pas chargées électriquement : les *neutrons*. Le noyau porte donc une charge électrique positive. Il est petit et lourd, c'est là que se trouve l'essentiel de la masse de l'atome. Il se déplace donc difficilement.



⊖ électrons

⊕ protons

<http://energies2demain.com>

Autour de ce noyau se trouvent les électrons. Ces électrons, qui portent une charge électrique négative, sont légers (environ deux mille fois plus légers que les protons). En général, ils sont plus mobiles que les noyaux et peuvent parfois circuler presque librement dans le matériau.

2.3. Conducteurs – isolants électriques

Les matériaux *conducteurs* sont faits de matière constituée d'atomes dans lesquels une partie des électrons peut être mise en mouvement facilement (on parle alors d'« électrons libres »). Les métaux (le fer, le cuivre, l'aluminium, l'or...) sont de bons conducteurs électriques. L'eau (non distillée) est aussi, malheureusement, un relativement bon conducteur électrique. Nous disons malheureusement car nous pensons aux risques d'électrocution.

La matière qui constitue les *isolants*⁴ contient des d'atomes dans lesquels les électrons restent liés à « leur » noyau. Tous les plastiques, les caoutchoucs, le verre ou encore le bois sont de bons isolants.

Ainsi dans l'ampoule électrique⁵, le filament, le support du filament, le culot ou vis en laiton et le plot sont conducteurs. L'ampoule de verre, la perle de verre et l'isolant sont ... isolants.

2.4. Le courant électrique

Si l'énergie (fournie par une pile par exemple) est suffisante et si le circuit est fermé, les électrons libres peuvent se déplacer de manière ordonnée : chaque électron repousse l'électron qui est juste à côté de lui (car de même charge électrique). Ce dernier va, à son tour, repousser son voisin et ainsi, de proche en proche, les électrons vont se mettre en mouvement : c'est le *courant électrique*. Ce phénomène est un peu identique à une locomotive qui pousserait le wagon qui la précède, ce wagon pousserait à son tour le wagon qui le précède qui lui-même...

⁴ Le mot *isolant* vient du latin *insula* qui veut dire « île » d'où la notion d'isolement.

⁵ Voir le schéma de l'ampoule dans l'annexe n°1

2.5. Sens réel – sens conventionnel du courant électrique

Il est important de remarquer que le sens représenté sur tous les schémas est le sens contraire au sens réel de déplacement des électrons dans le circuit.

Le sens conventionnel

L'analogie hydraulique est employée par les scientifiques pour expliquer la circulation du courant électrique. Dans cette analogie, le courant électrique est comparé à l'écoulement de l'eau de la rivière.

Dans la nature la rivière s'écoule du niveau « haut » vers le niveau « bas ». Il a donc été assez logique à l'époque de continuer l'analogie : le niveau haut de la rivière correspond à la borne positive de la pile et le niveau bas de la rivière correspond à la borne négative de la pile.

Donc dans ce type de raisonnement les scientifiques en étaient arrivés à penser que le courant circule de la borne positive à la borne négative à l'extérieur de la pile.

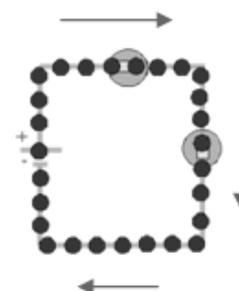
Le sens réel

La plus grande borne d'une pile de 4,5V (ou le dessous d'une pile crayon) présente un excès d'électrons. On l'appelle d'ailleurs la borne négative (-).

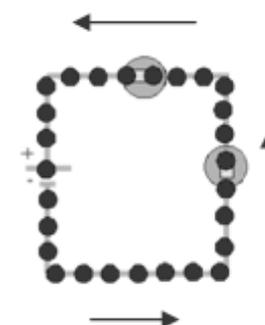
La plus petite borne d'une pile de 4,5V (ou le dessus d'une pile crayon – partie qui présente un relief) présente moins d'électrons. On l'appelle la borne positive (+).

Lorsque la pile en bon état il y a, à l'intérieur, une réaction chimique qui engendre un mouvement des électrons.

Les charges de même signe se repoussant, les électrons fournis par la borne négative vont aller, si on leur en donne la possibilité, le plus loin possible de cette borne négative et vont migrer vers la borne positive. Il s'agit du sens réel de déplacement des électrons dans le circuit.



<http://images.google.be>

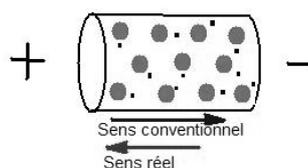


<http://images.g>

Le sens conventionnel choisi historiquement pour dessiner le trajet des électrons est donc contraire au sens réel !

Et maintenant ?

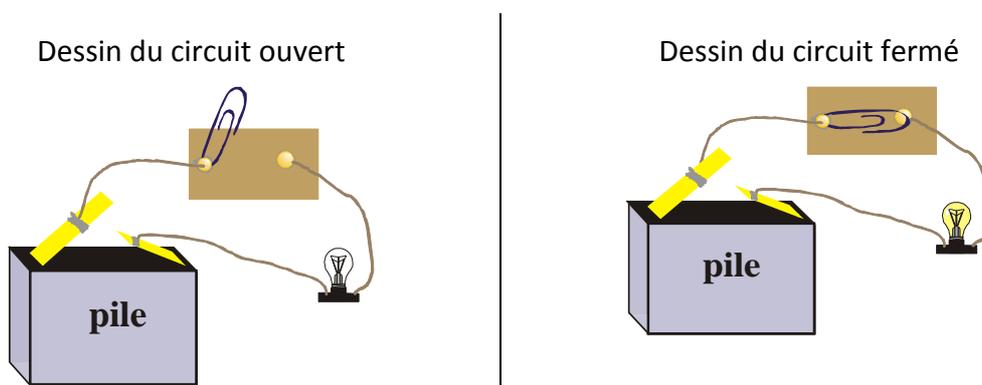
A l'heure actuelle on sait que le courant est constitué d'électrons qui circulent de la borne négative vers la borne positive. Néanmoins, sur un dessin ou un schéma, on dessinera le sens retenu historiquement comme conventionnel à savoir opposé au sens réel : la convention comptabilise le débit de charges positives.



http://exam2ham.free.fr/donnees/images/sens_courant.jpg

2.6. Circuit ouvert – circuit fermé

Un des circuits les plus simples, mis à part le circuit ne contenant que la pile et l'ampoule, est le circuit dessiné ci-dessous. Suivant la position de l'interrupteur (ici le trombone qui fermera ou ouvrira le circuit en basculant sur la tête d'une attache parisienne fixée sur un morceau de carton), le circuit est soit ouvert, soit fermé. Dans le cas où le circuit est ouvert, les électrons ne peuvent pas circuler. Le courant ne peut passer, l'ampoule reste éteinte. Lorsque le circuit est fermé et que les différents éléments (ampoule, pile et contacts) sont en bon état, le courant passe et l'ampoule brille.

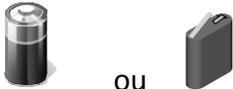


2.7. Les conventions

La distinction entre le dessin et le schéma est importante. Le dessin est personnel : il est possible qu'un même objet, dessiné par deux personnes différentes, corresponde à deux

dessins différents. Une phase d'uniformisation des symboles est donc nécessaire. Ainsi, chaque dessin peut être compris de tous.

En sciences et plus particulièrement en électricité, des symboles conventionnels ont été choisis. En voici quelques exemples :

Le nom	Le dessin	Le symbole conventionnel
La pile (générateur)	 ou	
L'ampoule électrique		
Les fils conducteurs		
L'interrupteur ouvert		
L'interrupteur fermé		

Avec ces conventions, les deux dessins ci-dessus deviennent les schémas suivants :

Schéma du circuit électrique ouvert

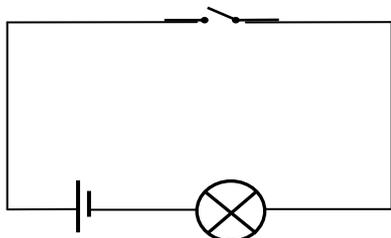
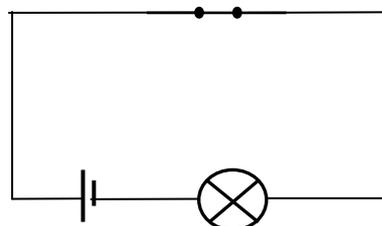


Schéma du circuit électrique fermé



2.8. Intensité électrique

L'intensité du courant est la quantité de charge positive qui passe à un endroit donné pendant un temps considéré ; ce qui revient à compter le nombre d'électrons qui passent à cet endroit. Il s'agit du débit d'électrons qui circulent dans le circuit.

Dans le SI (Système International), l'unité d'intensité électrique est l'Ampère - noté A (du nom du mathématicien et physicien français qui inventa le premier télégraphe électrique – voir annexe). Par exemple certains fusibles dans la maison permettent le passage de 10A.

L'appareil qui mesure l'intensité électrique est l'ampèremètre (Ampère-mètre = qui mesure les Ampères). Puisque l'ampèremètre « compte » les électrons qui passent à un endroit donné, il doit être placé dans le circuit afin qu'il soit traversé par le courant électrique.

Il est possible de faire l'analogie suivante avec les élèves, les électrons peuvent être comparés aux voitures qui tournent sur un circuit automobile fermé. L'ampèremètre correspond alors, dans cette analogie, à une personne qui, postée à un endroit du circuit et munie d'un chronomètre, compte le nombre de voitures qui passent pendant un certain temps.

2.9. Tension électrique

La tension électrique d'un générateur est l'énergie que peut fournir ce générateur à chaque électron pour circuler dans le circuit.

L'unité de tension dans le SI est le Volt (noté V), en mémoire au physicien italien Volta (voir annexe), qui inventa la première pile électrique. Ainsi, placée dans un même circuit, une pile de 4,5V fournira d'avantage d'énergie à chaque électron qu'une pile de 1,5V.

L'appareil qui mesure la tension est un voltmètre (Volt-mètre = qui mesure les Volts). Le Voltmètre doit perturber le moins possible le circuit électrique, il n'est donc pas placé directement dans le circuit mais est placé en parallèle.

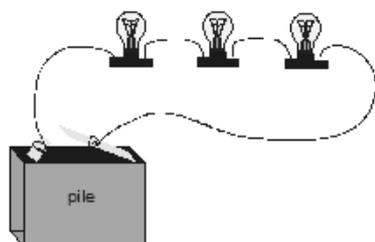
2.10. La résistance électrique

La résistance électrique d'un matériau est sa capacité à s'opposer au passage du courant électrique.

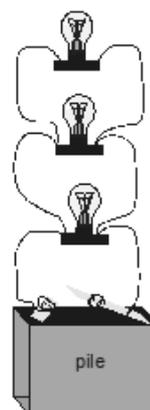
Dans le Système International, la résistance se mesure en Ohm (symbole Ω). Elle est presque nulle pour les supraconducteurs, petite pour les conducteurs (un fil de cuivre de 100m de long et de 1mm^2 de section présente une résistance de $1,7\Omega$), et plus grande pour les isolants électriques (un morceau de verre de 100m de long et de 1mm^2 de section présente une résistance de $10^{13}\Omega$).

2.11. Montage en parallèle et en série

Montage en série



Montage en parallèle



Chaque montage a ses avantages et ses inconvénients :

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Si une ampoule est défectueuse, les autres ne fonctionnent plus (le circuit est ouvert). • Ce câblage est moins coûteux. | <ul style="list-style-type: none"> • Si une ampoule est défectueuse, les autres fonctionnent encore (seule la branche dans laquelle l'ampoule est défectueuse est ouverte, les autres sont fermées). • Ce câblage est plus coûteux. |
|---|---|

Les appareils électriques dans une maison, sont branchés en parallèle : il ne faut heureusement pas brancher le fer-à-repasser, le lave-vaisselle, l'ordinateur... pour faire fonctionner le grille-pain ! Les lampes d'autoroutes sont aussi branchées en parallèle et les tronçons sont eux-mêmes placés en parallèle les uns avec les autres. Les montages en série sont en voie de disparition, restent encore quelques vieilles guirlandes de sapin de Noël !

2.12. Les dangers de l'électricité

Les dangers liés à l'utilisation d'appareils électriques sont bien réels ! Ces dangers sont les différents stades de l'électrocution pour le corps humain et l'incendie pour la maison.

L'électrocution

Le corps humain est un bon conducteur d'électricité. Voici quelques chiffres reprenant les différents effets en fonction des caractéristiques d'un courant alternatif qui traverse le corps :

Courant électrique	Seuil
0,5 mA	Seuil de perception – sensation très faible
10 mA	Seuil de téτανisation
30 mA	Tétanisation des muscles respiratoires
75 mA	Seuil de fibrillation cardiaque
100 mA	Seuil de brûlure
1 A	Arrêt du cœur

La résistance électrique du corps humain est de l'ordre de $10^5 \Omega$. Elle varie en fonction de la surface de contact, de l'épaisseur de la peau, de l'humidité.

Pour éviter ces dangers, plusieurs dispositifs existent dans la maison :

- Le fusible



Le principe du fusible est le suivant : lorsqu'un courant traverse un fil conducteur, ce dernier chauffe (à cause des frottements dus aux déplacements des électrons). Pour un même conducteur, plus le courant est important, plus l'échauffement est important. Si l'on veut limiter cet échauffement il faut insérer dans le circuit, un interrupteur qui ouvrira le circuit en cas de surchauffe. Le fusible joue ce rôle.

Le fusible est un fil très fin qui est calibré suivant l'ampérage maximum autorisé. Ainsi un fusible de 30mA, laisse passer tout courant électrique inférieur à 30mA et fond pour un courant électrique égal ou supérieur à 30mA, ouvrant ainsi le circuit et protégeant l'installation de tout risque d'incendie.

- Le disjoncteur



Une fois cassé, le fusible doit être remplacé. Les disjoncteurs évitent ce désagrément tout en remplissant la même fonction que les fusibles. Une fois le problème diagnostiqué et réparé, il suffit réenclencher le disjoncteur et le circuit est à nouveau fermé.

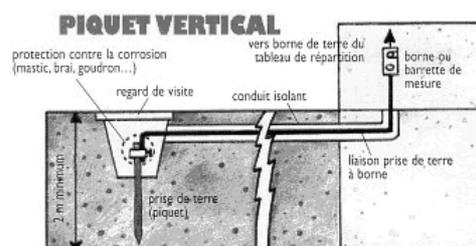
- Le tableau électrique



Fusibles et disjoncteurs sont groupés dans le tableau électrique de la maison. Celui-ci se trouve généralement dans le garage, la cave ou le hall d'entrée de la maison.

- La prise de terre

La prise de terre est un fil conducteur qui a pour but de relier les masses métalliques des différents appareils électriques à la terre. De telle sorte, si la carcasse de ces appareils est accidentellement mise sous tension, le courant électrique sera directement évacué par le sol et non par la personne qui touche l'appareil. Souvent la mise à la terre est couplée au



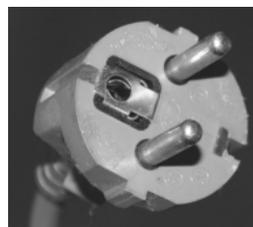
www.cdpros.fr/Images/

tableau des disjoncteurs de manière à couper en même temps l'arrivée de courant électrique.

La prise de terre est visible sur la prise électrique femelle (petite tige métallique) et mâle (trou)



Prise électrique femelle



Prise électrique mâle

Quelques règles de sécurité :

- Pour tous :
 - Ne JAMAIS tenir un appareil électrique branché en ayant les mains ou les pieds mouillés !
 - Ne JAMAIS toucher un appareil électrique lorsque l'on est dans le bain !
 - Ne JAMAIS démonter un appareil électroménager sans l'avoir préalablement débranché !
 - Ne JAMAIS toucher l'intérieur d'une prise de courant !
 - Ne pas surcharger les prises électriques.
- Moins fréquemment :
 - Ne pas jouer avec un cerf-volant près d'une ligne à haute tension.
 - Ne pas toucher une ligne à haute tension tombée par terre.
- Pour les adultes :
 - Faire poser un (ou des) disjoncteur(s) différentiel(s) approprié(s) sur l'installation électrique de la maison.
 - Choisir des prises à éclipses (dans ce genre de prises, il faut enfoncer la fiche dans les deux trous en même temps).
 - Débrancher les appareils électriques non utilisés.
- Que faire en cas d'accident ?
 1. Ne pas se précipiter sur l'accidenté ;

2. Couper le courant au disjoncteur ou éloigner l'électrocuté de la source électrique avec un objet non conducteur (bois très sec, plastique) en s'isolant soi-même pour ne pas courir le risque de l'électrocution en chaîne ;
3. Appeler les secours (SAMU ou pompiers) ;
4. Commencer les gestes de réanimation (bouche à bouche, massage cardiaque externe...) si nécessaire (si l'accidenté éprouve des difficultés ou ne respire plus).

2. Quelques préconceptions erronées

Nous avons tous et toutes nos préconceptions, correctes ou fausses, sur différents sujets. Nous avons repris ici quelques-unes des préconceptions fausses le plus couramment rencontrées dans le domaine de l'électricité. Nous pensons qu'il est important que l'enseignant les connaisse et sache qu'elles peuvent être présentes dans l'esprit de certains de leurs élèves : savoir qu'un problème peut se poser permet de l'anticiper.

A. Le générateur est souvent vu comme un réservoir, une fabrique de charges

Les élèves pensent que la pile est une fabrique à électrons. Cette préconception va influencer grandement toute la suite de l'apprentissage.

En réalité les électrons sont toujours présents dans la matière, que ce soit dans les fils conducteurs, dans le filament de l'ampoule électrique ou dans le bois, le verre, l'eau ... Nous avons vu que dans certains matériaux (les conducteurs) ces électrons peuvent se déplacer si on leur en donne l'occasion. Lorsque le circuit est fermé la pile va fournir de l'énergie, et les électrons pourront circuler dans le circuit. Cette énergie est en réalité fournie sous la forme d'un excès d'électrons sur l'une de ses bornes (la borne négative). Puisque des charges de même signe se repoussent, l'apparition de cet excès d'électrons à la borne négative de la pile va provoquer une mise en mouvement des électrons situés dans le circuit. Lorsque la pile est usée, la réaction chimique n'est plus suffisante, le courant qui parcourt le circuit est trop faible pour faire briller la lampe. La pile est donc une source d'énergie et non pas une source d'électrons !

B. Le courant se propage très vite dans le circuit, la preuve : j'allume et la lampe brille instantanément

Même si la nuance suivante est difficile à comprendre pour les élèves, il est important que l'enseignant, lui, perçoive bien la différence entre la vitesse de déplacement des électrons et la vitesse de transmission de l'information.

La vitesse de transmission de l'information :

- Prenons un exemple, dans une file de voitures à l'arrêt lorsque le feu passe au vert, la première voiture démarre. La seconde voiture démarre environ 1 seconde après démarre et ainsi de suite. Si l'on considère que la longueur d'une voiture fait à peu près 4m, on peut donc dire que la vitesse de l'information est de 4m/s.
- Les électrons étant très nombreux dans la matière, le fil est plein d'électrons, l'information se propage donc très vite. La vitesse avec laquelle se propage l'information dans le cas d'un courant électrique est de l'ordre de celle de la vitesse de la lumière : 273 000 km/s pour le cuivre ! Si l'on considère qu'il y a 10m entre l'interrupteur et l'ampoule il faut seulement $4 \cdot 10^{-8}$ s (4 centièmes de milliardième de seconde) pour que l'ampoule brille !

La vitesse de déplacement des électrons dans le circuit :

Même en l'absence de courant, les électrons libres sont loin d'être statiques : ils se déplacent dans tous les sens (agitation thermique isotrope), très rapidement (à une vitesse qui est de l'ordre de 100 km/s à température ambiante). Lorsqu'un courant traverse un conducteur, l'isotropie de l'agitation thermique est rompue et un très léger déséquilibre apparaît, au sens où le nombre d'électrons qui se déplacent dans le sens du courant excède très légèrement le nombre de ceux qui vont en sens inverse – on pourrait même utiliser le terme « infime » à propos du déséquilibre, puisque pour un courant de 1 A dans un conducteur « standard » en cuivre (du type de ceux utilisés dans les circuits électriques domestiques), l'excès ne représente qu'un électron sur 10 milliards. Si on traduit cet excès en vitesse moyenne d'ensemble, on aboutit à une vitesse dite de dérive elle-même très faible, de l'ordre de 0,03 mm/s, soit environ 10 cm/h.

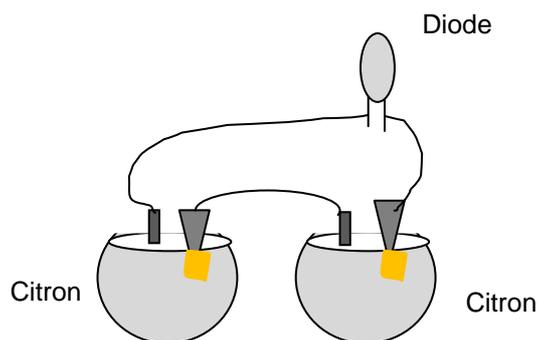
En conclusion, entre le moment où l'on ferme l'interrupteur et le moment où la lampe brille ce ne sont pas les électrons qui sont près l'interrupteur qui ont parcouru les 10m de câble et qui sont responsables de l'échauffement du filament. Ce sont les électrons qui sont dans le filament qui sont responsables de l'éclairage. Un peu comme quand vous ouvrez le robinet raccordé au tuyau d'arrosage, si celui-ci est plein d'eau, celle-ci jaillit immédiatement. Ce n'est pas l'eau qui est au niveau du robinet qui sort instantanément mais celle qui était proche de la sortie.

C. Pour un générateur donné, le courant qui en sort est toujours le même, quels que soient les composants du circuit

Cette préconception fautive est plus difficile à rectifier. On peut néanmoins le faire en comparant le circuit électrique à un circuit hydraulique, et la tension électrique à la pression à l'entrée du circuit. Le débit d'eau dépend du tuyau : plus le tuyau est long et étroit et plus le débit est petit. Comme le débit d'eau dépend de la tuyauterie, le courant électrique dépend des composants présents dans le circuit et sera donc différent d'un cas à un autre.

D. Des « objets » utilisés quotidiennement, comme le citron, sans relation directe avec l'électricité ne se verront pas attribuer de propriétés physiques (conductivité)

Pour pallier à cette éventuelle difficulté, il est possible de proposer aux élèves de construire une pile avec deux citrons, deux électrodes de cuivre, deux électrodes de zinc et une petite ampoule du style diode LED :



Lorsque le circuit est fermé, la LED brille, preuve du passage d'un courant électrique et que donc les citrons jouent le même rôle qu'une pile.

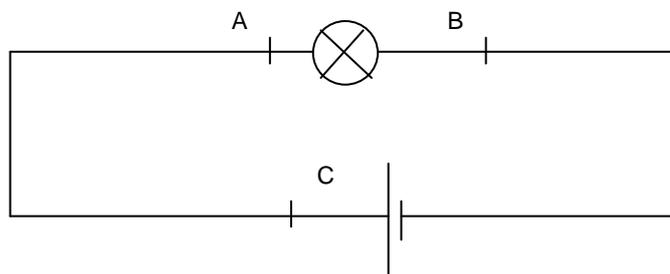
E. L'intensité de courant électrique est plus petite après passage dans un élément du circuit qu'avant cet élément (modèle d'usure)

La faute au vocabulaire familier ? Ne dit-on pas qu'une lampe consomme du courant ?

Cette préconception fautive peut-être mise à mal en faisant référence au fait que le courant électrique est constitué par des électrons, toujours présents dans le circuit et qui s'y déplacent sans jamais en sortir (un peu comme les voitures du circuit automobile).

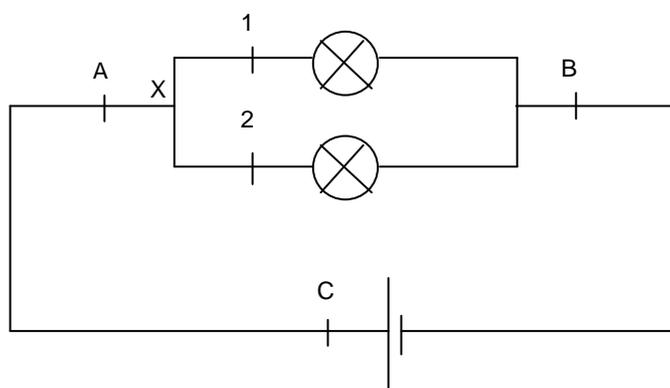
Comme nous l'avons vu plus haut, l'intensité du courant correspond au nombre d'électrons qui circulent pendant le temps considéré. S'il n'y a pas de « fuite » dans le circuit, tous les électrons qui passent en point A passeront obligatoirement par le point B ou le point C. Le

débit est le même tout le long du circuit. On note cela par exemple de la manière suivante : $I_A = I_B = I_C$ (I pour Intensité électrique)



Il est possible de faire une analogie avec un circuit automobile : si toutes les sorties ou entrées du circuit sont bloquées, toutes les voitures qui tournent, restent dans le circuit. Aucune nouvelle voiture ne monte sur le circuit, aucune voiture n'en sort. Si on compte plusieurs fois les voitures, on obtiendra à chaque fois le même résultat et cela quel que soit l'endroit de comptage. Pour les électrons c'est la même chose : si le circuit est fermé, le même nombre d'électrons se déplacent. L'intensité du courant électrique est donc la même, quel que soit l'endroit où on place l'ampèremètre. On peut d'ailleurs le vérifier expérimentalement.

Il faut cependant remarquer que dans le circuit ci-dessous, l'intensité du courant, bien que toujours constante en A, B et C, sera différente en 1 et 2.



A l'endroit (noté X) où le circuit se scinde en deux, le courant électrique se scinde lui aussi en deux (pas forcément en deux parts égales – cela ne sera le cas uniquement si les deux lampes qui se trouvent dans chaque branche du circuit sont identiques) de telle manière que l'intensité de courant avant la bifurcation soit égale à la somme des intensités des courants dans les deux branches et égale à l'intensité de courant après la bifurcation : $I_A = I_1 + I_2 = I_B = I_C$

F. Le modèle unifilaire

Souvent les élèves pensent qu'un seul fil électrique est suffisant entre le récepteur (l'ampoule par exemple) et le générateur (la prise de courant). Cela s'explique naturellement par le fait qu'extérieurement les deux fils sont enrobés dans la même gaine plastique.

Il suffit de donner aux élèves un seul fil de raccordement, une pile et une ampoule pour que ceux-ci se rendent compte que cela ne suffit pas.

G. L'interrupteur doit se trouver avant l'ampoule, sinon il ne sert à rien

Cette conception provient du fait que les élèves pensent que le courant électrique est *arrêté* par l'interrupteur.

H. Le courant va toujours du générateur vers l'ampoule – modèle des courants antagonistes

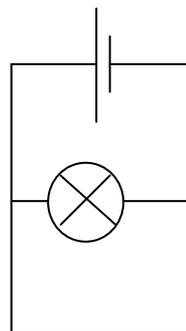
Lorsque les élèves admettent qu'il faut deux fils pour alimenter la lampe, il faut bien s'assurer qu'ils ne pensent pas que les courants sont antagonistes. Cette conception provient de la bipolarité de la pile et que donc puisque la pile est la fabrique d'électrons, ceux-ci sortent des deux bornes pour circuler dans le circuit.

3. Quelques difficultés rencontrées par les élèves lors de la construction du jeu :

Il est intéressant de connaître certaines difficultés d'ordre conceptuel ou manuel que peuvent rencontrer certains élèves de manière à pouvoir les anticiper.

1. Une élève qui plaçait dans son circuit un trombone, une attache parisienne, du papier aluminium (les uns à la suite des autres) nous a dit qu'elle faisait cela « pour que l'ampoule brille mieux ». Il semble donc que pour cette élève, le fait de rajouter des éléments dans le circuit soit un gage de meilleure réussite ! L'idéal est de lui proposer de rajouter suffisamment de trombones pour qu'elle constate que, plus elle ajoute de maillons à la chaîne, moins l'ampoule brille.
2. Les élèves font souvent des courts-circuits quand ils construisent leur premier circuit électrique (pile, ampoule avec son support et fils conducteurs).

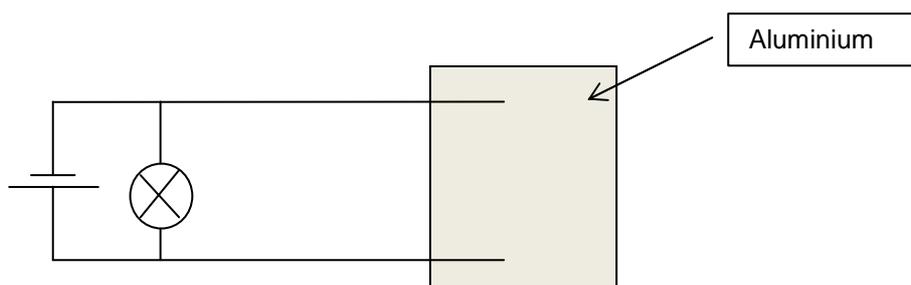
Ainsi un montage construit à plusieurs reprises est le suivant :



Le fil noir chauffe, les élèves le sentent dans les doigts, ils le lâchent même, mais ne remettent pas leur circuit en cause pour autant. La réponse qui nous semble la plus appropriée est de les faire réfléchir sur les risques d'incendie et de leur demander de trouver une autre façon, plus sécurisée, de connecter l'ampoule. Il est possible pour cela de les renvoyer à la fiche n°23.

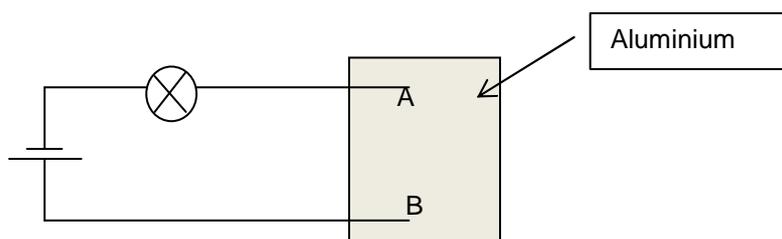
3. D'autres élèves, trouvant deux ampoules différentes dans la valise, veulent les intégrer toutes les deux lors de la construction du jeu. L'ampoule qui brille le mieux sera celle qui annonce la bonne réponse, l'ampoule qui brille moins indiquera la mauvaise réponse ! Pourquoi pas, mais cela va considérablement compliquer le travail de construction des élèves !
4. Il est important d'insister sur l'importance de la nature de l'objet et non sur l'objet lui-même. Ainsi, dans la fiche n°3 nous attirons l'attention sur la nature du trombone : le résultat sera différent avec un trombone en plastique ou un trombone métallique.
5. Certains élèves peuvent dénuder le fil électrique complètement. Quelques questions les remettent vite sur la voie : pourquoi y a-t-il cette gaine en plastique ? Est-ce pratique ? « Une fois dénudés tous les brins de cuivre se séparent, est-ce pratique ? ». La fiche n°1 explique comment dénuder un fil électrique.
6. Quand le principe du jeu commence à germer dans les têtes, les groupes utilisent le papier aluminium comme conducteur entre la question et la réponse.

Certains élèves recouvrent de papier aluminium toute la surface de leur support (le carton). Ainsi, lorsqu'ils mettent en contact leur circuit (ampoule et pile) avec l'aluminium, l'ampoule s'éteint ! Deuxième court-circuit !



Il y a donc pour ces élèves deux problèmes⁶ à résoudre :

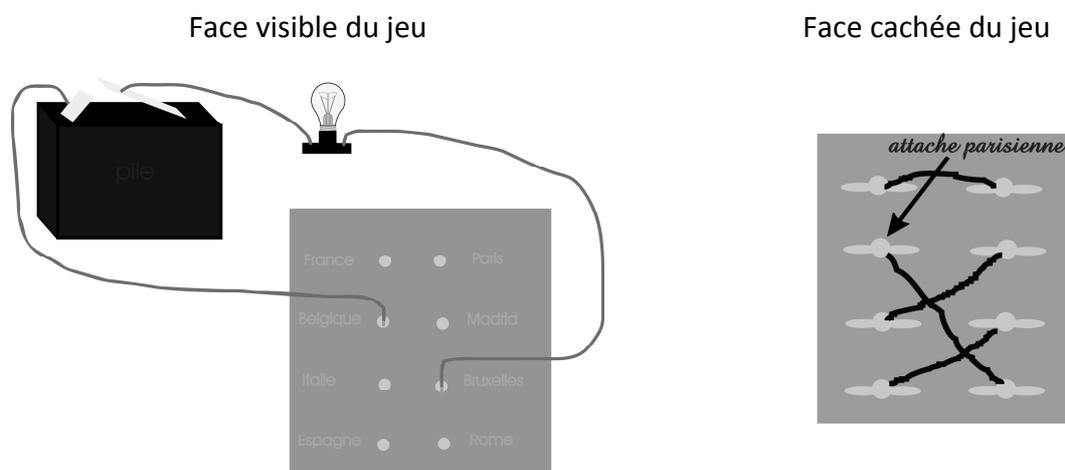
- le court-circuit (l'ampoule est mal placée). Une fois le problème du court-circuit résolu, le circuit devient :



- il reste alors à résoudre le problème du recouvrement complet du carton. Les élèves constatent que si A est mis à l'emplacement correspondant à une question, quel que soit l'endroit de B, l'ampoule s'allume. Ils comprennent donc facilement que pour une question choisie, toutes les réponses, mêmes les fausses, permettront à l'ampoule de briller. Très vite l'idée de couper des bandelettes d'aluminium apparaît dans l'esprit des élèves. Ensuite, pour les élèves qui testent au fur et à mesure, l'importance d'isoler chaque bandelette de la précédente devient évidente.

⁶ Ces deux difficultés ont inspiré deux fiches d'aide pour corriger les pannes correspondantes.

Les élèves qui travaillent avec du fil électrique ne rencontrent pas cette difficulté et leur montage ressemble au montage suivant :



4. Les fiches de remédiation (intitulées fiches d'aide pour les élèves)

Comme nous l'avons déjà dit dans l'introduction, ces fiches sont classées en fonction de cinq logos différents, chaque logo correspondant à un objectif différent :

Logo	N° des fiches	Objectif de ces fiches : aider les élèves ...
	1 à 4	... à résoudre certains problèmes spécifiquement manuels
	1 à 4	... à organiser le travail et tester les différents paramètres (ampoules, piles, raccordements en aluminium ou au moyen des fils conducteurs du commerce, ...)
	1 à 7	... à découvrir certains concepts : dessin – schéma et de circuit électrique ouvert ou fermé ...
	1 à 5	... à résoudre certaines pannes.
	1 à 7	Donner aux élèves qui ont fini la construction l'opportunité de pousser la compréhension un peu plus loin.

Comme nous vous l'avons annoncé dans l'introduction générale, certaines fiches sont très importantes : les fiches avec le logo  et les fiches 3, 4, 5, 6 et 7 avec le logo . Elles sont détaillées ci-dessous.

5.1. Les fiches *construction*



Nous ne nous attardons pas sur ces fiches donnant des conseils pragmatiques, elles ne posent en général aucun problème aux élèves. Nous nous contentons donc ici de les présenter.

- La fiche n°1 explique comment couper et dénuder un fil électrique.
- La fiche n°2 montre comment relier l'ampoule électrique au restant du circuit électrique.
- La fiche n°3 montre comment attacher les fils électriques aux bornes des piles électriques.
- La fiche n°4 suggère quelques outils à utiliser pour trouser la feuille de questions-réponses.

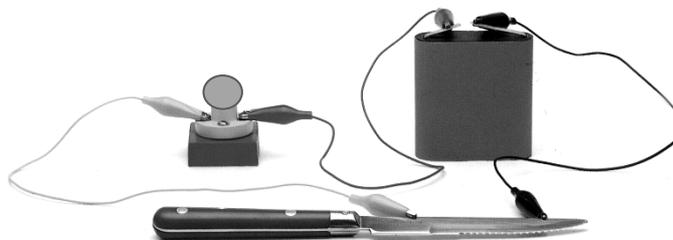
5.2. Les fiches *organisation et choix des paramètres*



 Ces fiches sont importantes car elles posent les questions essentielles, celles de la démarche expérimentale : identification des différents paramètres et peut-être aussi leur variation. Cette démarche n'est pas évidente pour les élèves qui ont tendance à travailler par tâtonnements ou à l'intuition. Pour l'enseignant il sera important, lors de la mise en commun finale, de s'assurer que les élèves ont bien compris la raison du choix de tel ou tel élément et de son utilité. La construction finale n'étant pas une fin en soi, les différentes phases de découverte sont nécessaires pour amener, de manière non explicite les notions de conducteurs et isolants électriques et de circuit électrique ouvert ou fermé. Il est donc important de prendre le temps nécessaire pour mettre clairement ces notions en place lors du débriefing final.

La fiche n°1 suggère quelques pistes pour organiser le travail et quelques choix stratégiques ! L'élève qui consulte cette fiche ne sait pas comment démarrer la construction du jeu, il lui est donc proposé d'observer un jeu acheté dans le commerce, de jouer avec et d'essayer de comprendre son fonctionnement. L'idéal est d'avoir deux jeux : un jeu neuf non démonté et un jeu démonté de manière à pouvoir débloquer les derniers obstacles concernant son fonctionnement.

La fiche n°2 est importante, elle fait partie des fiches qui pourraient passer inaperçues car elle n'est pas nécessaire pour la construction du jeu. Cependant elle introduit, pour la première fois, les notions de conducteurs et isolants électriques. Nous conseillons donc d'attirer l'attention de l'élève sur cette fiche. L'expérience est très simple, elle consiste à intercaler différents matériaux dans un circuit tel quel celui présenté ci-dessous et de constater si l'ampoule brille ou reste éteinte :



Les fiches n°3 et 4 demandent à l'élève de choisir

- une ampoule : une observation attentive, éventuellement avec une loupe, des pas-de-vis de différentes ampoules donne les tensions maximales correspondantes ;
- une pile : comparaison des tensions, commodité de fixation...

5.3. Les fiches *concepts*



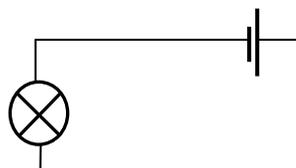
⚠ Toutes les fiches concepts sont essentielles mais, comme elles ne sont pas nécessaires à la construction proprement dite, elles peuvent, malheureusement, être complètement ignorées par les élèves. Il est donc important que l'enseignant insiste sur leur importance auprès des élèves et les invite fortement à les exploiter.

Les trois premières fiches permettent de distinguer un dessin d'un schéma (ou plan). Les deux fiches suivantes (4 et 5) différencient le circuit ouvert du circuit fermé alors que les fiches 6 et 7 associent ces deux notions à celles de conducteurs et isolants électriques.

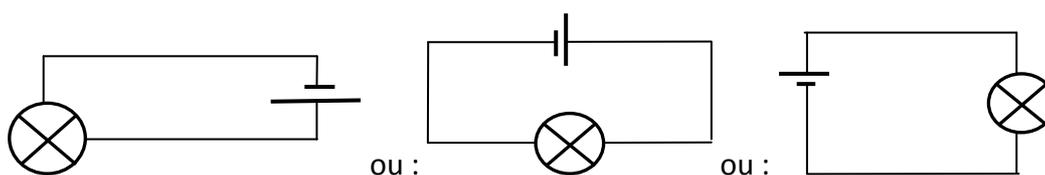
Les fiches n°1 et 2 permettent à l'élève de faire la différence entre dessin et schéma. Cette distinction n'a jamais été faite dans l'enseignement primaire et les enfants ne consulteront pas spontanément ces fiches car elles ne sont pas nécessaires à la construction proprement dite. Il faut donc demander aux élèves de les consulter et de réaliser les exercices qui y sont proposés. Dans le cas contraire, la schématisation sera tout à fait oubliée par les élèves, alors que cette notion fait partie des objectifs à atteindre. Nous proposons donc deux exemples de la vie quotidienne sans lien avec les sciences : la fille et la salle de bain.

La fiche 3 est également importante si l'on souhaite que l'élève maîtrise la notion de schéma. Cette fiche présente trois conventions en électricité : l'une pour représenter l'ampoule, l'autre la pile et enfin le symbole des conducteurs électriques.

Le schéma électrique attendu est le suivant :



D'autres schémas corrects peuvent aussi représenter le circuit de départ :



Les fiches n° 4 et 5 sont importantes également : elles permettent aux élèves de prendre conscience de la différence entre circuit ouvert et circuit fermé dans la réalité et d'en réaliser les schémas correspondants.

Les deux schémas attendus sont :

Circuit	Ampoule	Schéma
Ouvert	Reste éteinte	
Fermé	Brille	

Les fiches n° 6 et 7 sont primordiales : elles permettent aux élèves de prendre conscience de la différence entre circuit ouvert et circuit fermé dans la réalité et d'en réaliser les schémas correspondants.

Les objets qui permettent à la lampe de briller sont, par exemple : la pointe de ciseaux, les branches du compas (si elles sont métalliques), le trombone métallique, la partie métallique

du fil de connexion,... D'une manière générale, tous les objets métalliques et ... la mine de crayon (qui laisse aussi passer le courant électrique) ainsi que l'eau permettent à l'ampoule de briller. Tous les autres objets en plastique (gomme, latte...), papier, carton, ou bois (latte, allumette...) sont des isolants et empêchent le courant électrique de circuler dans le circuit.

Voici des exemples de définitions qui sont correctes pour le niveau du début secondaire :

- Un conducteur électrique est un matériau qui permet, à la lampe de briller, il laisse passer le courant électrique dans le circuit. D'une manière générale, tous les métaux sont de bons conducteurs d'électricité. L'eau est aussi un bon conducteur électrique.
- Un isolant électrique est un matériau qui ne permet pas à la lampe de briller, il empêche le courant électrique de circuler dans le circuit électrique. Tous les matériaux non métalliques sont de bons isolants électriques.

Pour nous enseignants, il est possible d'aller d'avantage dans le détail : un conducteur électrique est un matériau qui contient des atomes dans lesquels des charges électriques peuvent se déplacer, dans notre cas : les électrons libres. En l'absence de champ électrique (pas raccordé à une pile ou au secteur), ces électrons se déplacent de façon aléatoire, de manière désordonnée, dans le matériau. Lorsque ce même matériau est soumis à un champ électrique (dans notre cas, quand il est raccordé à la pile), les électrons libres se déplacent alors tous de la même manière, dans la même direction : c'est le courant électrique. Un isolant électrique est un matériau dont les atomes contiennent peu d'électrons libres de se déplacer, ces électrons sont trop liés à leur noyau pour pouvoir se déplacer. Aucun courant électrique ne circule.

Une fois ces notions découvertes, les élèves peuvent synthétiser rapidement le tout dans le tableau ci-dessous :

Isolant	Conducteur
<p>La lampe <input type="checkbox"/> brille. <input checked="" type="checkbox"/> est éteinte.</p> <p>Le circuit est <input checked="" type="checkbox"/> ouvert. <input type="checkbox"/> fermé.</p> <p>Le matériau X est <input type="checkbox"/> conducteur électrique <input checked="" type="checkbox"/> isolant électrique.</p> <p>Exemple de matériaux : du plastique, du bois, du papier, du carton, ...</p>	<p>La lampe <input checked="" type="checkbox"/> brille. <input type="checkbox"/> est éteinte.</p> <p>Le circuit est <input type="checkbox"/> ouvert. <input checked="" type="checkbox"/> fermé</p> <p>Le matériau X est <input checked="" type="checkbox"/> conducteur électrique. <input type="checkbox"/> isolant électrique.</p> <p>Exemple de matériaux : d'une manière générale, les métaux, ...</p>

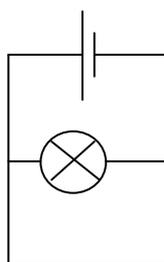
Il est bien évident que lors de la synthèse, l'enseignant doit s'assurer que les notions sont réellement bien intégrées par les élèves.

5.4. Les fiches *pannes*



La fiche n° 1 : l'ampoule ne brille pas et le fil chauffe ! Les élèves font souvent des courts-circuits quand ils construisent leur premier circuit électrique (uniquement ampoule, pile et fils conducteurs), cette fiche se propose de leur faire prendre conscience de ce problème, des risques encourus en cas de courant plus important : risques d'électrocution pour l'homme et risques d'incendie pour la maison !

Le montage régulièrement construit est le suivant :

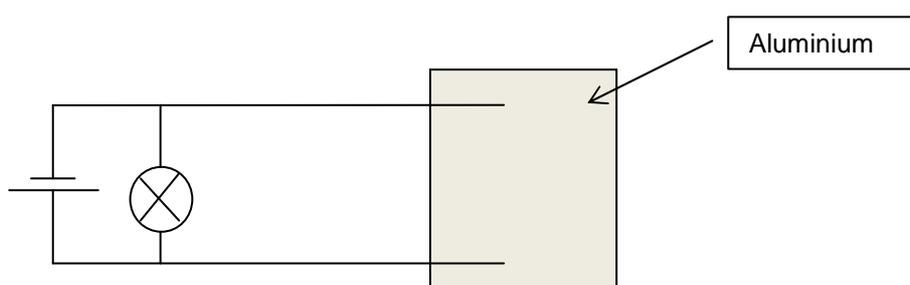


Il est important que les élèves comprennent ce qu'est un court-circuit et corrigent leur circuit électrique. Quand il se trouve à une bifurcation (montage en parallèle), le courant part là où il éprouve le moins de résistance, dans ce cas, le fil conducteur. Le courant ne passe donc pas par la branche contenant l'ampoule, celle-ci reste donc éteinte.

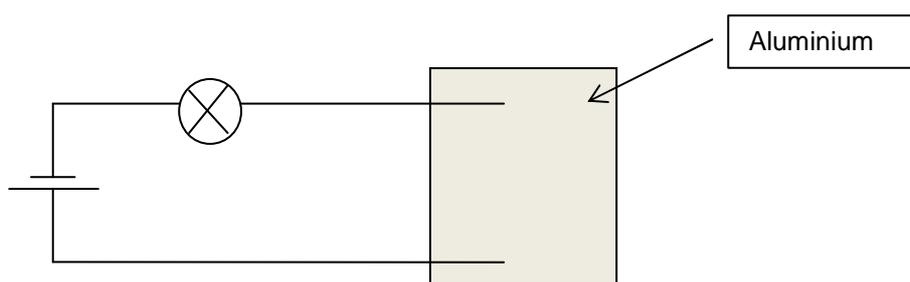
La fiche n°2 : l'ampoule ne brille pas pour une bonne réponse ! Il y a deux possibilités :

- Les élèves ne pensent pas toujours que si sur le verso les questions se trouvent à gauche et les réponses à droite, cette disposition est inversée au recto. Il faut donc qu'ils corrigent cette inversion.
- Il y a un mauvais contact soit dans les fils conducteurs, soit dans l'aluminium qui est peut-être déchiré à un endroit donné.

La fiche n°3⁷ : L'ampoule ne brille jamais. Quand le principe du jeu commence à germer dans les têtes, les groupes utilisent le papier aluminium comme conducteur entre la question et la réponse. Malheureusement certains élèves recouvrent alors toute la surface de leur support (le carton) de papier aluminium ! Deuxième court-circuit ! Le courant électrique passe par le chemin qui lui offre le moins de résistance c'est-à-dire l'aluminium et non pas par l'ampoule. Celle-ci reste donc éteinte.



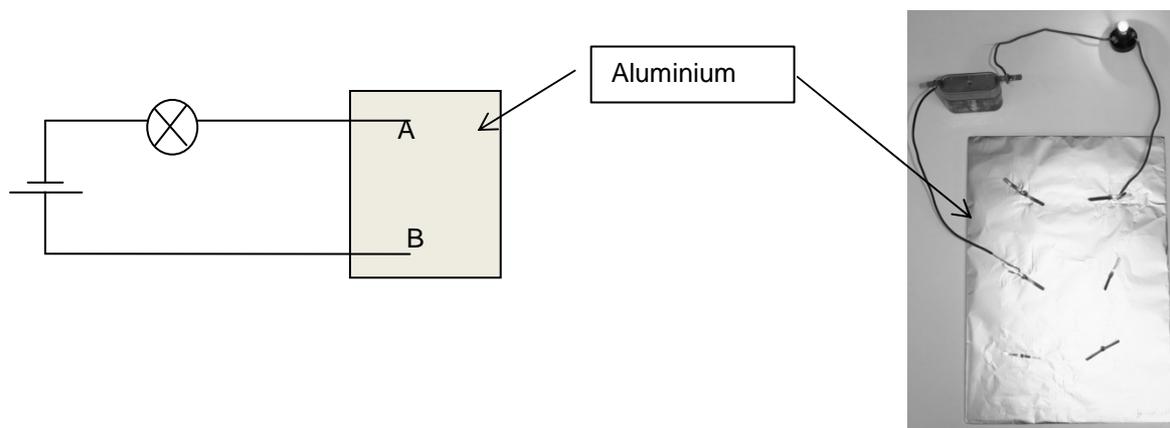
Qu'il faut donc corriger en faisant le circuit :



... qui rencontrera, c'est certain, un autre problème ! Ce problème trouve sa solution dans la fiche suivante :

⁷ Cette fiche est inspirée d'une des difficultés rencontrées par les élèves avec lesquels nous avons travaillé.

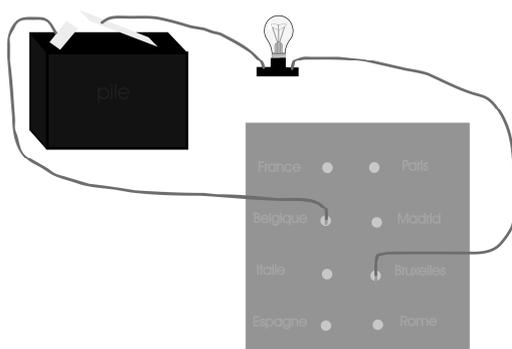
Fiche n°4⁸ : l'ampoule brille pour toutes les réponses ! Les élèves constatent qu'en A (une question), quel que soit l'endroit de B (quelle que soit la réponse), l'ampoule s'allume.



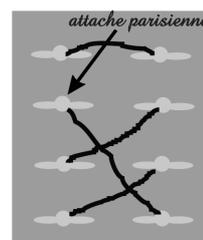
Les élèves comprennent facilement que pour une question choisie, toutes les réponses, mêmes les fausses, permettent à l'ampoule de briller (schéma ci-dessus). Très vite l'idée de couper des bandelettes d'aluminium apparaît dans l'esprit des élèves. La nécessité d'isoler chaque bandelette de la précédente devient évidente pour les élèves qui testent au fur et à mesure les binômes *question-réponse*. Cette fiche renvoie l'élève à la fiche 6.

Les élèves qui travaillent avec du fil électrique ne rencontrent pas cette difficulté et leur montage ressemble au montage suivant :

Face visible du jeu :

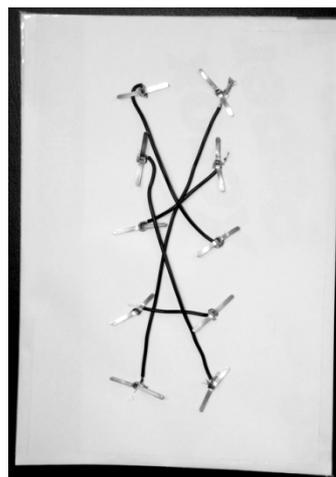


Face cachée du jeu :



Ce qui correspond dans la réalité à :

⁸ Cette fiche est inspirée d'une des difficultés rencontrées par les élèves avec lesquels nous avons travaillé.



Fiche n°5 : l'ampoule s'allume pour une mauvaise réponse. Il y a deux possibilités :

- soit l'élève n'a pas compris que lorsqu'il retourne sa feuille, l'information qui était à gauche au recto part à droite au verso (et donc l'information qui était à droite au recto est à gauche au verso) ;
- soit il n'a pas bien isolé les bandelettes d'aluminium entre elles, ce qui a pour conséquence qu'une mauvaise réponse ferme aussi le circuit et permet à la lampe de briller. Nous conseillons à ces élèves de tester le circuit à chaque ajout de binôme *question-réponse* de manière à palier à ce problème.

5.5. Les fiches pour aller plus loin



Ces fiches proposent aux élèves qui ont construit leur jeu avec succès de continuer leur apprentissage en approfondissant certaines notions pendant que les autres élèves terminent.

La fiche n°1 permet de découvrir un autre jeu, pas tout à fait identique mais pas très différent non plus : le docteur Maboule. Le dessous de ce jeu, contrairement au jeu *Electro* est posé sur un plateau métallique et chaque organe du patient est relié, sans que cela ne soit visible, à ce plateau ce qui fait qu'à chaque fois que le joueur « opère » mal son patient le signal sonore retentit.

La fiche n° 2 apprend aux élèves à repérer les différents éléments de l'ampoule électrique et à les classer soit dans la catégorie *conducteurs* ou dans la catégorie *isolants*. Cette fiche fait

appel aux notions découvertes dans la fiche 6. Si l'élève n'a pas encore consulté cette dernière, il est bon qu'il le fasse à ce moment.

Les fiches n°3 et 4 permettent à l'élève de prendre conscience que certains branchements entre la pile et l'ampoule ne permettent pas à l'ampoule de briller. La fiche permet d'entrevoir que le courant électrique ne passe que par les parties métalliques (conductrices) de l'ampoule.

Les fiches 5 et 6 donnent aux élèves une idée des composants de la pile de 1,5V et montrent que la pile de 4,5V n'est rien d'autre que trois piles de 1,5V mises en série.

Enfin la fiche n°7 permet à l'élève de prendre conscience des dangers de l'électricité en faisant une expérience toute simple avec de la limaille de fer et une pile de 4,5V.

5. Synthèse⁹ - Le jeu « électro »

6.1. Faisons le point !



A l'aide des questions suivantes, l'enseignant interpelle les élèves sur les étapes de construction de l'électro.

Est-ce que notre jeu fonctionne ?

- Comment avons-nous choisi le matériel pour construire le jeu ?
 - L'ampoule ?
 - La pile ?
 - Les raccordements ?
 - ...
- Faut-il prendre certaines précautions pour que le jeu fonctionne ? Lesquelles ?
 - L'ampoule ?
 - La pile ?
 - Les raccordements ?
 - ...

⁹ Cette synthèse est un exemple de ce que l'enseignant peut faire avec sa classe lors du débriefing final, il peut bien évidemment la modifier mais sans introduire de nouvelles notions.

- Avons-nous fait des essais avec du matériel différent (autre que l'ampoule, la pile et les raccordements) ?

Pouvons-nous faire la différence entre un dessin et un schéma ?

- Avons-nous respecté la consigne de départ : faire un schéma ?
- Qu'est-ce qu'une convention dans un schéma électrique ?
- Avons-nous utilisé des conventions pour réaliser notre schéma ? Lesquelles ?
 - Pour l'ampoule
 - Pour la pile ?
 - Pour les raccordements ?
 - ...

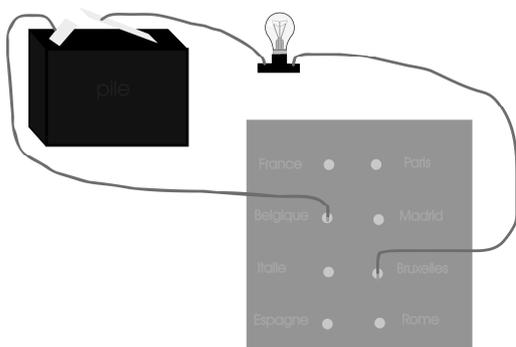
Comparons nos schémas (le tout premier et le dernier)

- Sont-ils différents ?
- Avons-nous ajouté une légende au schéma ?
 - Au premier schéma ?
 - Au deuxième schéma ?
- Avons-nous ajouté des commentaires au schéma ?
 - Au premier schéma ?
 - Au deuxième schéma ?
- ...

6.2. Exemple de dessin du jeu :

Face extérieure du jeu

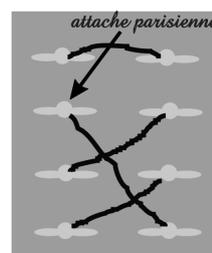
(le recto de la feuille - questions-réponses)



- ✓ La pile de 4,5V est plus facile à connecter dans le circuit.
- ✓ L'ampoule de 3,7V est la mieux adaptée à cette pile.
- ✓ Les contacts entre les différents éléments doivent être de bonne qualité pour que l'ampoule brille.
L'ampoule ne brille que si la « question » est reliée à la bonne réponse.

Face intérieure du jeu

(le verso de la feuille avec les fils électriques ou le papier aluminium)



- ✓ Les raccordements entre les différentes questions et leurs réponses correspondantes peuvent se faire soit avec :
 - du papier aluminium
 - du fil électrique
- ✓ Aux endroits de croisement :
 - il faut isoler chaque connexion en aluminium avec du papier collant.
 - les fils électriques étant isolés grâce à une gaine en plastique, il n'y a donc aucune précaution particulière à prendre

6.3. Schémas électriques correspondants (en utilisant les conventions électriques de la fiche n°11) :

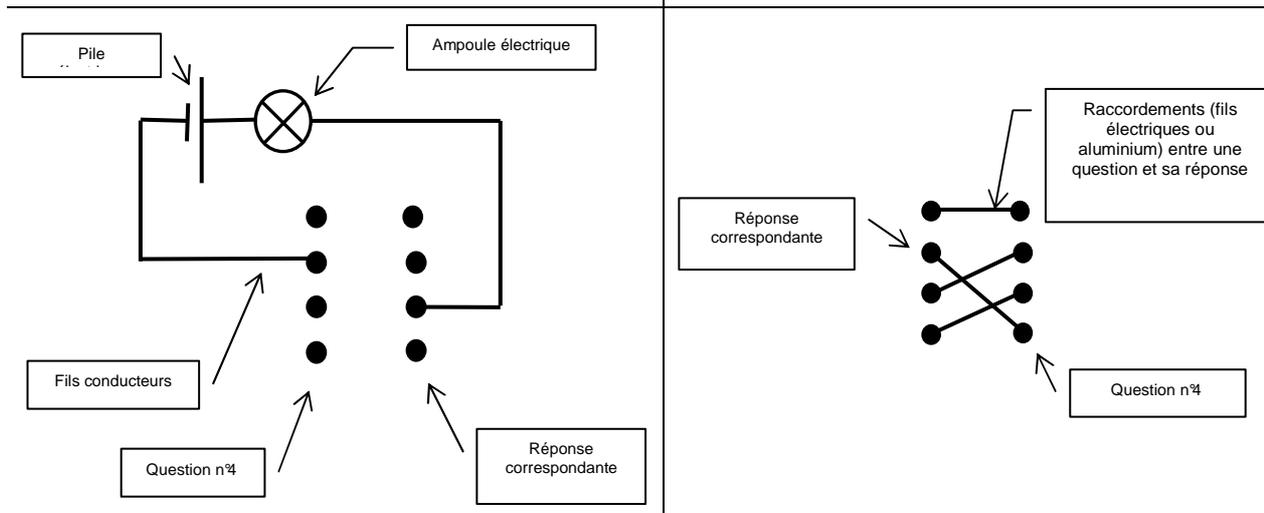
Pile :  Ampoule électrique :  Fils électriques : 

Face extérieure du jeu

(le recto de la feuille - questions-réponses)

Face intérieure du jeu

(le verso de la feuille avec les fils électriques ou le papier aluminium)



5.4. Nous avons appris que :

Le circuit électrique **doit être fermé** pour que l'ampoule brille.

Si le circuit **est ouvert**, l'ampoule ne brille pas.

Certains matériaux laissent passer le courant, c'est le cas de tous les **métaux**.

On appelle ces matériaux des **conducteurs d'électricité**.

Certains matériaux ne laissent pas passer le courant, c'est le cas des **non-métaux**.

On appelle ces matériaux des **isolants électriques**.

En cas de court-circuit, l'ampoule ne brille pas : le courant passe toujours par le chemin où il rencontre le moins de résistance (le fil conducteur ou l'aluminium par exemple).

Bibliographie et sites Internet

- AGERS – *Éclairons notre lanterne* – Enseignement secondaire – thème 6 – Cours de sciences au 1^{er} degré
- André J.-Ph., Busana A., Scoumanne Th. – *Construire ses compétences en physique 2* – Editions Plantyn – Bruxelles - 2002
- Ardley Neil – *A la découverte de la science* – Edition Bordas Jeunesse – Paris - 1995
- Ardley Neil – *Le petit chercheur – L'électricité* – Bordas Jeunesse - Paris - 1992
- Auber J. - Berthelot A. - Bonrepaux A. - Canal J.-L. - Cessac J. - Chatelin L. - Fil J.-Flonneau J.-M. - Fontaine C. - Grillot S. - Gris J. - Hibon M. - Hot L. - Larmarque J. - Lemardele M.-A. Lhomme R. Marescot R. Mousset R. Paulin M. Soinne R. Souesme G. Tavernier R. - Toulouse R. - Tryoen V. - Zelentsoff M. - *Piles, ampoules, boussoles* – Collection Tavernier - Les guides du maître – Edition Bordas – 1984
- Balian R. – *Physique fondamentale et énergétique : les multiples visages de l'énergie* – Conférence introductive de l'Ecole d'Eté de Physique sur l'énergie – Caen – 2001
- Ballini P. ; Robardet G. et Rolando J.-M – *L'intuition, obstacle à l'acquisition de concepts scientifiques* – Aster n°24 – 1997
- Canal J.-L. - Margotin M. - Pierrard M.-A. - Tavernier R. – *Cahier d'activités – CE2 - Physique et technologie* – Nouvelle collection Tavernier - Edition Bordas – 1995
- Canal J.-L. - Margotin M. - Pierrard M.-A. - Tavernier R. . – *Cahier d'activités - CM1 - Physique et technologie* – Nouvelle collection Tavernier - Edition Bordas – 1996
- Castermans T., Gillis P., Mélin S. – *L'électricité : un jeu d'enfants ?* – Recherche en éducation 65/00 « 7veil à l'observation et à la pratique expérimentale en physique » – 2001
- Hann J. – *La Science* – Guides pratiques Jeunesse – Editions du Seuil –1991
- Lemeignan G., Weil-Barais A. – *Construire des concepts en physique* – Hachette Education – 1993

Sites internet :

- Pour la construction de l'électro
 - <http://fr.wikipedia.org>
- Pour la construction de la mini-éolienne
 - <http://fr.wikipedia.org>
- Les ampoules électriques

-
- <http://www.econo-ecolo.org/spip.php?article27>
 - <http://www.demain-la-terre.net>
 - Les piles électriques :
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_%C3%A9lectrique
 - <http://www.ecoconso.be/>
 - <http://www.web-sciences.com/fichests/fiche28/fiche28.php>
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Nommage_commercial_des_piles_et_accumulateurs_%C3%A9lectriques
 - Les centrales électriques :
 - <http://perso.id-net.fr/~brolis/softs/domodidac/thermic.html>
 - <http://perso.id-net.fr/~brolis/softs/domodidac/pwr.html>
 - http://blog2b.hosting.dotgee.net/blog/wp-content/uploads/eau/barrage_eau.jpg
 - Les moteurs électriques :
 - <http://www.educauto.org/Documents/Tech/ANFA-VE/Originaux/electromagnetique.gif>
 - <http://www.discip.ac-caen.fr/sti/stibacs/imagesperso/moteur-cc/principe1.gif>
 - <http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/rfoy/capsules/moteur/>

ANNEXE 4 – Fiches d'aide (Electricité)

Aujourd'hui tu vas construire un jeu « questions-réponses » qui te permet de tester les connaissances d'un joueur. Une petite lampe indiquera si la réponse choisie est la bonne.

En utilisant la feuille prévue à cet effet, commence par dessiner le montage tel que tu l'imagines maintenant.



Fiche n°1 : Comment couper et *dénuder** un fil électrique ?



Construis

Comment couper les fils électriques ?

Si les fils sont fins, il suffit de prendre une paire de ciseaux. S'ils sont plus épais, il faut prendre une pince coupante.

Comment *dénuder* * un fil électrique ?

Dénuder consiste à enlever deux ou trois centimètres de la gaine en caoutchouc pour que les contacts électriques soient bons. Pour dénuder le fil électrique il faut se servir d'une pince spéciale (voir ci-dessous).

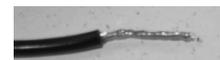
Observe la pince à dénuder, tu trouves une petite vis qui permet de régler le diamètre du trou de la pince. A toi de bien régler le diamètre de ce trou pour couper la partie plastique du fil (gaine extérieure). Il suffit ensuite de tirer le morceau de gaine à enlever, il se détache du fil (un peu comme une chaussette).

La pince à dénuder* :



Il ne faut pas couper la partie métallique (les fils métalliques très fins à l'intérieur).

Une fois que le fil est dénudé, il faut le torsader (voir ci-contre) :



Si tu ne sais pas comment torsader les fils électriques, consulte la fiche n°4



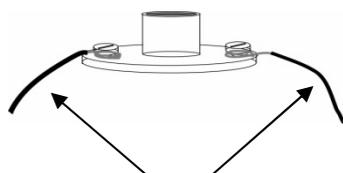
* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n°2 : Comment placer l'ampoule dans le circuit électrique et attacher les fils de connexion ?



Construis

- Coupe les deux fils aux bonnes dimensions pour faire ton montage.
- Dévisse légèrement (pas complètement) les vis situées de chaque côté du support.
- Coince chaque fil, un peu dénudé et torsadé, en-dessous de chaque vis.
- Revisse chaque vis pour que le contact soit bon.
- Visse l'ampoule sur son support.
-



Les deux fils de connexion
(dénudés seulement sur quelques cm)

Si tu ne sais pas comment dénuder les fils électriques, consulte la fiche n°1

Si tu ne sais pas comment torsader les fils électriques, consulte la fiche n°4

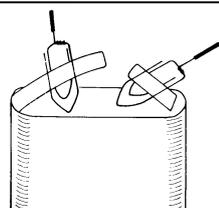


Fiche n°3 : Comment attacher les fils électriques aux piles ?



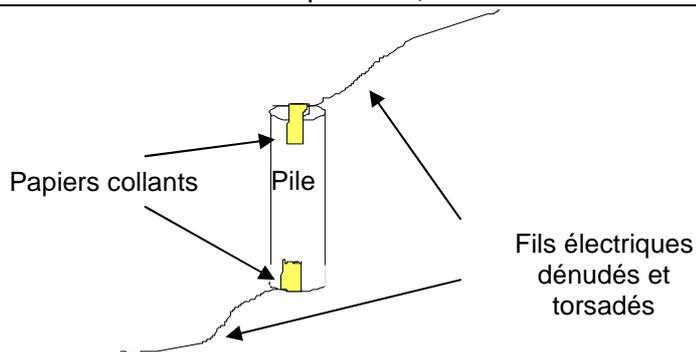
Construis

A la pile de 4,5 V



- ✓ En quelle matière sont les trombones utilisés ?
- ✓ Est-ce que toutes les matières conviennent pour ce genre de fixation ? Pourquoi ?

A la pile de 1,5 V



Si tu ne sais pas comment dénuder les fils électriques, consulte la fiche n°1

Si tu ne sais pas comment torsader les fils électriques, consulte la fiche n°4

Fiche n°4 : Comment torsader un fil électrique ?



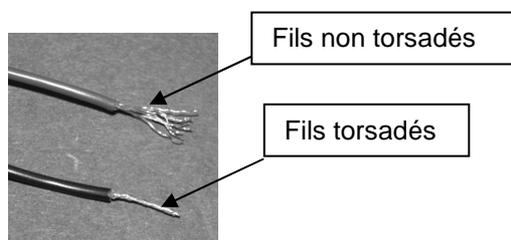
Construis

Pourquoi faut-il torsader les fils conducteurs* ?

- Pour que tu puisses plus facilement les passer dans le trou de raccordement du moteur.
- Pour que tu obtiennes un meilleur contact quand tu relies deux fils ensemble : il suffira alors de les torsader aussi entre eux.

Comment torsader les brins d'un fil électrique ?

- C'est très facile, une fois que quelques centimètres de fil sont dénudés**, il suffit de prendre la partie dénudée de la tenir entre le pouce et l'index et de les faire tourner sur eux-mêmes comme montré sur la photo ci-contre.



* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Si tu ne sais pas comment dénuder les fils électriques, consulte la fiche n°1 



Fiche n°5 : Comment trouser le carton ?



Construis

Pour faire les trous dans le support en carton, utilise un instrument à ta disposition. Par exemple :

- des ciseaux
- ou un cutter
- ou une pointe de compas (tu feras du picage pour prédécouper le trou)
- ou une perforatrice ...



Réfléchis avant de commencer à faire les trous : choisis judicieusement les endroits où percer le carton, une fois que ce sera fait, il sera trop tard pour revenir en arrière !

Sois soigneux (se) et très prudent(e). Ne te blesse pas !

Fiche n°1 : Comment construire le jeu ?



Organise

Tu ne sais pas comment construire le jeu ? Demande à ton professeur le jeu acheté dans le commerce et pose-toi quelques questions :

1. Quel est le principe du jeu ? Dans quelles conditions l'ampoule brille-t-elle ?
2. Observe attentivement le jeu : en quelle(s) matière(s) sont faites les différentes parties du jeu :
 - a. les feuilles de *Questions – Réponses* ?
 - b. les deux pointeurs que tu tiens en mains et qui permettent de sélectionner une question et une réponse ?
 - c. les fils qui relient les pointeurs au jeu ?
 - d. observe attentivement, renseigne-toi sur ce qu'il y a à l'intérieur de la partie visible.
3. Un élément, qui est peut-être invisible, est nécessaire pour que l'ampoule brille. Quel est-il ?
4. Comment sont reliées une question et sa bonne réponse ? Si tu ne sais pas demande à ton professeur le jeu démonté.

Tu peux maintenant commencer à faire la liste du matériel nécessaire pour construire le jeu. Note tous les éléments dans ton cahier.

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



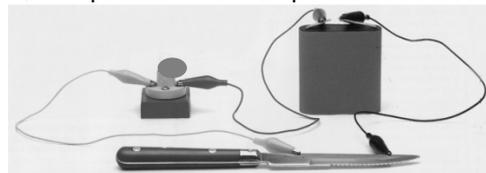
Fiche n°2 : Quel matériau utiliser pour relier les questions à leurs réponses ?



Organise

Si tu ne sais pas avec quoi relier une question à sa réponse, construis le montage ci-dessous.

Que se passe-t-il si tu remplaces la lame du couteau par différents matériaux :



un trombone en métal, en plastique, un petit morceau de carton, une allumette, la partie métallique de tes ciseaux, une bandelette d'aluminium, la gaine en plastique des fils électriques, du papier collant,

Dans ton cahier, classe les différents matériaux dans un tableau comme celui proposé ci-dessous :

L'ampoule brille :	L'ampoule reste éteinte :

Maintenant, trouve quel matériau tu vas utiliser pour relier chaque question à sa réponse ?

Si tu ne sais pas comment :

- dénuder (ou torsader) les fils électriques, consulte la fiche n°1  (ou la fiche n°4 ).
- relier la pile (ou l'ampoule) au circuit électrique, consulte la fiche n°3  (ou la fiche n°2 .

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Fiche n°3 : Quelle ampoule choisir ?



Organise

- ✓ Tu as, à ta disposition, deux ampoules différentes.
- ✓ En quoi sont-elles différentes ?
- ✓ Pour les distinguer, lis les inscriptions qui se trouvent sur le pas de vis de l'ampoule – au besoin prends une loupe.
- ✓ Laquelle choisis-tu ? Pourquoi ? Est-elle compatible avec la pile ?

Si tu ne sais pas comment relier l'ampoule au circuit électrique, consulte la fiche n°2

Si tu ne sais pas comment dénuder les fils électriques, consulte la fiche n°1

Si tu ne sais pas comment torsader les fils électriques, consulte la fiche n°4 -----

Fiche n°4 : Quelle pile choisir ?



Organise

Tu as, à ta disposition, une pile de 1,5V (appelée *pile crayon*, à cause de sa forme) et peut-être une pile de 4,5V (appelée parfois *pile plate* à cause de sa forme).

- ✓ Dans ton cahier, compare les avantages et inconvénients de chacune d'elles (en t'inspirant de l'exemple donné) :
- ✓ Est-elle compatible avec l'ampoule que tu as choisie ?

	Avantages	Inconvénients
Pile de 1,5 V	Elle est rechargeable	
Si tu as d'autres piles...		

Si tu ne sais pas comment :

- dénuder (ou torsader) les fils électriques, consulte la fiche n°1 (ou la fiche n°4)

- relier la pile (ou l'ampoule) au circuit électrique, consulte la fiche n°3 (ou la fiche n°2)



Connais-tu ce logo ?

Que veut-il dire ? si tu ne connais pas sa signification, renseigne-toi.

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Fiche n°1 : Dessin ou *schéma** ?

Comprends mieux

Le dessin :	Les conventions* :	Le schéma* :
Le dessin est une représentation personnelle de la réalité. Le même objet peut être dessiné de façon différente d'un dessinateur à l'autre.	Les conventions sont choisies au départ. Pour que le schéma soit compréhensible de tous il faut que les conventions soient expliquées et acceptées par tous.	Le schéma représente de façon simple la réalité. Le schéma est réalisé à partir des conventions choisies et acceptées par tous.

Le dessin :	Exemple Exemple de conventions choisies :	Le schéma :

Vérifie si tu as compris en faisant l'exercice de la suivante (n°2).

* Tu ne connais pas la signification de ce mot ? Consulte le dictionnaire ou le lexique.



Fiche n°2 : Dessin ou plan ?



Comprends mieux

Dans ton cahier, réalise le plan de la salle de bains dessinées ci-dessous :

Le dessin d'une salle de bains	Les conventions* choisies	La plan de la salle de bains

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

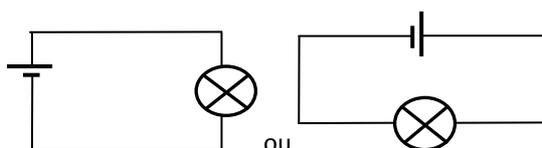
Fiche n°3 : Le schéma électrique et ses conventions*



Comprends mieux

Le dessin d'un circuit électrique	Les conventions <u>imposées</u>	Le schéma du circuit électrique

- !
- La longueur des fils n'a pas d'importance.
 - Dans un schéma aussi simple que celui-ci, l'ordre dans lequel se trouvent les éléments n'a pas d'importance ! Ce qui compte, c'est qu'ils soient tous présents. Ici : une pile, une ampoule électrique et des fils de connexion. Il est donc possible de représenter aussi le circuit ci-dessus par les schémas équivalents :



Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Tu peux également vérifier si tu as compris en faisant les exercices des fiches 4 et 5 de la même série :

Fiche n°4 : Qu'est ce qu'un circuit électrique **ouvert** ?

Comprends mieux

1. Construis réellement le montage ci-dessous (tu as peut-être une pile différente, ce n'est pas important).
2. Dans ton cahier, complète le tableau :

Dessin d'un circuit électrique ouvert	La convention qui t'es imposée pour un interrupteur ouvert	Avec cette convention, quel sera le schéma du circuit électrique ouvert ?

Dans un circuit électrique ouvert, l'ampoule

- brille.
- reste éteinte

Si tu ne sais pas comment :

- dénuder (ou torsader) les fils électriques, consulte la fiche n°1 (ou la fiche n°4)
- relier la pile (ou l'ampoule) au circuit électrique, consulte la fiche n°3 (ou la fiche n°2)

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Fiche n°5 : Qu'est ce qu'un circuit électrique **fermé** ?



Comprends
mieux

1. Modifie le montage de la fiche 4  pour que l'ampoule brille. Qu'as-tu fais ?
2. Dans ton cahier, complète le tableau ci-dessous en dessinant le montage que tu as réalisé et le schéma correspondant :

Dessine un circuit électrique fermé	La convention qui t'es imposée pour un interrupteur fermé	Avec cette convention, quel sera le schéma du circuit électrique fermé ?
		

Dans un circuit électrique ouvert, l'ampoule

- brille.
- reste éteinte

Si tu ne sais pas comment :

- dénuder (ou torsader) les fils électriques, consulte la fiche n°1  (ou la fiche n°4 )
- relier la pile (ou l'ampoule) au circuit électrique, consulte la fiche n°3  (ou la fiche n°2 )

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



Fiche n°6 : Conducteur* ou isolant* électrique ?



Comprends
mieux

Choisis différents petits objets dans la classe (par exemple : un crayon, une gomme...) et teste-les dans le montage de la fiche n°2 .

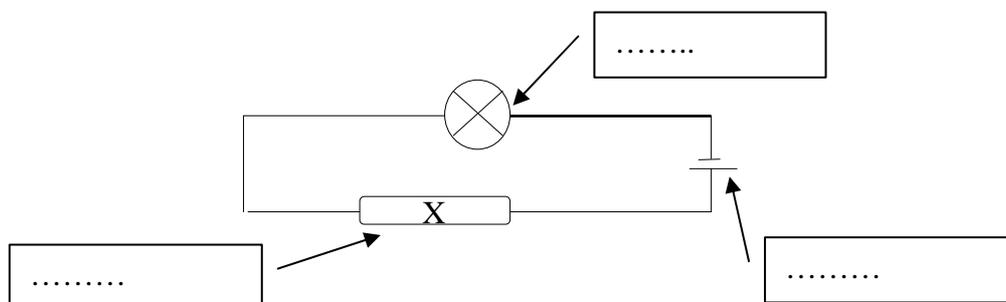
La lampe brille si je mets dans le circuit électrique :	La lampe reste éteinte si je mets dans le circuit électrique :
Les matériaux ci-dessus sont appelés des conducteurs* électriques.	Les matériaux ci-dessus sont appelés des isolants* électriques.

2. En te servant de ce que tu as appris, rédige une **définition** pour les conducteurs électriques et une **définition** pour les isolants électriques. Note ces deux définitions dans ton cahier.

*Tu ne connais pas la signification de ce mot ? Consulte le dictionnaire ou le lexique.

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Fiche n°7 : Résume ce que tu as découvert !

Comprends
mieux

- La lampe brille.
 est éteinte.
- Le circuit est ouvert.
 fermé.
- Le matériau X est conducteur* électrique.
 isolant* électrique.

Exemple de matériaux :

Si tu ne sais pas comment :

-dénuder (ou torsader) les fils électriques, consulte la fiche n°1 (ou la fiche n°4)

-relier la pile (ou l'ampoule) au circuit électrique, consulte la fiche n°3 (ou la fiche n°2)

- La lampe brille.
 est éteinte.
- Le circuit est ouvert.
 fermé.
- Le matériau X est conducteur* électrique.
 isolant* électrique.

Exemple de matériaux :

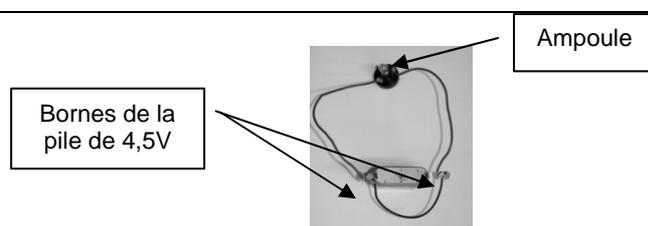
Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



Fiche n°1 : L'ampoule ne brille pas et le fil chauffe !



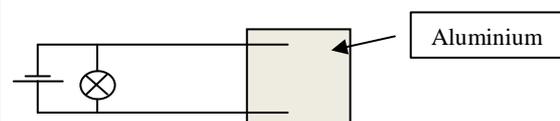
Répare

Ton ampoule ne brille pas et le fil chauffe ? Tu as certainement fait un **court-circuit***.**Soit** ton montage est semblable à celui-ci-dessous

Bornes de la pile de 4,5V

Ampoule

Pour corriger ton montage, tu dois enlever le fil électrique qui ne « sert à rien » mais qui, au contraire, perturbe tout !

Soit ton montage est semblable à celui représenté par le schéma ci-dessous

Aluminium

Pour corriger ton montage, tu dois connecter l'ampoule autrement (en la déplaçant dans le circuit).

Les courts-circuits* sont très dangereux pour nous et pour la maison ! Ils peuvent provoquer des électrocutions* (qui peuvent entraîner la mort) ou provoquer des incendies. On les évite en plaçant dans le circuit électrique de la maison des fusibles* ou des disjoncteurs*.

Quand tu auras fini la construction de ton jeu, consulte la fiche n°7 et réalise l'expérience proposée.

Fiche n°2 : L'ampoule ne brille pas pour une seule question-réponse !



Répare

L'ampoule ne brille pas pour **une seule question-réponse** ?

- a) Tu as relié tes questions et les réponses correspondantes avec du **papier aluminium** :
- La bandelette d'aluminium correspondante n'est-elle pas cassée ?
 - As-tu bien raccordé la bonne réponse à la question correspondante ?
 - Le pointeur touche-t-il bien l'aluminium ?
- b) Tu as relié tes questions et les réponses correspondantes avec des **fils électriques** :
- As-tu bien dénudé le fil électrique, l'as-tu bien attaché ?
 - As-tu bien raccordé la bonne réponse à la question correspondante ?
 - Le pointeur touche-t-il bien le fil électrique (partie métallique) ?



Fiche n°3 : L'ampoule ne brille jamais !



Répare

L'ampoule ne brille pour **aucune** des *questions-réponses* ? Pose-toi les questions suivantes :

- a) N'as-tu pas fait un court-circuit* ? Si tu ne sais pas de quoi il s'agit, consulte la fiche n°1 
- b) Est-ce que l'ampoule est en bon état ? Le filament ne doit pas être cassé !
- c) Est-ce que la pile est encore en bon état ? Pour le vérifier, demande au professeur de t'aider.
- d) Est-ce que l'ampoule est correctement vissée dans la douille ?
- e) Est-ce que tous les contacts entre l'ampoule et la pile sont de bonne qualité ?

**Tu ne connais pas la signification de ce mot ? Consulte le dictionnaire ou le lexique.*

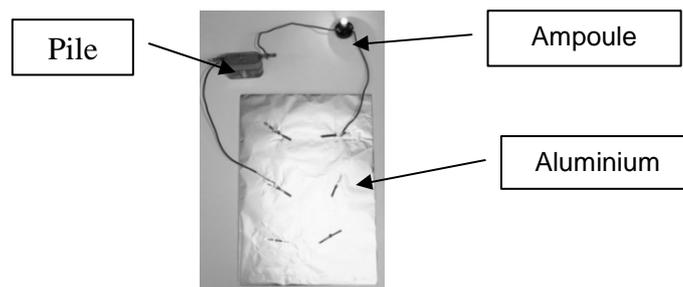
Fiche n°4 : Tu utilises du papier aluminium pour relier les questions et les réponses et l'ampoule brille tout le temps (même pour de mauvaises réponses)



Répare

Ton ampoule brille même pour une mauvaise réponse ?

Tu as probablement fait un montage semblable à celui qui est photographié à droite : tu as fait ce qu'on appelle un court-circuit* !



Pour éviter ce court-circuit, réfléchis, si tu ne sais pas quoi faire : consulte la fiche n°1

Quand tu auras fini la construction de ton jeu, consulte la fiche n°7 et réalise l'expérience proposée. Les courts-circuits sont très dangereux pour nous et pour la maison ! Ils peuvent provoquer des électrocutions (qui peuvent entraîner la mort) et peuvent aussi provoquer des incendies. On les évite en plaçant dans le circuit électrique des fusibles* ou des disjoncteurs*.

*Tu ne connais pas la signification de ce mot ? Consulte le dictionnaire ou le lexique.



Fiche n°5 : La lampe s'allume pour une mauvaise réponse !



Répare

L'ampoule brille alors que la réponse est mauvaise ? Pourquoi ?

Deux possibilités :

- As-tu vérifié si, sur la face arrière de ton jeu, la question et sa bonne réponse sont correctement reliées ?



As-tu remarqué que lorsque tu retournes ta feuille, ce qui était à gauche (ou à droite) sur le recto passe à droite (ou à gauche) sur le verso ? A toi de corriger !

- Tu as utilisé des languettes de papier aluminium pour relier la question à la réponse. Pourquoi l'ampoule s'allume-t-elle même si la réponse est fautive ? Comment « éteindre » l'ampoule pour cette réponse précisément (et pas pour la bonne réponse) ? Quel matériau vas-tu utiliser pour **isoler*** ce circuit électrique ?

* Si tu ne sais pas quel matériau employer, pour **isoler** le circuit consulte la fiche n°2 et la fiche n°6 .

Fiche n°1 : Observation et manipulation d'un autre jeu



Va plus loin

Docteur Maboul :

L'activité

1. Quel est le but du jeu ?
2. Quelles sont les règles de ce jeu ?
3. Que se passe-t-il si tu ne n'opères pas bien ?
4. Que se passe-t-il si tu opères bien ?

La fabrication du jeu

1. Le(s) matériau(x) employé(s) pour la face visible du jeu est-il (sont-ils) conducteur(s) ou isolant(s) ?
2. Le bout de la pince utilisée pour extraire les objets est-il conducteur ou isolant ?
3. L'objet à extraire est-il conducteur ou isolant ? Pourquoi ?
4. Y a-t-il une pile dans ce jeu ? Si oui, où se trouve-t-elle ?
5. A ton avis, que trouveras-tu à l'intérieur du jeu si tu le démontes ? Pourquoi ?
6. Que se passe-t-il si tu utilises une pince à épiler en plastique ?

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

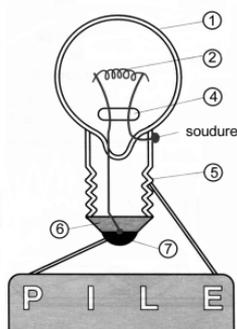


Fiche n°2 : L'ampoule électrique



Va plus loin

Voici l'intérieur de l'ampoule électrique :



- 1) L'ampoule en verre
- 2) Le filament (métallique)
- 3) Le support (métallique) du filament
- 4) La perle de verre
- 5) Le culot ou vis en laiton (métal)
- 6) L'isolant (non métallique)
- 7) Le plot (métal)

Classe les 7 constituants de l'ampoule électrique en deux catégories (conducteurs ou isolants) et note ton classement dans ton cahier.

Conducteurs	Isolants

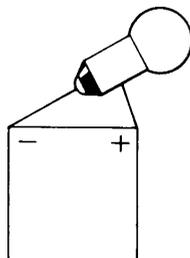
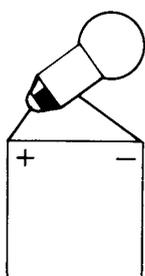
Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Fiche n°3 : Que se passe-t-il quand tu mets l'ampoule électrique en contact avec les bornes de la pile de 4,5V ?



Va plus loin

Essaie les différentes possibilités qui te sont proposées et constate si l'ampoule brille.



Trouve une connexion pour laquelle l'ampoule **ne brille pas** et dessine-la dans ton cahier.

 L'ampoule brille.

 L'ampoule brille.

 L'ampoule brille.

 L'ampoule brille.

 L'ampoule ne brille pas.

 L'ampoule ne brille pas.

 L'ampoule ne brille pas.

 L'ampoule ne brille pas.

Si tu ne comprends pas pourquoi l'ampoule brille ou ne brille pas, consulte la fiche n°2  et réalise le classement proposé.

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



Fiche n°4 : Pourquoi l'ampoule brille-t-elle ?



Va plus loin

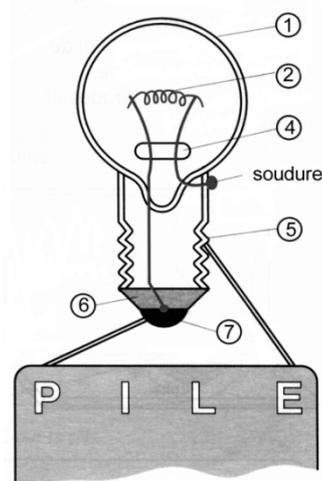
Que se passe-t-il quand nous connectons l'ampoule à la pile de 4,5V ?

L'ampoule brille parce que le filament chauffe très fort (plus environ 2500 degrés Celsius).

Le filament chauffe parce qu'il est traversé par un courant électrique. Le courant électrique est constitué d'électrons qui se déplacent dans les parties conductrices de l'ampoule.

Les électrons vont de la borne négative* de la pile vers la borne positive* en passant par les parties métalliques.

En t'aidant des classements demandés dans la fiche n°2 , montre à ton professeur le trajet suivi par le courant électrique sur le dessin repris ci-contre :



Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

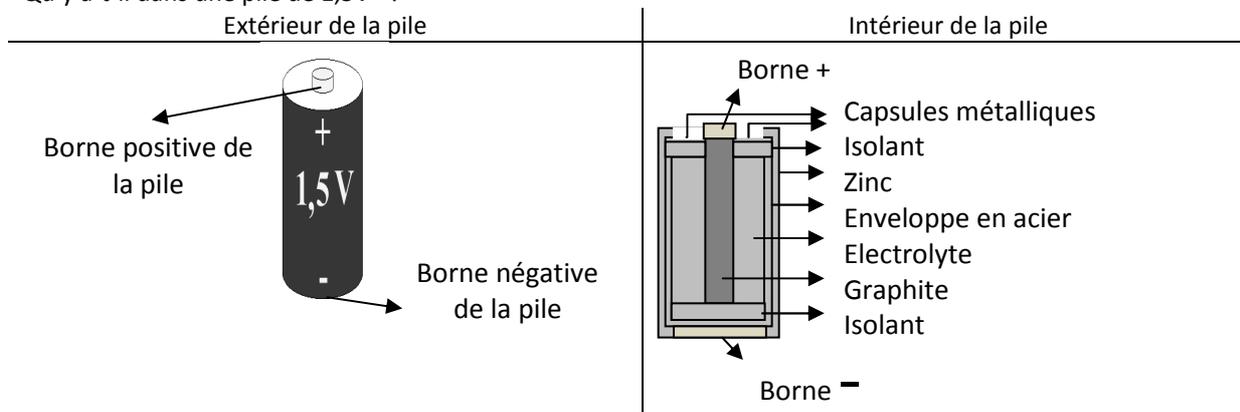
Fiche n°5 : La pile de 1,5 V*



Va plus loin

* Tu ne sais pas où se trouvent les bornes d'une pile ? Consulte les fiches 5 et 6 .

Qu'y a-t-il dans une pile de 1,5V ?



Une pile transforme l'énergie fournie, lors d'une réaction chimique, en énergie électrique. Cette réaction chimique se fait entre ses différents composants (ici le bâton de graphite et la pâte noire). Connais-tu ce logo ?



Quand les piles sont usées, il ne faut pas les jeter dans la poubelle ni dans la nature : les produits chimiques qu'elles contiennent sont *nuisibles* pour l'environnement. Il faut les déposer dans des containers spécifiques que l'on trouve dans les magasins ou dans les décharges.

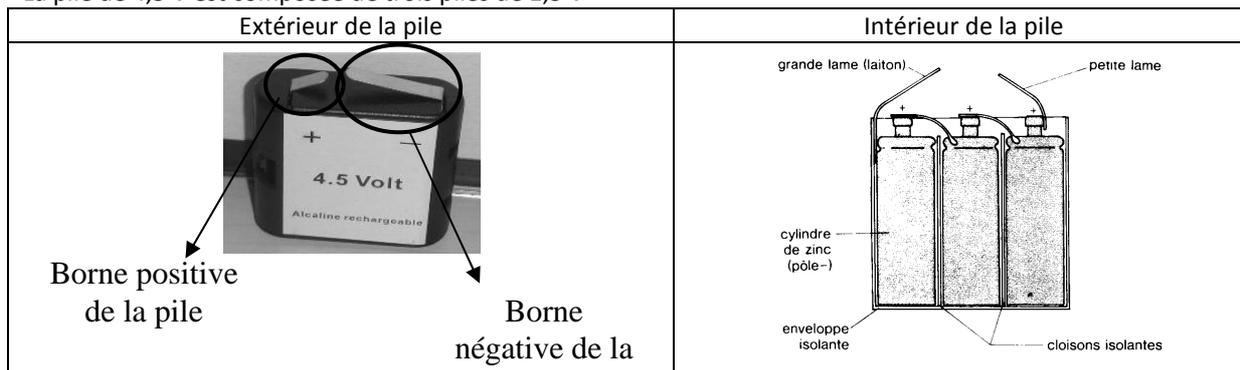


Fiche n°6 : La pile de 4,5 V



Va plus loin

La pile de 4,5 V est composée de trois piles de 1,5 V



L'énergie fournie par la pile provient des réactions chimiques entre ses différents composants.

Connais-tu le logo ci-contre ?



Quand les piles sont usées, il ne faut pas les jeter dans la poubelle ni dans la nature : les produits chimiques qu'elles contiennent sont *nuisibles* pour l'environnement. Il faut les déposer dans des containers spécifiques que l'on trouve dans les magasins ou dans les décharges.

Les accumulateurs sont des piles rechargeables. Il est possible de les recharger grâce à un petit appareil qui s'adapte sur une prise de courant.

Fiche n°7 : Les dangers de l'électricité !



Va plus loin

Pour réaliser cette expérience, tu as besoin :

- ✓ d'une petite assiette à dessert ;
- ✓ de la laine de fer (quelques fils de tampon Jex - assez fins) ;
- ✓ d'une pile de 1,5V ou de 4,5V ;
- ✓ de deux fils électriques (environ 10 cm chacun).

Voici l'expérience que tu peux réaliser :

- ✓ pose quelques fils de la laine de fer dans l'assiette ;
- ✓ dénude les deux extrémités des deux fils électriques sur quelques centimètres ;
- ✓ attache une extrémité de chaque fil à chaque borne de la pile ;
- ✓ touche un fil de la laine de fer avec les deux extrémités libres des deux fils électriques.

Observe ce qui se passe et tire-en les conclusions !

Si tu ne sais pas dénuder un fil électrique, consulte la fiche n°1



Attention aux doigts ! la paille de fer est très chaude, elle peut brûler !

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



ANNEXE 5 – Corrigé des fiches d'aide (Electricité)

Correction de la fiche n°1 : Comment construire le jeu ?



Organise

1. Le principe du jeu est le suivant :
 - a. Le joueur choisit une feuille de questions.
 - b. Sur cette feuille, le jeu lui propose des associations, par exemple le dessin d'un objet d'une part et le nom de cet objet d'autre part.
 - c. Le joueur pose un pointeur sur le dessin et l'autre pointeur sur le nom qu'il a choisi.
2. Dans quelles conditions l'ampoule brille-t-elle ?
 - d. Si la réponse est correcte, l'ampoule s'allume.
 - e. Par contre si la réponse n'est pas correcte, l'ampoule ne brille pas.
3. Les différentes parties du jeu¹⁰ :
 - f. les feuilles de *Questions – Réponses* sont en papier
 - g. les deux pointeurs, que tu tiens en mains, ont un bout métallique
 - h. les fils qui relient les pointeurs au jeu sont des fils conducteurs recouverts de plastique
 - i. à l'intérieur du jeu, en dessous du plateau sur lequel on pose les feuilles du jeu, il y a différentes petites languettes métalliques qui relient la colonne de droite et la colonne de gauche.
4. L'élément, qui est peut-être invisible, mais indispensable est la pile. Sans pile, le jeu ne fonctionne pas.
5. Chaque question est reliée à sa bonne réponse par une bandelette métallique. Toutes les bandelettes se trouvent à l'intérieur du jeu.

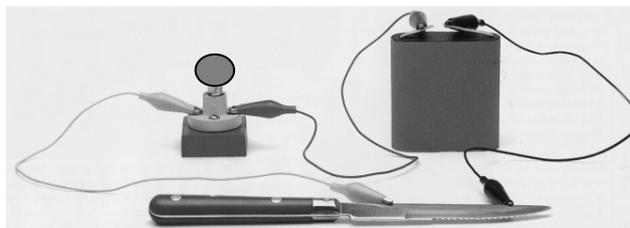
¹⁰ Les différents éléments peuvent être légèrement différents d'un jeu à l'autre mais le principe général reste le même.

Correction de la fiche n°2 : Quel matériau utiliser pour relier les questions à leurs réponses ?



Organise

Dans le montage ci-dessous, si tu remplaces la lame du couteau par différents matériaux :



L'ampoule brille :	L'ampoule reste éteinte :
Le trombone métallique	Le trombone en plastique
La latte métallique	La latte en plastique
La partie métallique de tes ciseaux	Un petit morceau de carton, de papier, de feuille plastique ...
Une bandelette d'aluminium	Une allumette
Une mine de porte-mine	La gaine en plastique des fils électriques
	Du papier collant
	Une gomme
	Un bic en plastique



Tu constates donc que tous les objets métalliques (et la mine de crayon) permettent à l'ampoule de briller tandis que les objets en plastique, en bois, en carton ... ne permettent pas à l'ampoule de briller.

Il faut que tu saches qu'on appelle

- les objets qui **permettent** à l'ampoule de briller, des **conducteurs électriques** et
- les objets qui **ne permettent pas** à l'ampoule de briller, des **isolants électriques**.

Correction de la fiche n°4 : Quelle pile choisir ?



Organise

1. Comparons les avantages et inconvénients de différentes piles

	Avantages	Inconvénients
Piles crayon AAA, AAA ; AA ; (L) R3 ;(L) R6 ;(L) R14 ;(L) R20	Elles peuvent être rechargeables.	Il est plus difficile d'attacher les fils électriques aux bornes de ces piles.
	Elles ne prennent pas beaucoup de place.	Fournissent moins d'énergie que la pile de 4,5V

Pile de 4,5V (dite pile « plate »)	Il est facile d'attacher les fils électriques aux bornes de cette pile.	Elle n'est pas rechargeable.
	Elle fournit plus d'énergie.	Elle prend plus de place.

2. Pour que la pile soit compatible avec l'ampoule choisie il faut que les valeurs indiquées en Volt (V) correspondent. Par exemple : une ampoule de 1,3 V fonctionnera parfaitement avec une pile de 1,5V mais sera brûlée si elle est mise en contact avec une pile de 4,5 V. Par contre une ampoule de 4,5 V ne brillera pas, ou très faiblement, avec une pile de 1,5V.

Remarque : dans la vie courante, on choisit l'ampoule en fonction de la puissance électrique que l'on souhaite, par exemple 40W(Watt), 60W, 100W ...

Le logo :



Ce logo nous rappelle qu'il ne faut pas jeter nos piles usagées n'importe (ni dans les poubelles, ni dans la nature !). Les piles sont des déchets à traiter avec précaution. Elles contiennent des produits chimiques qui peuvent être toxiques et nocifs pour l'environnement. En outre les piles ne sont évidemment pas biodégradables. Il faut donc les déposer dans les containers spécifiques de certains magasins (ou les décharges) qui les récoltent et qui les envoient dans des endroits de traitement.

Correction de la fiche n°2 : Dessin ou plan ?



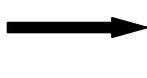
Comprends mieux

Si le dessin d'une salle de bains est :



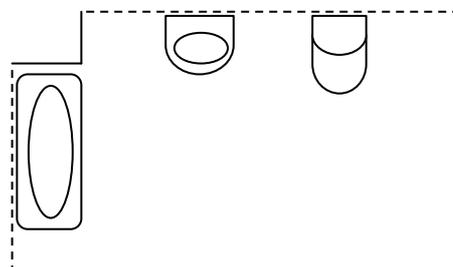
...

... et que les conventions choisies sont :



...

... alors le plan de cette salle de bain est :

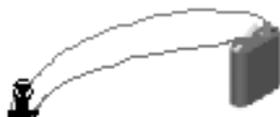


Correction de la fiche n°3 : Le schéma électrique et ses conventions



Comprends
mieux

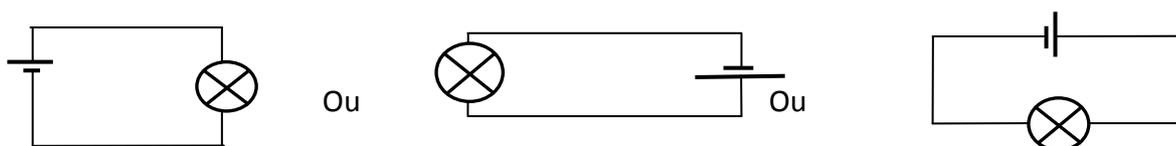
Le dessin d'un circuit électrique :



Si les conventions* imposées sont ...



... alors le schéma correspondant au montage électrique est :



En effet :

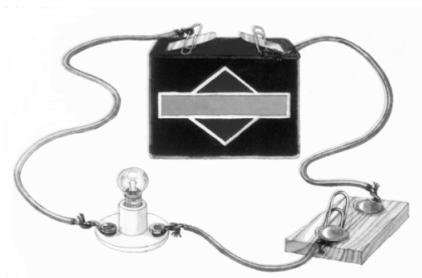
- La longueur des fils n'a pas d'importance.
- Dans un schéma aussi simple que celui-ci, l'ordre dans lequel se trouvent les éléments n'a pas d'importance. Ce qui compte, c'est qu'ils soient tous présents. Ici : une pile, une ampoule électrique et des fils de connexion.

Correction de la fiche n°4 : Qu'est ce qu'un circuit électrique **ouvert** ?



Comprends mieux

Dessin d'un circuit électrique ouvert :



Conventions imposées :

L'ampoule électrique :

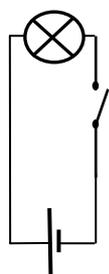


L'interrupteur ouvert :

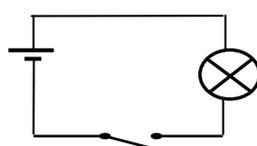
Les fils de connexion :

La pile :

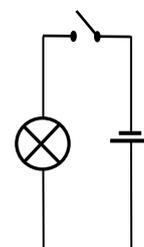
Le schéma d'un circuit ouvert est :



Ou



ou



En effet :

- La longueur des fils n'a pas d'importance.
- Dans un schéma aussi simple que celui-ci : l'ordre dans lequel se trouvent les éléments n'a pas d'importance, ce qui compte c'est qu'ils soient tous présents. Ici : une pile, une ampoule électrique et des fils de connexion.

Dans un **circuit électrique ouvert**, l'ampoule :

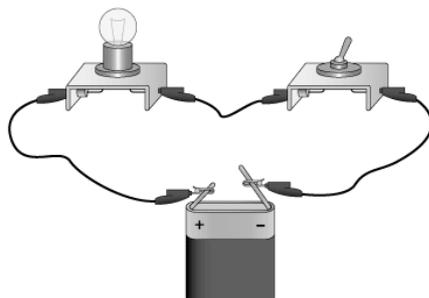
- brille.
- reste éteinte.

Correction de la fiche n°5 : Qu'est ce qu'un circuit électrique **fermé** ?



Comprends mieux

Exemple de dessin d'un circuit électrique fermé (il faut indiquer d'une manière ou d'une autre que la lampe brille, ici, en couleur, on voit que la lampe est colorée en jaune) :



11

... si les conventions imposées sont :

L'ampoule électrique : 

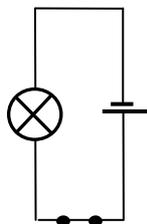


L'interrupteur fermé : 

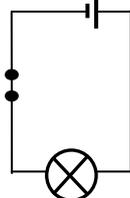
Les fils de connexion : 

La pile : 

... alors le schéma d'un circuit fermé est :



Ou



ou



En effet :

- La longueur des fils n'a pas d'importance.
- Dans un schéma aussi simple que celui-ci : l'ordre dans lequel se trouvent les éléments n'a pas d'importance, ce qui compte c'est qu'ils soient tous présents. Ici : une pile, une ampoule électrique et des fils de connexion.

Dans un **circuit électrique fermé**, l'ampoule :

- brille.
- reste éteinte.

¹¹ www.maxicours.fr/.../5e/206946.html.

Correction de la fiche n°6 : Conducteur ou isolant électrique ?



Comprends mieux

L'ampoule brille si je mets dans le circuit électrique :	L'ampoule reste éteinte si je mets dans le circuit électrique :
Le trombone métallique	Le trombone en plastique
La latte métallique	La latte en plastique
La partie métallique des ciseaux ou du compas	Un petit morceau de carton, de papier, de feuille plastique ...
Une bandelette d'aluminium	Une allumette
Une mine de porte-mine	La gaine en plastique des fils électriques
...	Du papier collant
	Une gomme
	Un bic en plastique
	...



Tu constates donc que tous les objets métalliques (et la mine de crayon) permettent à l'ampoule de briller tandis que les objets en plastique, en bois, en carton ... ne permettent pas à l'ampoule de briller.

Conducteur électrique :

- Définition : Un conducteur électrique est un matériau qui permet, à la lampe de briller, il laisse passer le courant électrique dans le circuit.
- D'une manière générale, tous les métaux sont de bons conducteurs d'électricité
- Remarques : l'eau est aussi un bon conducteur électrique, la mine de crayon est aussi un peu conductrice si elle est en carbone (l'ampoule brille peu).

Isolant électrique :

- Définition : Un isolant électrique est un matériau qui ne permet pas à la lampe de briller, il empêche le courant électrique de circuler dans le circuit électrique.

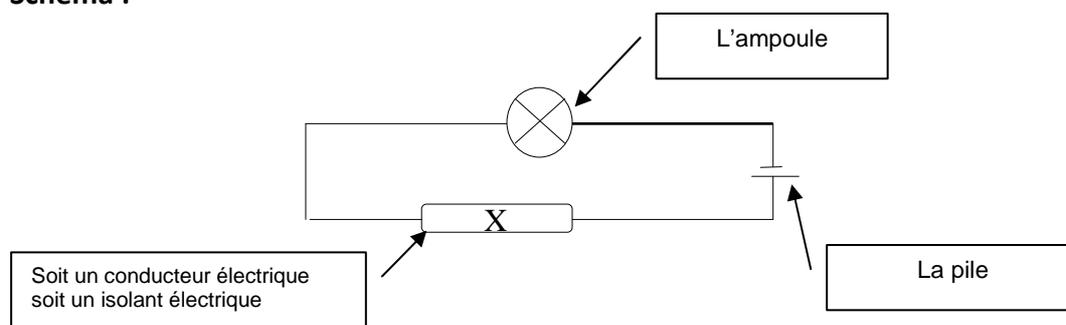
Tous les matériaux non métalliques sont de bons isolants électriques.

Correction de la fiche n°7 : Résume ce que tu as découvert ?



Comprends mieux

Schéma :



La lampe brille.
 est éteinte.

Le circuit est ouvert.
 fermé.

Le matériau X est conducteur électrique
 isolant électrique.

Exemple de matériaux :
bois, plastique, papier ...

La lampe brille.
 est éteinte.

Le circuit est ouvert.
 fermé.

Le matériau X est conducteur électrique.
 isolant électrique.

Exemple de matériaux :
métal (ou mine de crayon)

Dans le schéma ci-dessus tout dépend du matériau X :

- Si le matériau **X** est un **conducteur électrique** alors le circuit sera fermé et l'ampoule pourra briller. Tous les objets métalliques sont de bons conducteurs électriques.
- Si le matériau **X** est un **isolant électrique** alors le circuit est ouvert et l'ampoule ne peut pas briller. D'une manière générale, tous les objets qui ne sont pas métalliques sont isolants électriquement : le bois, le plastique, le caoutchouc, le verre ...

Correction de la fiche n°1 : Observation et manipulation d'un autre jeu



Docteur Maboul :

L'activité :

5. Le but du jeu est d'exercer la dextérité (la justesse dans le geste) des enfants.
6. Les règles de ce jeu : le joueur doit retirer un élément en plastique en utilisant une pince à épiler métallique.
7. Le joueur ne peut pas toucher le bord de la cavité dans laquelle se trouve l'objet car s'il touche le bord, une sonnerie retentit, le nez du patient s'éclaire et le joueur a échoué.
8. Si le joueur ne touche pas le bord de la cavité dans laquelle se trouve l'objet, l'extraction est réussie, aucune sonnerie ne retentit, le nez du patient ne s'éclaire pas et le joueur a réussi son opération.

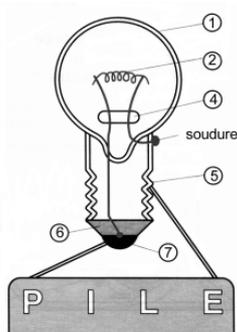
La fabrication du jeu

7. Le(s) matériau(x) employé(s) pour la face visible du jeu :
 - a. Le dessin du patient est réalisé sur une feuille en carton et est donc un bon isolant électrique
 - b. Les bords de chacune des cavités dans le corps du patient sont en métal donc conductrices d'électricité
8. Le bout de la pince utilisée pour extraire les objets est métallique donc conductrice
9. L'objet à extraire est en plastique, donc isolant, pour ne pas déclencher l'alarme quand le joueur le saisit avec sa pince
10. Il y a une pile dans ce jeu, elle se trouve dans un boîtier situé en dessous du plateau.
11. Si je démonte le jeu je trouve, coincée entre la feuille de carton et le support en plastique du jeu, une feuille métallique qui relie tous les bords des cavités dans lesquelles il faut enlever l'objet? C'est cette feuille qui « ferme » le circuit électrique lorsque le joueur est maladroit et qui permet donc à l'ampoule de briller et à la sonnerie de retentir.
12. Si j'utilise une pince à épiler en plastique jamais la sonnerie ne retentira et l'ampoule ne brillera : la pince en plastique ne fermera pas le circuit électrique puisque le plastique est bon isolant électrique.

Correction de la fiche n°2 : L'ampoule électrique



Voici l'intérieur de l'ampoule électrique :



- 8) L'ampoule en verre
- 9) Le filament (métallique)
- 10) Le support (métallique) du filament
- 11) La perle de verre
- 12) Le culot ou vis en laiton (métal)
- 13) L'isolant (non métallique)
- 14) Le plot (métal)

Les 7 constituants de l'ampoule électrique peuvent se classer en deux catégories (conducteurs ou isolants) :

Conducteurs électriques	Isolants électriques
Le filament (métallique)	L'ampoule en verre
Le support (métallique) du filament	La perle de verre
Le culot ou vis en laiton (métal)	L'isolant (non métallique)
Le plot (métal)	



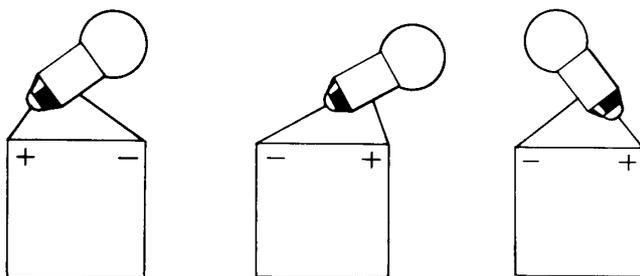
Le courant électrique va donc pouvoir circuler le long du chemin formé par les conducteurs électriques (filament, support du filament, culot ou vis en laiton, plot) et ne traversera pas les isolants (ampoule en verre, perle de verre, isolant).

Correction de la fiche n°3 : Que se passe-t-il quand tu mets l'ampoule électrique en contact avec les bornes de la pile de 4,5V ?

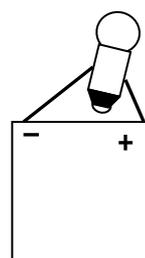


Essaie les différentes possibilités et constate si l'ampoule brille :

L'ampoule **brille** pour toutes ces connexions :



Connexion pour laquelle l'ampoule **ne brille pas** :



Si tu ne comprends pas pourquoi l'ampoule brille ou ne brille pas, consulte la fiche n°2  et réalise le classement proposé.

Correction de la fiche n°4 : Pourquoi l'ampoule brille-t-elle ?

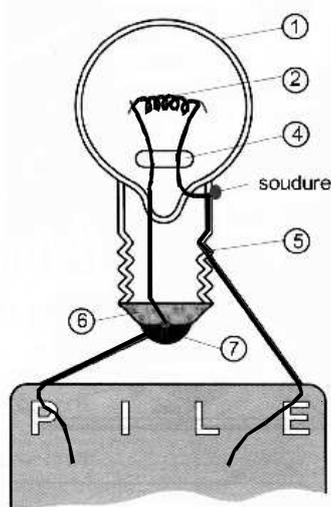


Quand nous connectons l'ampoule à la pile de 4,5V l'ampoule brille parce que le filament chauffe très fort (plus environ 2500 degrés Celsius).

Le filament chauffe parce qu'il est traversé par un courant électrique. Le courant électrique est constitué d'*électrons* qui se déplacent dans les parties conductrices de l'ampoule.

Les électrons vont de la borne négative* de la pile vers la borne positive* en passant par les parties métalliques.

Le trajet suivi par le courant électrique est le suivant :



*Tu ne sais pas où se trouvent les bornes d'une pile ? Consulte les fiches 5 et 6 .

Correction de la fiche n°7 : Les dangers de l'électricité !



Va plus loin

Voici l'**expérience** que tu peux réaliser :

1. Pose quelques fils de tampon Jex (assez fins) dans le fond d'une assiette;
2. Prends la pile (4,5V ou de 1,5V) et approche les deux bornes de la pile d'un fil de tampon Jex. Lorsque les deux bornes touchent en même temps le fil de laine de fer; celui-ci se met à chauffer et presque instantanément brûle !
 - Si tu utilises une pile de 4,5V il est très facile de mettre ses bornes en contact avec un fil de fer.
 - Par contre si tu utilises une pile crayon (de 1,5V par exemple) tu dois fixer à chaque borne de la pile un petit fil électrique) Ce sont ces deux fils conducteurs qui te permettront de toucher en même temps les deux extrémités du fil de la laine de fer.



Attention aux doigts ! La paille de fer est très chaude, elle peut brûler !

Constations :

Le fil de laine de fer brûle presque instantanément.

Pourquoi ?

Le fil brûle car la pile fait circuler un courant électrique dans ce fil qui est fin.

Pour comprendre pourquoi le fil chauffe, imagine des personnes qui courent dans un couloir. Plus le couloir est étroit, plus les personnes vont se frotter les unes aux autres en courant. Or, tu sais que quand il y a frottement, il y a aussi échauffement (frotte tes deux mains l'une contre l'autre, elles chauffent !). Pour le fil de laine de fer qui est dans l'assiette, c'est la même chose, le courant électrique qui y circule le fait chauffer et cela tellement fort qu'il brûle et se casse.

Application :

Les fusibles



Pour éviter les incendies dans les maisons on place dans le tableau électrique des fusibles. Le fusible est un fil très fin qui est calibré pour laisser passer un courant électrique. Si pour une raison ou une autre, le courant devient plus fort, le fusible fond, donc ouvre le circuit électrique de la maison et protège l'installation de tout risque d'incendie. Le fusible joue le rôle d'interrupteur.

Les disjoncteurs



Le fusible a un inconvénient, quand il s'est cassé il doit être remplacé. Les disjoncteurs évitent ce désagrément tout en remplissant la même fonction que les fusibles. Une fois le problème diagnostiqué et réparé, il suffit réenclencher le disjoncteur et le circuit est à nouveau fermé.



Fusibles et disjoncteurs sont groupés dans le tableau électrique de la maison. Celui-ci se trouve généralement dans le garage, la cave ou le hall d'entrée de la maison.

Si tu ne sais pas dénuder un fil électrique, consulte la fiche n°1 

Si tu ne sais pas comment fixer les fils électriques sur les deux bornes de la pile, consulte la fiche n°3 

ANNEXE 6 – Dossier Enseignant (Energie)

Sommaire

Introduction.....	1
1.1. Les compétences visées	1
1.2. Les paramètres variables :.....	2
1.3. Les trois versions « moteur », « dynamo » et « ventilateur »	3
1.4. Le défi	5
1.5. Les outils mis à la disposition des élèves sont :	5
1.6. Les deux dessins individuels, le dessin de groupe et le dessin de synthèse.....	5
1.7. Le diagnostic des élèves « Je me pose des questions »	6
1.8. Les fiches d'aide	7
1.9. Le matériel.....	7
1.10. Le timing.....	8
1. Quelques notions théoriques.....	9
2.1. La notion d'énergie	9
2.2. Conservation de l'énergie	11
2.3. Unité d'énergie sans le Système International	11
2.4. La LED	12
2.5. Les moteurs électriques	13
2.6. La lampe dynamo et la dynamo de bicyclette	14
2.7. Le moteur employé comme générateur de courant.....	15
2.8. L'ampoule alimentée par le moteur la dynamo ou le ventilateur	15
2. Quelques préconceptions erronées repérées.....	16
3. Les fiches de remédiation (appelées fiches d'aide pour les élèves)	17
4.1. Les fiches <i>construction proprement dite</i>	17
4.2. Les fiches <i>organisation et choix des paramètres</i>	19
4.3. Les fiches <i>concepts</i>	20
4.4. Les fiches <i>pannes</i>	25
4.5. Les fiches <i>pour aller plus loin</i>	25
4. La synthèse - le concept d'énergie.....	26
5. Le matériel.....	30
Bibliographie et sites Internet.....	31
Annexe : Synthèse du concept d'énergie.....	33

Introduction

La construction, par les élèves, d'une mini-éolienne a comme avantage de mettre en évidence la chaîne¹² d'objets qui interagissent. L'énergie pourra être comparée à une sorte de « monnaie d'échange commune entre les phénomènes physiques. Ces échanges sont contrôlés par les lois et les principes de la thermodynamique¹³ » entre les différents éléments. La notion d'énergie peut alors être introduite en tant que concept universel et non pas sous une étiquette particulière (cinétique, potentielle, électrique...). Il ne s'agit bien évidemment que d'une première approche qui devra être consolidée de manière récurrente tout au long du cursus de l'élève.

1.1. Les compétences visées

Par le biais de la construction de la mini-éolienne, les savoir-faire visés sont, comme dans le cas de la construction du jeu *électro* :

Compétences disciplinaires :

- L'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices susceptibles d'influencer la situation envisagée.
- Concevoir ou adapter une procédure expérimentale pour analyser la situation en regard de l'énigme. Imaginer et construire un dispositif expérimental simple.
- Comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique.
- Schématiser une situation expérimentale.
- Confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés.
- Valider des résultats de recherche.
- Elaborer un concept, un principe.

Compétences transversales :

- Démarches mentales : saisir, traiter, mémoriser, utiliser et communiquer l'information.
- Manières d'apprendre : réflexion sur la méthode de travail, planifier une activité, utiliser des outils de travail, des documents de référence.
- Attitudes relationnelles : se connaître, prendre confiance, connaître les autres et accepter les différences.

¹² Éclairons notre lanterne - Enseignement secondaire – thème 6 – Cours de sciences au 1^{er} degré – AGERS

¹³ <http://fr.wikipedia.org>

Par le biais de la construction de la mini-éolienne, les savoirs visés sont :

L'énergie :

Généralités :

- Transformation d'une énergie en une autre (pas de relevé exhaustif).

L'électricité :

- L'électricité est le résultat d'une transformation d'énergie.

1.2. Les paramètres variables :

Afin de permettre aux élèves d'expérimenter la démarche scientifique et de tester l'influence de différents paramètres liés aux composants utilisés (moteurs, hélices, ampoules, souffleries), les éléments de l'éolienne sont variés : une petite ampoule classique et une LED (importance de la consommation électrique) ; l'hélice en papier cartonné, l'hélice d'aéromodélisme et l'hélice d'un ventilateur d'ordinateur (influence de la taille des pales) ; la dynamo de bicyclette, un moteur différent et le moteur attaché au ventilateur (difficulté de mettre l'arbre en mouvement) ; deux souffleries sur le sèche-cheveux (effet de la vitesse du vent).

Premier paramètre : le système d'entraînement

Il y a trois versions possibles pour la construction de l'éolienne : la version que nous appellerons « dynamo » fonctionne avec une dynamo de bicyclette, la version « moteur » qui fonctionne avec un mini-moteur électrique et la version « ventilateur ». Les élèves sont libres de choisir la version qui leur convient le mieux. Mais une fois ce choix effectué, sous l'effet de contraintes purement matérielles, le type d'hélice sera choisi aussi. Seule une hélice en carton pourra être fixée sur la dynamo, pour autant que l'élève lui donne les bonnes dimensions. L'arbre du mini-moteur électrique ne pourra accepter que l'hélice d'aéromodélisme alors que le moteur et l'hélice du ventilateur sont déjà fixés ensemble.

Deuxième paramètre : l'hélice

Il y a trois types d'hélices, l'hélice d'aéromodélisme en plastique, l'hélice en carton que l'élève doit confectionner lui-même (dans la boîte de matériel, un morceau de carton interpelle justement l'élève à ce sujet) et l'hélice du ventilateur (les pales sont différentes de l'hélice d'aéromodélisme). Comme nous venons de le dire dans le paragraphe précédent, le type d'hélice (carton ou plastique ou ventilateur) est imposé par le choix du système d'entraînement.

Troisième paramètre : le système d'éclairage à alimenter

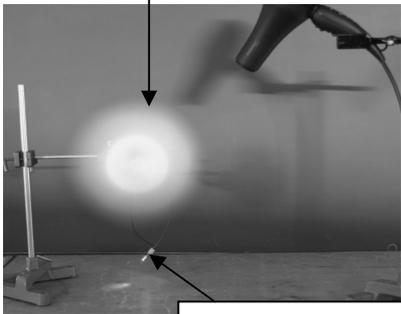
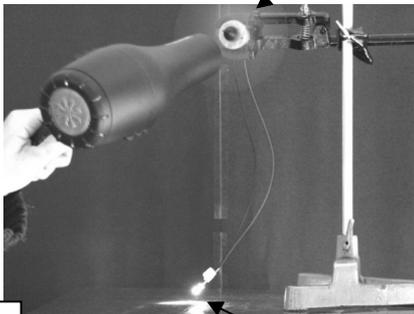
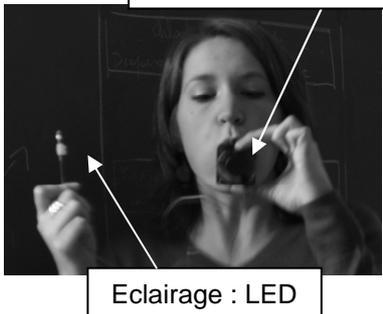
Une petite ampoule à filament (3,5V) et une LED (ampoule à faible consommation énergétique) sont proposées. Seule la LED pourra briller avec le système construit. Il faudrait un multiplicateur de vitesse pour faire briller l'ampoule classique. Le moteur présent dans la valisette et le ventilateur fournissent un courant continu, il faudra donc que la diode soit branchée dans le bon sens. L'utilisation de cette lampe un peu spéciale peut sembler être un inconvénient mais c'est, pour les élèves, l'occasion de découvrir une lampe qui fait, pour des raisons d'économie, son apparition dans un nombre de plus en plus grand d'applications. Les élèves qui choisissent l'option « dynamo » ne rencontrent pas ce problème puisque la dynamo fournit un courant alternatif.

Quatrième paramètre : la ventilation

La puissance de l'éolienne est fonction du cube de la vitesse du vent. Il faut donc un sèche-cheveux suffisamment puissant : les modèles à une seule vitesse de soufflerie sont parfois insuffisants.

1.3. Les trois versions « moteur », « dynamo » et « ventilateur »

L'idéal serait que les trois versions soient choisies par la classe de manière à confronter les dispositifs. Chacune de ces trois possibilités a ses propres avantages et ... inconvénients.

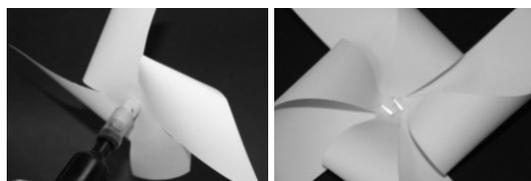
Version <i>dynamo</i>	Version <i>moteur</i>	Version <i>ventilateur</i>
<p>Hélice en carton</p>  <p>Eclairage : LED</p>	<p>Hélice d'aéromodélisme</p>  <p>Eclairage : LED</p>	<p>Ventilateur d'ordinateur</p>  <p>Eclairage : LED</p>
<p>Générateur de courant (derrière l'hélice) : dynamo de bicyclette</p>	<p>Générateur de courant (derrière l'hélice) : moteur électrique</p>	<p>Générateur de courant (au centre du ventilateur) : ventilateur d'ordinateur</p>

⚠ Les élèves qui travaillent avec la version « moteur » doivent être soigneux et respectueux du matériel. En effet, il s'agit d'un matériel fragile du fait de toutes les contraintes physiques. L'axe du moteur ne doit pas être tordu, les pieds des LED ainsi que leurs supports sont fragiles. L'hélice en plastique doit être fixée et enlevée en étant maintenue par le centre et non par les extrémités (dans ce cas elle se déforme). Ces contraintes, que les élèves motivés et soigneux respectent sans problème, sont contrebalancées par les avantages de ce dispositif : quatre paramètres possibles. Il faudra donc que les élèves fassent preuve d'organisation (plan d'action), de rigueur (faire varier un seul paramètre à la fois), de bon sens (choix d'un paramètre plutôt qu'un autre) et de respect du matériel pour parvenir à relever le défi.

Les élèves qui ont choisi la version « ventilateur » doivent aussi travailler soigneusement : les LED, leurs fixations et les fils de connexion liés au ventilateur sont fragiles. Il est parfois bon de rappeler aux élèves qu'il ne faut pas couper ces fils, qu'ils seront utiles.

Les élèves qui ont choisi la version « dynamo » travaillent avec un matériel qui, mis à part les LED, est plus solide. La dynamo ne risque, en principe, aucun dégât, la fixation de l'hélice avec le bouchon est solide aussi.

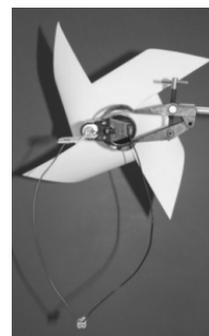
Il faut cependant prendre la précaution de fixer l'hélice avec deux points d'attache (avec un seul point, elle tourne sous l'effet de la ventilation mais n'entraîne pas le bouchon et donc la dynamo), avec une agrafeuse par exemple :



Cette fixation peut se révéler délicate si l'élève utilise lui-même l'agrafeuse (voir fiche n°5). Il est possible d'éviter ce risque en fixant l'hélice en carton avec deux punaises, mais le système ne doit pas être trop lourd.

Pour cette option aussi, les compétences sollicitées chez les élèves sont multiples. Elles vont des compétences nécessaires à toute démarche scientifique : organisation, rigueur et bon sens aux compétences manuelles de découpage ! Les élèves découperont certainement des différentes formes d'hélices !

Enfin, les deux fils de la LED sont reliés aux deux bornes de la dynamo.





Les deux thèmes (énergie et électricité) sont tout à fait indépendants mais leurs organisations sont identiques. Nous reprenons donc ici les lignes directrices de l'organisation présentées dans le cas du jeu *électro*. Pour les enseignants qui ont travaillé avec leurs élèves la construction du jeu *électro*, il y aura donc quelques redites dans les paragraphes qui suivent alors que pour les enseignants qui ont choisi uniquement la construction de la mini-éolienne il s'agira d'une première lecture.

1.4. Le défi

Les questions d'énergie sont et seront, dans les années à venir, de plus en plus cruciales, il faudra rapidement trouver des solutions alternatives à la crise du pétrole. Les éoliennes qui fleurissent dans notre paysage, font partie du panel de solution à mettre en place ! Comprendre leur principe général de fonctionnement peut être intéressant pour les élèves en tant que futurs citoyens.

1.5. Les outils mis à la disposition des élèves sont :

- différents petits dossiers contenant des informations pratiques sur les éoliennes, les centrales électriques, ... ;
- un dictionnaire, un lexique ;
- des fiches de travail : la grille d'autodiagnostic (*Je me pose des questions*) et des fiches de remédiation ;
- l'inventaire et le matériel.

1.6. Les deux dessins individuels, le dessin de groupe et le dessin de synthèse



Contrairement à celle du jeu de l'électro, la schématisation de l'éolienne n'a pas de sens. Les élèves travailleront donc à partir de dessins et non de schémas.

La nécessité des dessins se justifie de deux manières :

- avant toute construction d'un dispositif, quel qu'il soit, il faut réfléchir et faire un plan. Ce premier dessin est là pour que les élèves en prennent bien conscience ;
- la comparaison de ces dessins (avant et après construction) permettra aux élèves de prendre conscience de l'évolution de leurs connaissances personnelles.

Les élèves sont invités à faire un premier dessin individuel de l'éolienne avant de la construire et par la même occasion, à lister le matériel nécessaire à sa construction. Ce premier dessin permet de fixer les connaissances de l'élève avant qu'il ne commence la construction.

Ensuite, après avoir formé les groupes, discuté et argumenté, les élèves se mettent d'accord sur un dessin commun et sur une nouvelle liste de matériel. Ce sera ce dessin qui servira de base à la construction proprement dite.

Une fois l'éolienne construite, chaque élève réalise à nouveau son dessin personnel.

La comparaison des dessins individuels « avant » et « après » permet à l'élève de mesurer si une évolution s'est amorcée dans ses représentations. Si une progression est observée, il pourra examiner dans quel sens ces changements se sont opérés tandis que si aucune évolution n'est constatée, il s'agira de comprendre pourquoi.



Les dessins sont les seules étapes imposées aux élèves, la réflexion est menée par chaque groupe, indépendamment de celle des autres groupes.

1.7. Le diagnostic des élèves « Je me pose des questions »



La fiche d'autodiagnostic permet aux élèves de sérier les difficultés rencontrées au moment où elles apparaissent. Il faut inciter les élèves à la consulter à tout moment.

Cette fiche est composée de différentes « marguerites ». Chaque *marguerite* est repérée par un logo différent et correspond à un type particulier de difficulté susceptible de poser problème à l'élève. Ainsi, si la difficulté est de l'ordre de la construction pure de l'éolienne, l'élève situe sa question dans la « marguerite » repérée par le logo de la main qui tient une *clé anglaise* . Chaque fiche d'aide répondant à la difficulté ciblée présentera le même logo que la difficulté, en l'occurrence ici la *clé anglaise*. Si la difficulté est de l'ordre du choix du matériel la *marguerite* à consulter est la *marguerite* identifiée par le personnage qui se pose une question quant au *choix de la direction à prendre*. Si l'élève se pose des questions sur l'utilisation du moteur en tant que générateur de courant ou sur le concept d'énergie, il consultera la *marguerite* verte dont le centre est un personnage qui *regarde à la loupe* . Si l'éolienne ne permet pas d'alimenter la LED, l'élève cherchera à identifier la panne dans la *marguerite* du *diable* . Finalement, l'élève qui aurait fini avant les autres peut approfondir certains composants grâce à la *marguerite* blanche avec le personnage qui franchit la *ligne d'arrivée*.

1.8. Les fiches d'aide

Ces fiches proposent des activités ou réflexions qui permettent à l'élève de surpasser la difficulté rencontrée à ce moment spécifiquement. Aucune fiche ne donnera LA solution pour construire l'éolienne mais chacune complète les autres de manière à pallier, normalement, à toutes les difficultés des élèves.

Ainsi les fiches repérées par la main qui tient la *clé anglaise* donnent des conseils pragmatiques comme par exemple fixer la LED sur son support. Les fiches dont le logo est le personnage qui doit choisir *la direction à prendre* proposent des comparaisons, des classifications pour choisir dans le matériel proposé : entre moteur et dynamo, hélice carton ou hélice d'aéromodélisme, entre les systèmes d'entraînement, ... Les fiches marquées du personnage *qui regarde à la loupe* permettent à l'élève d'appréhender la notion d'énergie, les différentes formes (mécanique, électrique, lumineuse, thermique...) ainsi que ses transformations dans le cas de l'éolienne. Les fiches qui permettent à l'élève de diagnostiquer une panne et d'y remédier sont les fiches marquées par le petit *diable*. Enfin les fiches comportant le logo du personnage *qui passe la ligne d'arrivée* permettent aux élèves qui ont fini la construction d'aller plus loin dans l'étude de certains composants comme, par exemple, de constater que les éléments essentiels de la dynamo de bicyclette, du moteur ou de la lampe dynamo sont identiques et ainsi d'entrevoir une ébauche de réponse à la question : pourquoi il utilise-t-on un moteur comme générateur de courant électrique ?

1.9. Le matériel

Le matériel nécessaire peut se classer en trois catégories :

- le matériel individuel¹⁴ à chaque groupe qui se trouve dans le coffret ;
- le matériel commun, déposé par l'enseignant au centre de la classe ;
- le matériel que les élèves apporteront eux-mêmes.

Le coffret contient les éléments essentiels à savoir : une hélice d'aéromodélisme en plastique, deux lampes (une petite ampoule classique et une LED) et leurs supports respectifs, un moteur électrique, du fil électrique avec gaine plastique (à dénuder).

L'enseignant dispose sur une table au centre de la classe :

- trois dynamos de bicyclette ;

¹⁴ Nous conseillons de ne pas laisser le matériel prévu pour le jeu électro dans le matériel individuel : en effet la pile perturbe les élèves qui veulent l'utiliser comme source de courant ... Les piles feront donc partie uniquement du matériel disponible près de l'enseignant.

- une lampe dynamo
- trois systèmes de ventilation d'ordinateur ;
- trois piles qu'il faudra recharger (pour vérifier au besoin l'état de l'ampoule, du moteur ou du ventilateur) ;
- trois pinces à dénuder ;
- trois tournevis ;
- un sèche-cheveux ;
- trois bouchons en liège et trois petits tuyaux en plastique (pour réaliser le support de l'hélice en papier)
- les dossiers à imprimer faisant partie du matériel livré avec les coffrets.

Les élèves seront chargés d'apporter un sèche-cheveux (un par groupe), des pinces à dénuder et des tournevis s'ils en ont chez eux, une paire de ciseaux, de la colle, du papier collant, des punaises, des trombones.

L'enseignant prévoit aussi sur la table :

- des rallonges électriques pour aller des prises de courant du local vers les différents bancs ;
- deux dictionnaires ;
- éventuellement, des statif, noix et système de fixation (bien que ce ne soit pas un élément important à la construction, les élèves insistent souvent pour construire un mât à leur éolienne) ;
- une grosse agrafeuse permettant de fixer des agrafes dans un mur ou alors des agrafes et un marteau (pour fixer l'hélice en papier) ;
- des feuilles A4 cartonnées (pour l'hélice en papier).

Il est important que les élèves gardent des traces écrites de certaines réflexions, choix ou questions. Il est donc bon qu'ils prévoient soit un petit cahier d'expériences (appelé aussi carnet de bord), soit des feuilles de classe.

1.10. Le timing

Suivant l'objectif visé et suivant les disponibilités, il est conseillé de prévoir environ quatre ou cinq périodes :

- 1^e période : annonce du défi, premier dessin individuel, dessin par groupe ;

- 2^e et 3^e périodes : présentation des outils (grille d'autodiagnostic, les fiches d'aide et du lexique) premiers essais avec le matériel et construction proprement dite de l'éolienne ;
- 4^e période : deuxième dessin individuel, comparaison des deux dessins et synthèse ;

1. Quelques notions théoriques

2.3. La notion d'énergie

La notion d'énergie¹⁵ n'est pas facile à enseigner aux élèves car il s'agit d'un concept qui est l'un des plus « abstraits et des plus multiformes de la science »¹⁶. Ce terme d'« énergie » n'est d'ailleurs apparu que tardivement dans la littérature scientifique. Ainsi le mot « energy » (introduit par T. Young) date du 1807, il ne sera employé à la place du mot « force » qu'en 1850 (par W. Thomson). Le mot « énergie » n'apparaîtra qu'en 1875 dans la littérature scientifique française !

L'énergie est nécessaire chaque fois que l'on souhaite « réaliser un événement non réalisable de manière immédiate »¹⁷ (par exemple : faire briller une lampe, faire rouler une voiture, faire cuire un aliment...). Ce concept permet d'expliquer les différents échanges qui existent entre les objets qui interagissent entre eux.

En aidant les élèves à se représenter le montage expérimental comme une *chaîne*¹⁸ d'objets qui interagissent entre eux, il est possible d'introduire, de manière superficielle certes mais correcte, la notion d'énergie. Il ne s'agit bien évidemment que d'une première approche qui devra être consolidée de manière récurrente par la suite dans le cursus de l'élève.

L'avantage d'étudier un système complexe tel que celui proposé aux élèves est de pouvoir amener la notion d'énergie comme un concept universel, et non pas de le particulariser comme étant soit de l'énergie cinétique soit de l'énergie potentielle.

L'élève considère donc le montage qu'il a réalisé comme une chaîne d'objets qu'il dessine tout d'abord de manière exclusivement figurative. Tous ces objets mis bout à bout seront capables, en fin de chaîne, de produire l'effet voulu ici : allumer une petite lampe.

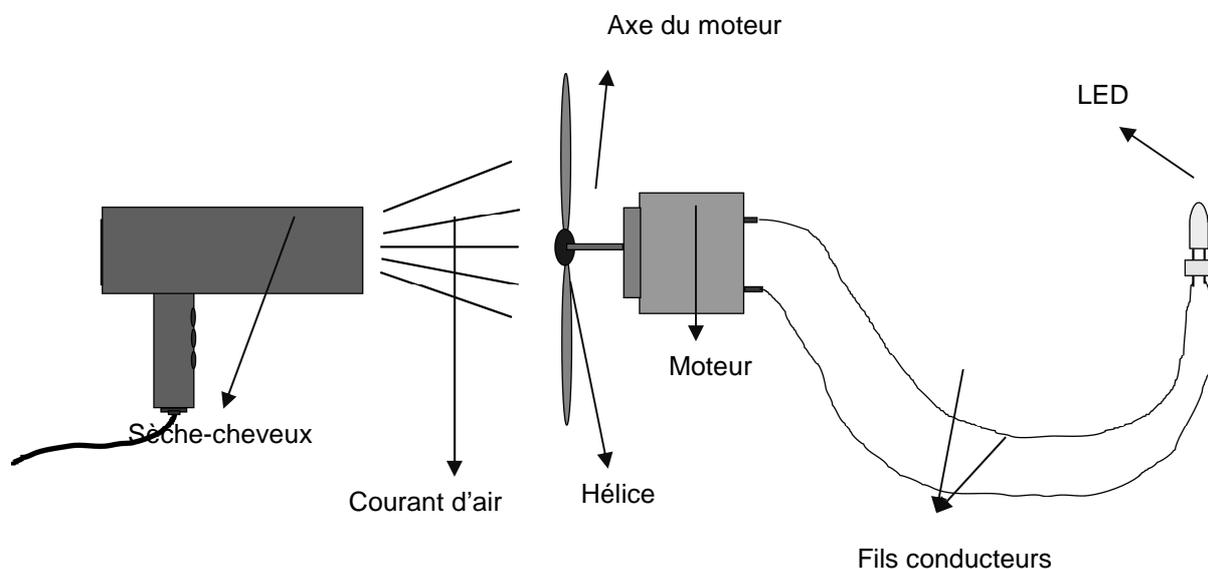
¹⁵ Le mot énergie provient du grec (*energeia*) qui signifie « force en action » par opposition à *dynamis* qui lui signifie « force en mouvement ».

¹⁶ Physique fondamentale et énergétique : les multiples visages de l'énergie – R. Balian – Académie des Sciences.

¹⁷ Construire des concepts en physique – G. Lemeignan, A. Weil-Barais – Hachette Education – 1993.

¹⁸ Éclairons notre lanterne - Enseignement secondaire – thème 6 – Cours de sciences au 1^{er} degré – Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique (voir aussi : Construire des concepts en physique – G. Lemeignan, A. Weil-Barais – Hachette Education – 1993).

Voici un des dessins possibles :

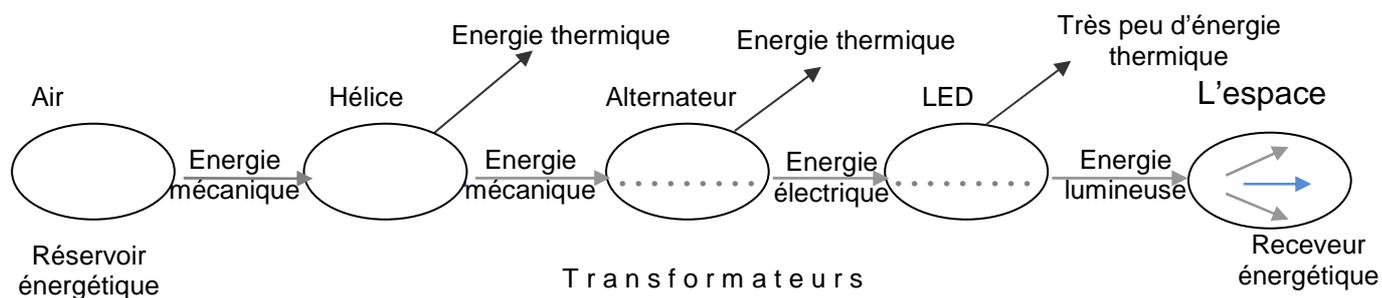


Dans ce montage, le sèche-cheveux met l'air en mouvement, le vent fait tourner l'hélice, l'hélice fait l'arbre du générateur et l'arbre du générateur fait tourner le bobinage du générateur. Dans chacune de ces étapes, de l'énergie mécanique est fournie par un maillon de la chaîne d'objets qui est ensuite cédée au maillon suivant. L'alternateur fournit de l'énergie électrique au circuit électrique qui va l'amener à l'ampoule. Celle-ci la transformera en énergie lumineuse au milieu extérieur. Toutes ces transformations sont malheureusement accompagnées d'une perte d'énergie sous forme de chaleur (d'énergie calorifique).

i Il est évidemment possible de remonter plus en amont et de discuter aussi de la transformation d'énergie électrique en énergie mécanique dans le sèche-cheveux. Mais alors qu'il est également possible de remonter jusqu'à la centrale électrique !

L'exemple donné permet aux élèves de clarifier les notions de sources ou réservoirs, de transformateurs, de récepteurs, ou encore de types d'énergie. Il les notera sur différentes chaînes d'objets. Dans la dernière chaîne, la chaîne des « transfert d'énergie », l'élève prend conscience du concept d'énergie, mais aussi de ses transferts ou encore de ses transformations lors du passage par les différents objets de la chaîne.

Dans notre cas¹⁹ :



2.4. Conservation de l'énergie

Un des grands principes de conservation est celui de la conservation de l'énergie. Il est possible de résumer ce principe en disant : « Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme ». Cela signifie que l'énergie ne disparaît pas et ne se crée pas à partir de rien, mais qu'elle se transforme (passe d'une forme à une autre) ou se transfère (d'une partie du système à une autre partie). Ainsi dans le cas de la mini-éolienne construite par les élèves, le système possède au départ une certaine quantité d'énergie (l'énergie mécanique fournie par le sèche-cheveux à l'air ambiant). Après les différentes transformations, cette énergie se retrouve dans sa totalité. La nuance est qu'elle ne va pas se retrouver uniquement sous forme lumineuse, comme on l'aimerait, mais une partie de cette énergie de départ se retrouve sous forme calorifique (par exemple dans les frottements dans le générateur, par effet Joule dans les différents conducteurs, dans le filament de l'ampoule qui chauffe).

Cette quantité d'énergie dissipée est inévitable, on peut simplement la minimiser en trouvant le matériel le plus approprié possible, en choisissant la LED par exemple au lieu de l'ampoule classique. Il faut donc toujours avoir en tête que toute l'énergie fournie au départ se retrouve dans son intégralité à l'arrivée, mais probablement sous différentes formes dont certaines non voulues, ou non utilisables.

2.5. Unité d'énergie sans le Système International

Dans le SI, l'énergie, tout comme le travail physique, se mesure en Joule.

Dans la vie quotidienne, un Joule correspond par exemple approximativement :

- à l'énergie nécessaire pour élever d'un mètre une pomme de 100 grammes sur la Terre ;

¹⁹ Nous l'avons déjà signalé deux fois : le sèche-cheveux fournit de l'énergie thermique, c'est son but dans la vie quotidienne ... mais pas utile dans notre cas !

- à l'énergie produite sous forme de chaleur en un centième de seconde par une personne au repos ;
- à l'énergie nécessaire pour augmenter de un degré Celsius la température d'un gramme d'air sec ;
- au travail effectué par le cœur au cours de chaque battement.

2.6. La LED

La LED est un composé électronique récent qui émet de la lumière lorsqu'il est parcouru par un courant.

On l'appelle LED (pour en anglais : *light-emitting diode*) ou moins couramment DEL (pour la traduction française : diode électroluminescente).

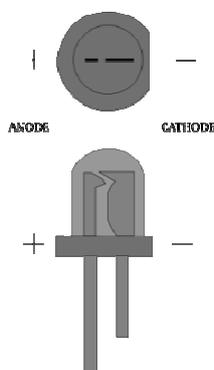
Qu'est-ce qu'une diode ? Le mot diode vient du grec : *di* deux, double ; *hodos* voie, chemin. La particularité d'une diode est son branchement : la diode laisse passer le courant électrique dans un sens (on appelle ce sens le sens passant) et arrête le courant dans l'autre sens (on appelle ce sens le sens bloquant). Le sens de branchement de la diode a donc une importance pour le fonctionnement du montage.

Cette particularité provient de la matière qui constitue ce composant : il s'agit d'un semi-conducteur. Comme son nom l'indique sa conductivité (la capacité à laisser passer le courant) se situe entre celles des conducteurs et celles des isolants. Ces matériaux sont donc intéressants car ils permettent de contrôler l'intensité du courant, voire même le sens.

Ampoule de la LED



Vue du haut et de profil d'une LED



Symbole



Le symbole est une flèche qui montre le sens dans lequel le composant laisse passer le courant.

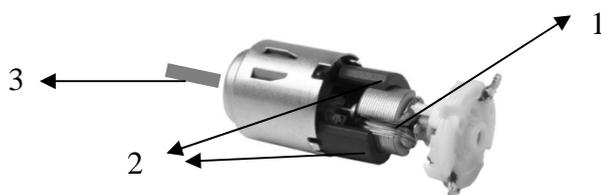
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Diode %C3%A9lectroluminescente](http://fr.wikipedia.org/wiki/Diode_%C3%A9lectroluminescente)



Nous utilisons la LED comme moyen d'éclairage uniquement parce qu'elle est moins gourmande en énergie qu'une autre ampoule électrique et non pas pour les propriétés particulières que nous venons de citer.

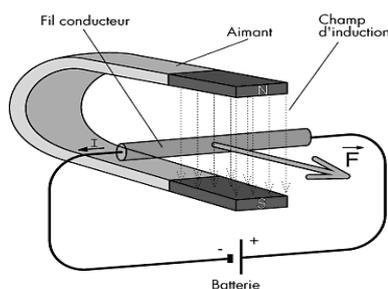
2.7. Les moteurs électriques

Le moteur électrique est une machine qui transforme l'énergie électrique (fournie par une batterie ou le secteur) en énergie mécanique (la rotation) ; il est essentiellement constitué de trois éléments importants : un bobinage²⁰ électrique (1), un aimant (2) et un axe (3) qui sort du moteur.



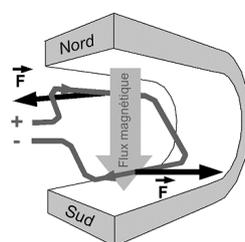
La schématisation suivante simplifie sa représentation. Lorsqu'un courant électrique apparaît dans une portion de fil électrique situé dans le champ magnétique créé par un aimant, une force apparaît. Il est important de comprendre que c'est la présence simultanée du courant électrique et du champ magnétique qui fait apparaître cette force (notée F) :

²⁰ Le bobinage électrique peut être comparé à une bobine de fil à coudre dans laquelle le fil est remplacé par un fil électrique – qui laisse passer le courant. L'intérêt du bobinage est que, sur peu de place, on peut enrouler un long fil et donc augmenter l'effet souhaité.



<http://www.educauto.org/Documents/Tech/ANFA-VE/Originaux/electromagnetique.gif>

Si on place une spire (une boucle) conductrice, le même phénomène apparaît mais cette fois, c'est un couple (deux forces égales en intensité, parallèles, mais de sens opposés, comme les forces exercées par deux enfants qui poussent un tourniquet pour le faire tourner) de forces qui fait tourner la spire d'un demi-tour.



<http://www.discip.ac-caen.fr/sti/stibacs/imagesperso/moteur-cc/principe1.gif>

De manière à renforcer l'effet, on augmente le nombre de spires (on place un bobinage) dans un moteur. Ces forces feront tourner le bobinage, d'un demi-tour. Le bobinage entraînera dans sa rotation l'arbre du moteur qui lui est solidaire.

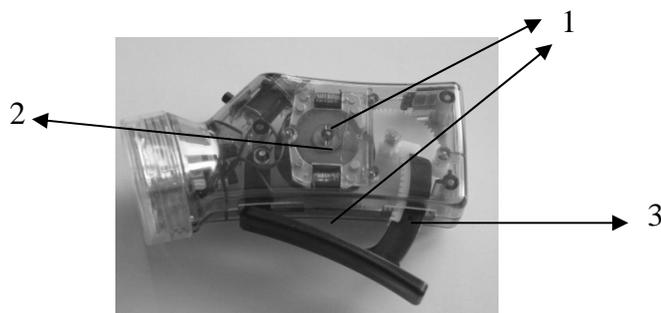
Si le courant est un courant alternatif (le secteur), à chaque alternance, le bobinage tourne d'un demi-tour. Nous ne rentrons pas dans les détails du fonctionnement des moteurs alimentés en courant continu (pile ou batterie) mais sachez que le principe reste le même, mis à part que ces moteurs possèdent une pièce en plus : le collecteur.

Enfin, il est à noter que dans certains moteurs, le bobinage tourne et l'aimant est fixe (comme ci-dessus) alors que dans d'autres le bobinage est fixe et c'est l'aimant qui tourne. A nouveau le principe reste le même.

2.8. La lampe dynamo et la dynamo de bicyclette

Le principe de fonctionnement dans la lampe dynamo ou de la dynamo de bicyclette est le principe inverse de celui du moteur : la dynamo transforme l'énergie mécanique (la main qui actionne la manette ou le cycliste qui pédale) en énergie électrique (qui servira à alimenter l'ampoule électrique).

Les éléments essentiels restent donc les mêmes : un bobinage électrique (1), un aimant (2) et une roue dentée (3) qui est actionnée par la main.



Dans l'exemple ci-dessus c'est l'aimant qui bouge (il est solidaire de la roue dentée qui elle-même tourne car elle est solidaire de la manette actionnée par la main) et le bobinage qui est fixe.

2.9. Le moteur employé comme générateur de courant

Peut-on employer un moteur comme générateur de courant électrique ? La réponse est oui. Suivons le raisonnement suivant : lorsque l'on fournit du courant électrique à un moteur celui-ci produit un mouvement (l'arbre du moteur tourne). On peut donc imaginer le processus inverse : faire tourner l'arbre du moteur de manière à ce que ce dernier produise un courant électrique. C'est bien ce qui se passe. La contrainte étant que ce courant ainsi produit est assez faible (limité à quelques mA).

2.10. L'ampoule alimentée par le moteur la dynamo ou le ventilateur

Raccorder l'ampoule aux bornes du moteur, du ventilateur ou de la dynamo perturbe ceux-ci. Vous pouvez en prendre conscience en faisant l'expérience suivante : faites tourner l'axe du moteur, celui-ci n'étant pas raccordé ; cet axe tourne facilement. Répétez l'opération en ayant, cette fois, relié l'ampoule aux bornes du moteur. Vous constatez que l'arbre tourne plus difficilement. Tout se passe comme si le fait d'ajouter une résistance électrique augmentait la résistance mécanique du système. La justification de ce phénomène physique est compliquée²¹, mais sachez qu'il existe et qu'il est normal.

²¹ A vide, il n'y a pas de courant (le circuit électrique n'est pas fermé). Si l'on ferme le circuit en ajoutant un élément (dans notre cas, il s'agit de l'ampoule), le courant électrique circule mais subit une force exercée par le champ magnétique de l'aimant qui contrarie son mouvement.

2. Quelques préconceptions erronées repérées

Avant de commencer quelque travail que ce soit, nous avons tous nos préconceptions. Ces préconceptions sont tantôt correctes, tantôt fausses. Certaines de ces préconceptions sur l'énergie ont déjà été mises en évidence²².

Le mot *énergie* est connu et fait partie du vocabulaire courant des élèves de 10-14 ans.

Les élèves présentent des conceptions intéressantes sur lesquelles l'enseignant peut prendre appui pour introduire le concept d'énergie :

- Ainsi le fait de raisonner en termes de « posséder », « donner », ou « recevoir » peut faciliter le début de l'apprentissage (même si cette façon de penser entraîne une causalité linéaire, et donc un obstacle pour le concept de force ou de courant électrique par exemple) ;
- les situations qui mettent des forces en mouvement sont facilement identifiées par les élèves comme mettant en jeu de l'énergie ;
- la chaleur et le rayonnement (lorsque leur débit est important) sont bien reconnus ;
- l'énergie cinétique macroscopique est bien reconnue aussi (elle est la cause produisant un effet visible) ;
- les élèves attribuent facilement de l'énergie à des objets plus chauds que l'environnement.

Par contre d'autres représentations seront à dépister et à corriger :

- certains élèves nient la présence d'énergie dans un corps immobile ou dans un combustible ;
- pour d'autres élèves le concept et la source ne sont pas différenciés.

D'autre part, le discours entendu dans la vie quotidienne, à savoir l'épuisement des énergies (non renouvelables), est en contradiction avec le principe de conservation, grand principe en sciences. Cette contradiction ne rend pas aisé l'accès au concept d'énergie qui justement est basé sur le principe de conservation.

Enfin un obstacle à l'apprentissage est que les concepts formels, comme celui de l'énergie, *ne disposent pas de représentation concrète dans le monde réel*²³.

²² Ballini P., Robardet G. et Rolando J.-M.- *L'intuition, obstacle à l'acquisition de concepts scientifiques* – Aster n°24 – 1997

²³ Lemeignan G., Weil-Barais A. – *Construire des concepts en physique* – Hachette Education – 1993

3. Les fiches de remédiation (appelées fiches d'aide pour les élèves)

Comme nous l'avons déjà dit dans l'introduction, ces fiches sont classées en cinq catégories. Chacune d'elles est repérée par un logo qui lui est propre et correspond à un objectif spécifique. Dans le cas de la construction de la mini-éolienne :

Logo associé	N° des fiches	Objectif de ces fiches : aider les élèves ...
	1 à 7	... à résoudre certains problèmes spécifiquement manuels (techniques).
	1 à 7	... à organiser le travail et tester les différents paramètres (ampoules, moteurs, dynamo, hélices...).
	1.1, 1.2, 1.3 2.1, 2.2, 2.3 3.1, 3.2, 3.3	... à découvrir certains concepts : différentes énergies, différentes transformations d'énergie, le moteur utilisé comme générateur,...
	1 à 3	... à résoudre certaines pannes.
	1 à 4	Donner aux élèves qui ont fini la construction l'opportunité de pousser la compréhension un peu plus loin.

Comme nous vous l'avons annoncé dans l'introduction générale, plusieurs fiches sont très importantes : les fiches dont le logo est , et les neuf fiches logo .

Elles sont détaillées ci-dessous.

4.1. Les fiches *construction proprement dite*



Comme pour la construction du jeu *électro*, nous ne nous attardons pas sur ces fiches, donnant des conseils pragmatiques et clairs, elles ne posent en général aucun problème aux élèves.

Nous insisterons uniquement sur la fiche n°3 qui présente les LED.

La fiche n°1 explique comment couper et dénuder un fil électrique ;

La fiche n°2 montre comment fixer l'ampoule à incandescence sur son support et comment relier celui-ci au restant du circuit électrique.

La fiche n°3 montre comment fixer la LED sur son support et relier celui-ci au restant du circuit électrique. Cette fiche explique donc comment repérer les deux bornes (pattes) différentes (une petite et une grande) de la LED et comment la connecter correctement au moteur. La LED qui est une lampe très économique et qui pour cette raison voit son utilisation se généraliser ne fonctionne pas de la même façon suivant qu'elle est alimentée en courant continu ou en courant alternatif. En courant continu, elle doit être placée dans le bon sens (sens passant). Dans ce cas, elle laisse passer le courant et brille donc. Dans le cas contraire (sens bloquant) la LED bloque le passage du courant et ne brille donc pas. En courant alternatif (prise de courant par exemple), le courant changeant de sens d'une alternance à l'autre, la LED brillera quelle que soit sa connexion.

- Dans le cas où l'élève utilise le moteur électrique (générateur de courant continu) ou le ventilateur, la connexion a de l'importance.
- Dans le cas où l'élève utilise la dynamo de bicyclette (générateur de courant alternatif), la connexion n'a pas d'importance.

La fiche n°4 explique comment torsader le fil conducteur de manière à avoir un bon contact.

La fiche n°5 explique comment fixer l'hélice en plastique. Il arrive parfois que l'élève place l'hélice sur l'axe du moteur mais que l'hélice, bien que tournant, n'entraîne pas le moteur. Certains élèves ne voient pas de problème dans cette situation, il faut donc leur faire prendre conscience du problème.

La fiche n° 6 explique comment réaliser et fixer l'hélice en papier. La fixation correcte de l'hélice en papier est primordiale pour le bon fonctionnement du système. Attacher l'hélice avec une punaise comme proposé sur certains sites Internet ne suffit pas : l'hélice tourne mais n'entraîne pas le bouchon, qui n'entraîne donc pas la dynamo ! Il faut deux points d'attache, d'où la fixation avec l'agrafe. Si vous estimez qu'il est trop dangereux pour l'élève d'utiliser ce type d'agrafeuse il y a d'autres solutions alternatives : soit vous fixez vous-même l'hélice avec l'agrafeuse, soit l'élève peut fixer l'agrafe avec un marteau, soit l'élève essaie avec deux punaises (attention de ne pas trop alourdir l'ensemble). Dans tous les cas, il faut que l'hélice soit solidaire du bouchon.

La fiche n° 7 aide l'élève à prendre conscience des endroits où il peut raccorder la LED.

4.2. Les fiches *organisation et choix des paramètres*



Ces fiches sont importantes car elles posent les questions essentielles, celles de la démarche expérimentale : identification des différents paramètres et peut-être aussi leur variation. Cette démarche n'est pas évidente pour les élèves qui ont tendance à travailler par tâtonnements ou à l'intuition. Pour l'enseignant il sera important, lors de la mise en commun finale, de s'assurer que les élèves ont bien compris la raison du choix de tel ou tel élément et de son utilité. La construction finale n'étant pas une fin en soi, les différentes phases de découverte sont nécessaires pour amener, pour la première fois certes, les notions de chaîne d'éléments, tous ces éléments étant nécessaires, d'énergie et de transformations d'un type d'énergie en un autre. Donc, lors du débriefing final, il est important de prendre le temps nécessaire pour s'assurer que ces notions sont clairement en place.

La fiche n°1 est importante car permet à l'élève de repérer les parties essentielles de l'éolienne. Le principe de l'éolienne n'est pas évident à comprendre pour les élèves. En effet, si vous laissez la pile dans la boîte de matériel, il se peut qu'un groupe allume la lampe et fasse tourner l'hélice en même temps avec la pile et croie avoir répondu au défi. Dans ce cas, il est important d'insister sur le fait que la pile ne fait pas partie de la construction proprement dite (elle n'est là que pour vérifier le principe du moteur électrique et que la source d'énergie est bien le vent. Les éléments importants sont : les pales, la nacelle qui contient le générateur de courant électrique et le multiplicateur de vitesse, le mât, la girouette et l'anémomètre (appareil qui mesure la vitesse du vent : anémo – mètre). Cependant il est important que les élèves comprennent qu'ils ne vont construire leur mini-éolienne qu'à partir de deux éléments : les pales et le générateur de courant. Les autres éléments sont soit perturbateur (le multiplicateur de vitesse) à cause des forces de frottement qu'il amène, soit accessoires (la girouette et l'anémomètre) pour une construction en laboratoire.

La fiche n°2 permet à l'élève de poser un choix de départ sur les éléments de base de son éolienne, de faire des paris et d'établir une sorte de plan d'action.

Les fiches 3 à 7 permettent à l'élève de passer à la loupe chaque composant, de le tester, d'en examiner les avantages et les inconvénients et d'améliorer le dispositif, jusqu'au succès.

4.3. Les fiches *concepts*



! Ces neuf fiches sont construites en parallèle.

Elles sont numérotées par deux chiffres : le premier chiffre correspond à l'objectif (1 → la décomposition des objets qui entrent en jeu dans le mécanisme, 2 → la notion d'action physique, 3 → la notion d'énergie fournie) ; le deuxième chiffre correspond à l'objet choisi (1 → la lampe dynamo, 2 → la dynamo de bicyclette ou 3 → l'éolienne).

Ainsi la fiche 1.3 permet à l'élève de lister les différents objets interagissant dans l'éolienne, la fiche 2.3 passe en revue l'action de chacun de ces objets sur le suivant (toujours dans le cas de l'éolienne) et la fiche 3.3 identifie les différentes énergies mises en jeu pour produire du courant électrique à partir de l'énergie du vent.

Ces fiches ne doivent pas toutes être consultées par le même élève. Il s'agit de trois cas différents qui sont étudiés suivant la même démarche.

Cependant, les élèves n'en n'ayant pas besoin pour leur construction, il est important d'attirer leur attention sur leur présence.

Les fiches n° 1.1, 2.1, 3.1 permettent à l'élève de décomposer la suite des objets qui entrent en jeu dans le mécanisme ainsi que leur action sur l'élément suivant dans la chaîne d'objets.

Dans le cas de la lampe de poche dynamo :

Actions dans le désordre :	Actions dans l'ordre chronologique :
A. La lampe brille et éclaire la pièce.	1 - E
B. Parce que l'aimant tourne, un courant électrique circule dans la petite bobine de fil électrique qui entoure l'aimant.	2 - C
C. La manette a un mouvement de va-et-vient, elle entraîne avec elle des roues dentées.	3 - D
D. Les roues dentées tournent et entraînent une pièce métallique (un aimant) qui tourne aussi.	4 - B
E. J'actionne la manette.	5 - A

Dans le cas de la dynamo de bicyclette :

Actions dans le désordre :	Actions dans l'ordre chronologique :
A. La lampe brille et éclaire la route.	1 - C
B. Je pédale.	2 - B
C. Avant de démarrer, je mets la dynamo en contact avec la roue.	3 - F
D. L'axe de la dynamo tourne.	4 - E
E. La roue tourne.	5 - G
F. Le pédalier entraîne la roue.	6 - H
G. La roue entraîne la molette de la dynamo.	7 - D
H. La molette entraîne l'axe de la dynamo.	8 - I
I. La dynamo produit un courant électrique.	9 - A

Dans le cas de l'éolienne :

Dans le désordre :
A. L'hélice se met à tourner et entraîne l'arbre du générateur électrique.
B. Le générateur électrique produit de l'électricité.
C. Le sèche-cheveux chasse l'air vers l'hélice.
D. L'ampoule brille.
E. Les fils conducteurs permettent au courant de circuler jusqu'à l'ampoule.

Dans l'ordre chronologique :
1 - C
2 - A
3 - B
4 - E
5 - D

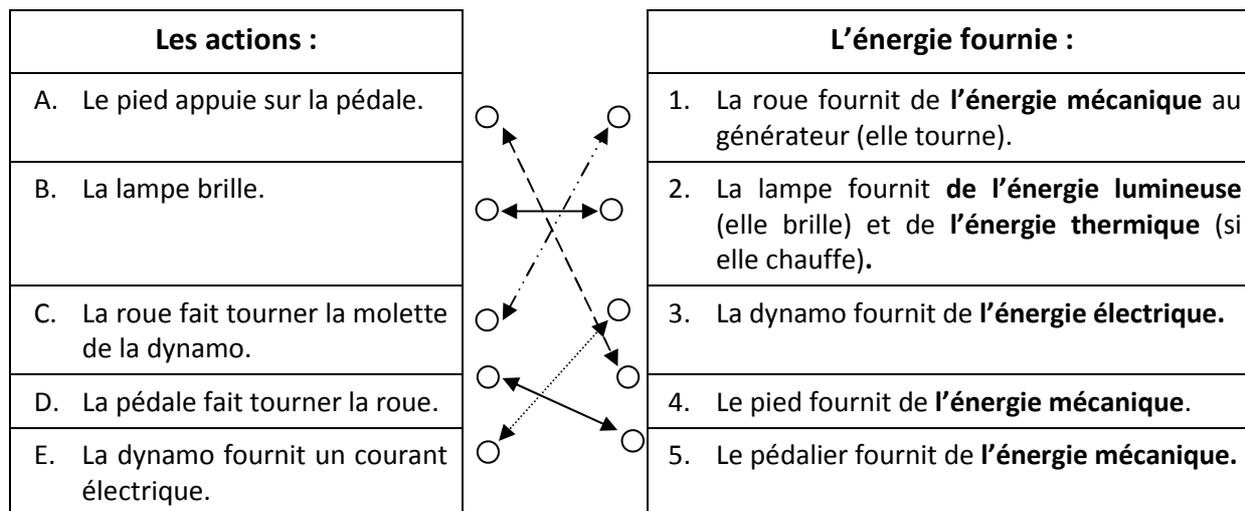
Les fiches n° 1.2, 2.2 et 3.2 permettent à l'élève d'associer aux différentes actions les énergies qui leur correspondent.

Dans le cas de la lampe de poche dynamo :

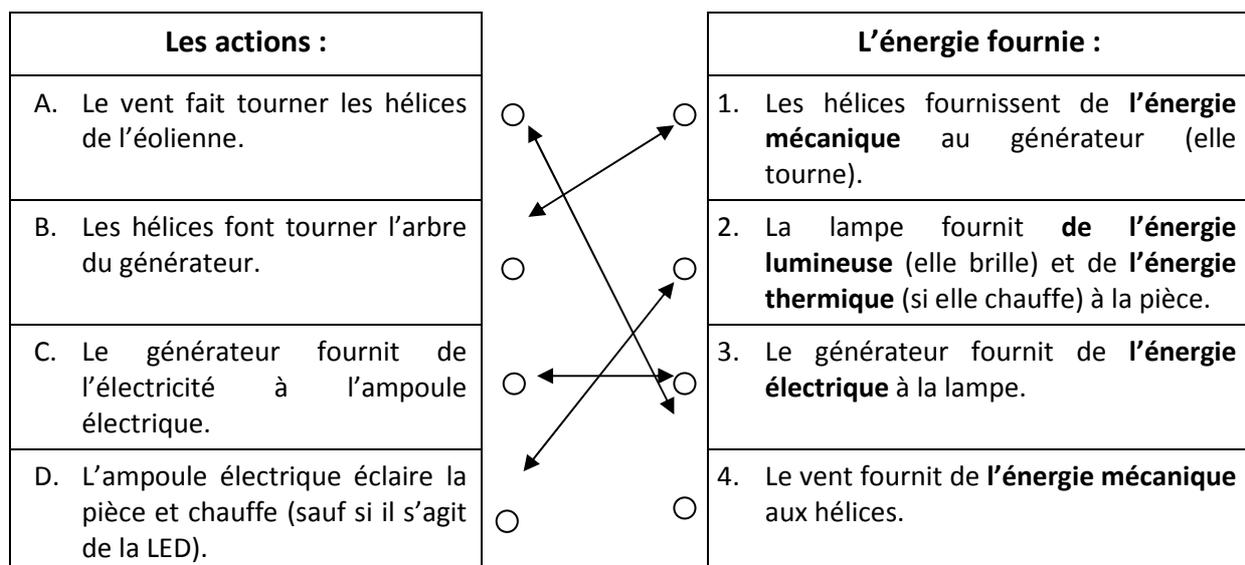
Les actions :
A. L'ensemble « aimant et bobine de fil électrique » (générateur électrique) produit un courant électrique.
B. La manivelle entraîne dans son mouvement l'aimant qui tourne.
C. La main fait tourner la manivelle.
D. La lampe brille.

L'énergie fournie :
1. La manivelle fournit de l'énergie mécanique (elle tourne).
2. L'ampoule fournit de l'énergie lumineuse (elle brille) et de l'énergie thermique (si elle chauffe).
3. Le générateur électrique fournit de l'énergie électrique .
4. La main fournit de l'énergie mécanique .

Dans le cas de la dynamo de bicyclette :

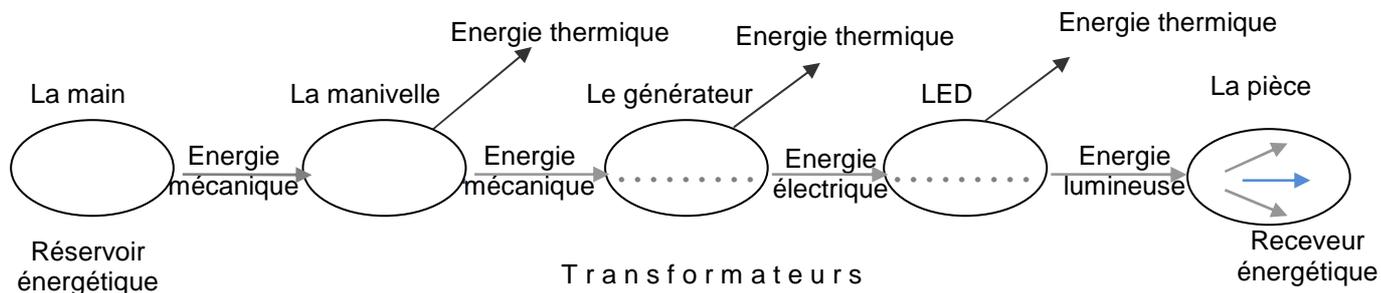


Dans le cas de l'éolienne :



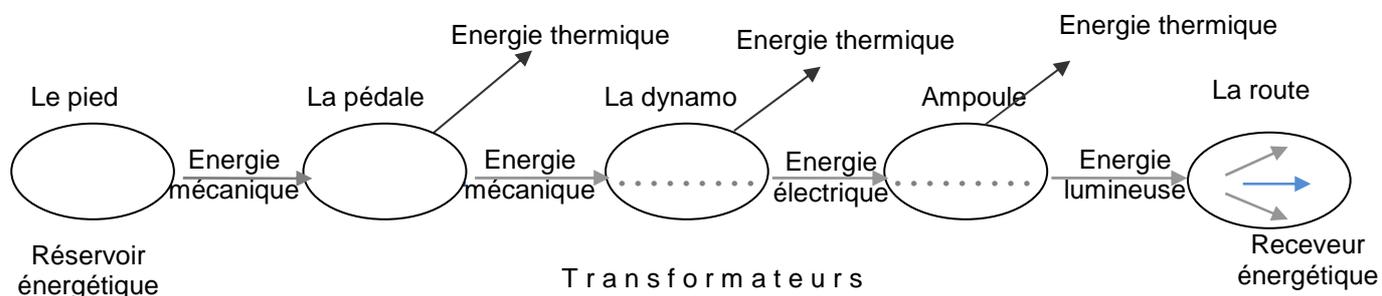
Les fiches n° 1.3, 2.3 et 3.3 permettent à l'élève de prendre conscience des différents transferts et transformations d'énergies tout au long de la chaîne d'objets.

Dans le cas de la lampe de poche dynamo :



Remarque : Dans les lampes de poche fonctionnant avec pile, l'ampoule est une ampoule classique qui consomme beaucoup d'énergie. En effet, une partie de l'énergie fournie à l'ampoule passe sous forme thermique (l'ampoule chauffe) et est donc perdue (le but d'une ampoule est d'éclairer et non pas de chauffer). Si l'ampoule est remplacée par une LED, les pertes thermiques sont pratiquement nulles.

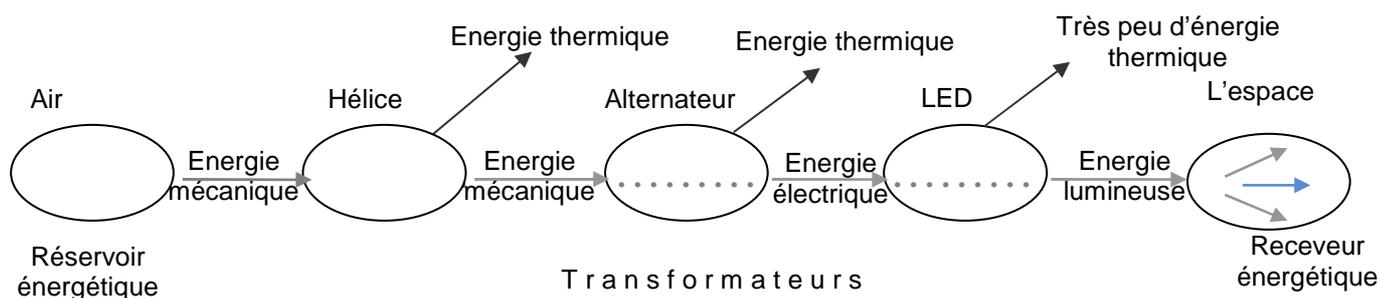
Dans le cas de la dynamo de bicyclette :



Remarque : L'ampoule de bicyclette est probablement une ampoule classique qui consomme beaucoup d'énergie. En effet, une partie de l'énergie fournie à l'ampoule passe sous forme thermique (l'ampoule chauffe) et est donc perdue (le but d'une ampoule est d'éclairer et non pas de chauffer).

i La dynamo de bicyclette disparaît peu à peu. Sur les vélos de ville, elle est souvent remplacée par une petite boîte avec pile. Sur les VTT à *fortiori*, elle n'existe pas et sur les nouvelles bicyclettes, elle se trouve dans le moyeu de la roue. Par contre, la lampe de poche dynamo fait son apparition dans les grandes surfaces, elle est pratique car ne nécessite pas de pile.

Dans le cas de l'éolienne, l'élève prend conscience des transformations d'énergie tout au long de la chaîne d'éléments. Il n'est bien évidemment pas possible pour l'élève de comprendre que des déperditions se produisent dans les différents éléments. L'enseignant peut le signaler s'il le souhaite mais il peut, par contre, insister sur la différence de consommation d'énergie de la LED par rapport à l'ampoule classique. Ici il n'y a pas (ou pratiquement pas) de perte thermique au niveau de la LED.



4.4. Les fiches *pannes*



Les trois fiches 1, 2 et 3 proposent aux élèves de s'interroger afin de remédier aux pannes les plus courantes suivant le choix du système d'entraînement.

4.5. Les fiches *pour aller plus loin*



Les élèves les plus rapides ou les plus curieux peuvent découvrir, en consultant les trois fiches suivantes, l'intérieur de la dynamo de bicyclette, de la lampe de poche dynamo et du moteur.

La comparaison permet de constater que ce sont les mêmes éléments qui se trouvent dans ces trois objets :

	La dynamo de bicyclette	La lampe de poche dynamo	Le moteur électrique
1.	<i>Le boîtier</i>	<i>Le boîtier</i>	<u>L'axe d'entraînement</u>
2.	<u>La molette</u>	La bobine électrique	<i>Le boîtier</i>
3.	La bobine électrique	<u>La manette</u>	L'aimant
4.	L'aimant	L'aimant	La bobine électrique

La dernière fiche permet à l'élève de découvrir que, dans le moteur électrique, les composants sont identiques à ceux de la lampe de poche dynamo, de la dynamo de bicyclette et de l'éolienne : un axe de transmission, un boîtier, un aimant qui peut tourner et bobine de fil électrique. Cet argument peut permettre à l'élève d'admettre, au cas où il se poserait la question, qu'il est donc possible d'utiliser le moteur comme un générateur de courant électrique.

4. La synthèse - le concept d'énergie

 En aidant les élèves à se représenter le montage expérimental comme une *chaîne*²⁴ d'objets qui interagissent entre eux, il est possible d'introduire, de manière superficielle certes mais correcte, la notion d'énergie. Il ne s'agit bien évidemment que d'une première approche qui devra être consolidée de manière récurrente par la suite dans le cursus de l'élève.

L'avantage d'étudier un système complexe tel que celui proposé aux élèves est de pouvoir amener la notion d'énergie comme un concept universel, et non pas de la particulariser comme étant soit de l'énergie cinétique soit de l'énergie potentielle...

L'élève considère donc le montage qu'il a réalisé comme une chaîne d'objets qu'il dessine tout d'abord de manière exclusivement figurative. Tous ces objets mis bout à bout seront capables, en fin de chaîne, de produire l'effet voulu ici : allumer une petite lampe.

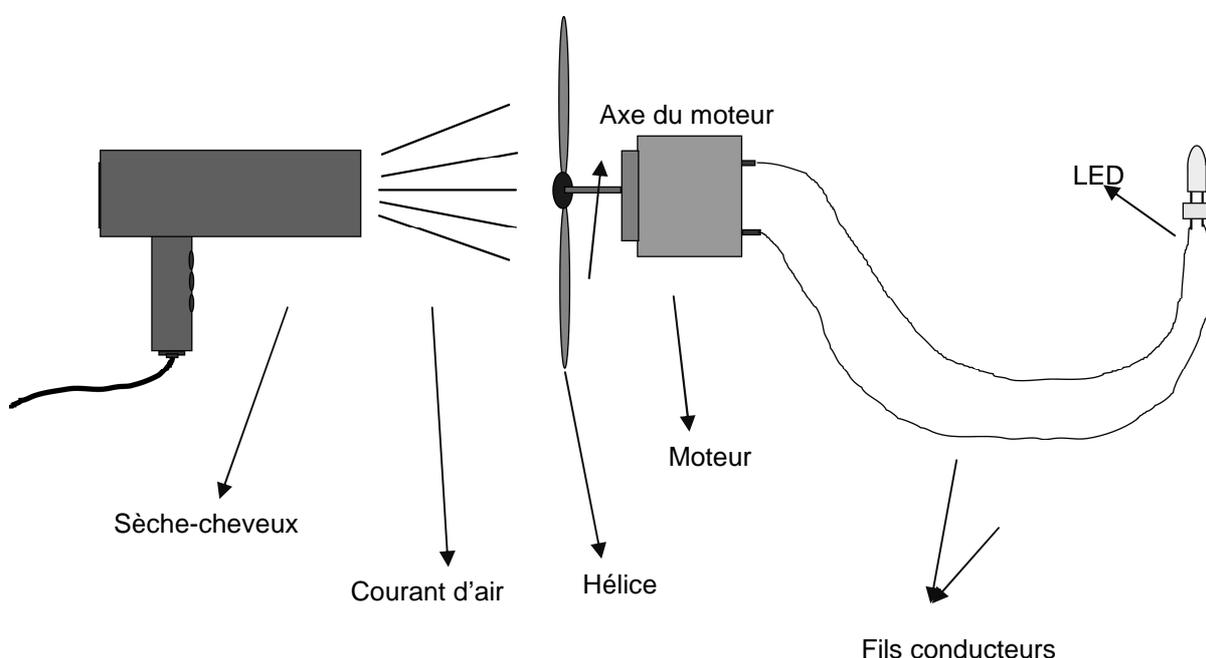
²⁴ Éclairons notre lanterne - Enseignement secondaire – thème 6 – Cours de sciences au 1^{er} degré – Administration générale de l'Enseignement et de la Recherche scientifique (voir aussi : Construire des concepts en physique – G. Lemeignan, A. Weil-Barais – Hachette Education – 1993)

Ici :

L'avantage d'étudier un système complexe tel que celui proposé aux élèves est de pouvoir amener la notion d'énergie comme un concept universel, et non pas de la particulariser comme étant soit de l'énergie cinétique soit de l'énergie potentielle...

L'élève considère donc le montage qu'il a réalisé comme une chaîne d'objets qu'il dessine tout d'abord de manière exclusivement figurative. Tous ces objets mis bout à bout seront capables, en fin de chaîne, de produire l'effet voulu ici : allumer une petite lampe.

Ici :



1. Comme les représentations des élèves sont différentes, il est important de standardiser les représentations : les éléments constitutifs du montage sont alors repérés dans un ordre logique, entourés d'une enveloppe séparant l'intérieur de l'objet de l'extérieur et considérés chacun comme une boîte noire. Tous les éléments ne figurent pas sur cette représentation : seuls seront présents ceux qui sont utiles en regard de la tâche à réaliser.

Il faut s'assurer que les élèves partent bien de la bonne chaîne avant de passer à la suite. Dans notre cas :

Air

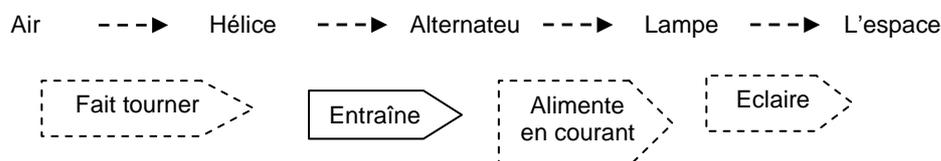
Hélice

Alternateur

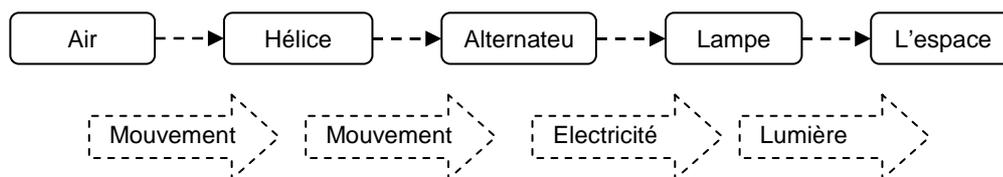
Lampe

L'espace

2. L'objectif suivant est que l'élève puisse se représenter le montage sous la forme d'une chaîne orientée d'objets ayant chacun une fonction. La chaîne de « l'effet » ou de la « fonction » permet à l'élève de discerner, par un verbe d'action, l'effet, ou la fonction qu'a chaque objet sur l'objet suivant. Par exemple : fait tourner, entraîne, éclaire.... Ce qui correspond dans notre cas à :



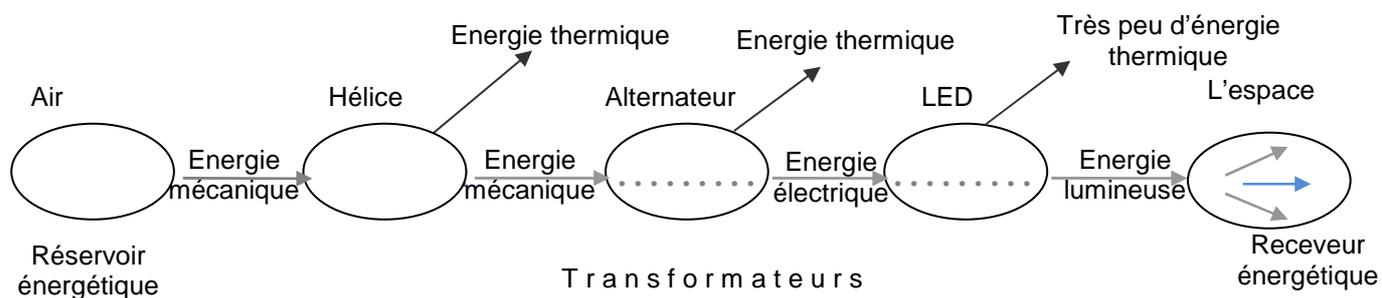
3. La deuxième chaîne dite « échange », permet à l'élève d'explicitier ce que chaque objet *donne* au suivant. En modifiant dans un but bien précis les montages déjà construits (par exemple dans notre cas, comment obtenir un éclairage plus intense ?), l'élève s'interroge sur les grandeurs physiques qui peuvent intervenir pour expliquer les modifications souhaitées. Ici :



4. En parlant de tel ou tel objet, l'élève est amené à se poser certaines questions : « Qu'est-ce qu'il a (possède) ? », « Qu'est-ce qu'il reçoit ? » ou encore « Qu'est-ce qu'il donne ? ». L'élève est préparé à accepter une nouvelle notion : l'énergie. Ce qui est « donné » ou « reçu » dans la première chaîne par un objet est appelé maintenant « énergie ». Il s'agit alors d'une entité un peu vague mais unificatrice. Cette même entité se manifeste par exemple de différentes manières : une même source peut provoquer des effets différents (l'accumulateur peut faire briller la lampe ou faire avancer un jouet) ; des sources différentes peuvent alimenter un même objet (le vent, l'accumulateur, le Soleil, ... peuvent faire briller une lampe). Cette nouvelle entité ne sera reconnue comme grandeur physique que lorsque d'autres grandeurs physiques la définiront par des relations et des valeurs quantitatives.

Dans cette chaîne « transfert d'énergie », l'élève prend conscience du concept d'énergie, mais aussi de ses transferts ou encore de ses transformations lors du passage par les différents objets de la chaîne.

Dans notre cas :



i Le panel de notions qui peuvent être abordées par la suite, lors de prolongements, avec l'enseignant, est grand :

- les objets : *réservoirs d'énergie* (objets qui ont et donnent de l'énergie - ex : pile, Soleil, accumulateur...), *transformateurs* (objets qui reçoivent et donnent de l'énergie mais qui semblent ne pas en posséder – ex : lampe, moteur...) ou *receveurs* (objets qui reçoivent de l'énergie – ex : l'espace ambiant) ;
- les différentes formes d'énergie : mécanique, électrique, lumineuse, thermique, ... ;
- les sources d'énergies naturelles ;
- la notion de dégradation d'énergie par effet thermique ;
- la notion de conservation d'énergie : l'énergie ne se crée pas à partir de rien, elle ne se perd pas, elle se transforme. Si une partie du système perd ou gagne de l'énergie, celle-ci est obligatoirement cédée ou reçue par une autre partie du système.

i En annexe de ce dossier, vous trouverez un document permettant de guider votre classe dans la construction de la synthèse.

5. Le matériel

Les magasins dans lesquels vous pouvez faire vos achats pour remplacer du matériel, sont les magasins classiques de bricolage, grandes surfaces ou papeteries.

Vous trouverez :

- les hélices et leurs fixations dans les magasins d'aéromodélisme chez Airpigs Airlines - Jean Mermoz 29 - 6041 Gosselies (elles coûtent : 2,12€ et leur référence est : Graupner 2940.12, 5.11) ;
- les ventilateurs chez : Farnell (Belgium) - Rue de l'Aéropostale 11 - 4460 Grace-Hollogne (ils coûtent : 5,66 €/pièce et leur référence est : 1568411) ;
- les moteurs chez : Addison Electronics Ltd 8018 - 8020, 20e Ave. Montréal, Québec, Canada H1Z 3S7 (ils reviennent à 2,59 € pièce tout frais compris – leur référence est : RF500TB-12560 mais attention aux délais) ;
- les LED dans un magasin d'électronique, nous les avons achetées chez Spinette – rue des capucins 7000 Mons (elles coûtent 1,21€ pièce et leur référence est : LED super lumineuse rouge – L-7113SRC-F) ;
- les petites ampoules électriques, leur supports, le fil électrique vendu au mètre, les piles et les outils (tournevis et pinces à dénuder) peuvent être achetés dans les magasins de bricolage ;
- les dynamos de bicyclette proviennent de magasin de vélos.

Bibliographie et sites Internet

- AGERS – *Éclairons notre lanterne* – Enseignement secondaire – thème 6 – Cours de sciences au 1^{er} degré
- André J.-Ph., Busana A., Scoumanne Th. – *Construire ses compétences en physique 2* – Editions Plantyn – Bruxelles - 2002
- Ardley Neil – *A la découverte de la science* – Edition Bordas Jeunesse – Paris - 1995
- *Ardley Neil – Le petit chercheur – L'électricité* – Bordas Jeunesse - Paris - 1992
- Auber J. - Berthelot A. - Bonrepaux A. - Canal J.-L. - Cessac J. - Chatelin L. - Fil J.-Flonneau J.-M. - Fontaine C. - Grillot S. - Gris J. - Hibon M. - Hot L. - Larmarque J.-Lemardele M.-A. Lhomme R. Marescot R. Mousset R. Paulin M. Soinne R. Souesme G. Tavernier R. - Toulouse R. - Tryoen V. - Zelentsoff M. - *Piles, ampoules, boussoles* – Collection Tavernier - Les guides du maître – Edition Bordas – 1984
- Balian R. – *Physique fondamentale et énergétique : les multiples visages de l'énergie* – Conférence introductive de l'Ecole d'Eté de Physique sur l'énergie – Caen – 2001
- Ballini P. ; Robardet G. et Rolando J.-M – *L'intuition, obstacle à l'acquisition de concepts scientifiques* – Aster n°24 – 1997
- Canal J.-L. - Margotin M. - Pierrard M.-A. - Tavernier R. – *Cahier d'activités – CE2 - Physique et technologie* – Nouvelle collection Tavernier - Edition Bordas – 1995
- Canal J.-L. - Margotin M. - Pierrard M.-A. - Tavernier R. . – *Cahier d'activités - CM1 - Physique et technologie* – Nouvelle collection Tavernier - Edition Bordas – 1996
- Castermans T., Gillis P., Mélin S. – *L'électricité : un jeu d'enfants ?* – Recherche en éducation 65/00 « Eveil à l'observation et à la pratique expérimentale en physique » – 2001
- Hann J. – *La Science* – Guides pratiques Jeunesse – Editions du Seuil –1991
- Lemeignan G., Weil-Barais A. – *Construire des concepts en physique* – Hachette Education – 1993

Sites internet :

- Pour la construction de l'électro
 - <http://fr.wikipedia.org>
- Pour la construction de la mini-éolienne
 - <http://fr.wikipedia.org>

- Les ampoules électriques
 - <http://www.econo-ecolo.org/spip.php?article27>
 - <http://www.demain-la-terre.net>
- Les piles électriques :
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_%C3%A9lectrique
 - <http://www.ecoconso.be/>
 - <http://www.web-sciences.com/fichests/fiche28/fiche28.php>
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Nommage_commercial_des_piles_et_accumulateurs_%C3%A9lectriques
- Les centrales électriques :
 - <http://perso.id-net.fr/~brolis/softs/domodidac/thermic.html>
 - <http://perso.id-net.fr/~brolis/softs/domodidac/pwr.html>
 - http://blog2b.hosting.dotgee.net/blog/wp-content/uploads/eau/barrage_eau.jpg
- Les moteurs électriques :
 - <http://www.educauto.org/Documents/Tech/ANFA-VE/Originaux/electromagnetique.gif>
 - <http://www.discip.ac-caen.fr/sti/stibacs/imagesperso/moteur-cc/principe1.gif>
 - <http://www.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/rfoy/capsules/moteur/>

Annexe : Synthèse du concept d'énergie

Résumons !



Dans le cadre prévu ci-dessous, dessine ton montage complet (attention, n'oublie aucun élément) :

ANNEXE 7 – Fiches d'aide (Energie)

Aujourd'hui tu vas construire une mini-éolienne qui va te permettre de faire briller une petite lampe.

En utilisant la feuille prévue à cet effet, commence par dessiner le montage tel que tu l'imagines maintenant.



Fiche n°1 : Comment couper et *dénuder** un fil électrique ?



Construis

Comment couper les fils électriques ?

Si les fils sont fins, il suffit de prendre une paire de ciseaux. S'ils sont plus épais, il faut prendre une pince coupante.

Comment *dénuder** un fil électrique ?

Dénuder consiste à enlever deux ou trois centimètres de la gaine en caoutchouc pour que les contacts électriques soient bons. Pour dénuder le fil électrique il faut se servir d'une pince spéciale (voir ci-dessous).

Observe la pince à dénuder, tu trouves une petite vis qui permet de régler le diamètre du trou de la pince. A toi de bien régler le diamètre de ce trou pour couper la partie plastique du fil (gaine extérieure). Il suffit ensuite de tirer le morceau de gaine à enlever, il

se détache du fil (un peu comme une chaussette).

Il ne faut pas couper les fils métalliques très fins à l'intérieur.

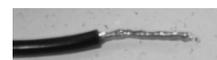
Une fois que le fil est dénudé, il faut le torsader (voir ci-contre) :

Si tu ne sais pas comment torsader les fils électriques, consulte la fiche n°4



* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

La pince à dénuder* :

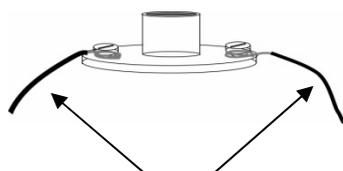


Fiche n°2 : Comment relier l'ampoule classique au circuit électrique et attacher les fils de connexion ?



Construis

- Coupe les deux fils aux bonnes dimensions pour faire ton montage.
- Dévisse légèrement (pas complètement) les vis situées de chaque côté du support.
- Coince chaque fil, un peu dénudé et torsadé, en-dessous de chaque vis.
- Revisse chaque vis pour que le contact soit bon.
- Visse l'ampoule sur son support.



Les deux fils de connexion
(dénudés seulement sur quelques cm)

Si tu ne sais pas comment dénuder les fils électriques, consulte la fiche n°1



Si tu ne sais pas comment torsader les fils électriques, consulte la fiche n°4

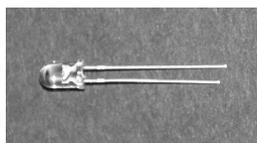


Fiche n°3 : Comment relier la LED* (ampoule spéciale) au circuit électrique ?



Construis

Observe cette ampoule attentivement. Elle possède deux « pieds » de longueurs légèrement différentes :



Comment fixer la LED* sur son support ?



Pour fixer la LED* dans le circuit, tu peux utiliser le petit support en plastique blanc (ou noir) attaché à deux fils de connexion (1 rouge, 1 noir). Tu dois enfoncer chacun des deux pieds de cette LED dans chacun des deux trous prévus. Les pieds se trouvent ainsi parallèles aux fils de raccordement (voir photo ci-contre).

Comment relier la LED* au moteur, au ventilateur ou à la dynamo* ?

- ✓ Si tu utilises le moteur ou le ventilateur, la LED doit être connectée dans un « sens » bien précis : tu dois donc faire des essais.

Si tu ne sais où connecter la LED, consulte la fiche n° 4



- ✓ Si tu utilises la dynamo, aucun problème de connexion.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n°4 : Comment torsader un fil électrique ?



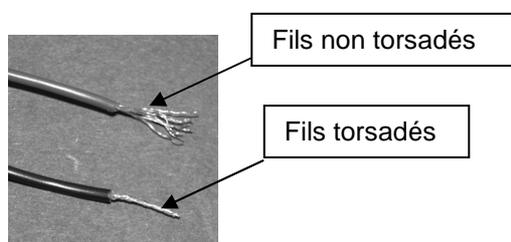
Construis

Pourquoi faut-il torsader les fils conducteurs* ?

- Pour que tu puisses plus facilement les passer dans le trou de raccordement du moteur.
- Pour que tu obtiennes un meilleur contact quand tu relies deux fils ensemble : il suffira alors de les torsader aussi entre eux.

Comment torsader les brins d'un fil électrique?

- C'est très facile, une fois que quelques centimètres de fil sont dénudés**, il suffit de prendre la partie dénudée de la tenir entre le pouce et l'index et de les faire tourner sur eux-mêmes comme montré sur la photo ci-contre.



* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Si tu ne sais pas comment dénuder les fils électriques, consulte la fiche n°1



Fiche n°5 : Comment fixer l'hélice blanche en plastique ?



Construis

Pour fixer l'hélice blanche :

1. Enfonce bien l'embout en plastique noir dans le moyeu* de l'hélice :



2. Ensuite seulement, fixe le tout sur l'arbre du moteur :



Tu dois manipuler l'hélice avec **précautions**, elles sont fragiles et se déforment facilement. Tu dois aussi manipuler le moteur avec **précautions**, son axe (ou arbre*) est fragile.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n°6 : Comment réaliser et fixer l'hélice en papier cartonné ?



Construis

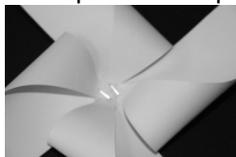
Pour **réaliser l'hélice en papier cartonné**, suis les conseils ci-dessous :

- ✓ découpe un carré de 20 cm de côté et trace les diagonales au crayon ;
- ✓ découpe les diagonales sur une dizaine de cm (ne découpe pas complètement la diagonale).

Ramène chaque pointe ainsi obtenue au centre du carré et colle fortement ou attache les quatre pointes au centre.

Pour **fixer l'hélice** il faut utiliser un bouchon qui servira d'axe de rotation. Il est possible de fixer l'hélice :

- ✓ soit avec une agrafeuse (prévue pour les murs).
 - ⚠ Cette opération est relativement dangereuse, demande l'aide de ton professeur.
- ✓ soit avec deux punaises, la fixation ne doit pas être trop lourde.



Une fois l'hélice fixée sur son axe, il faut **relier cet axe au système choisi**. Le moyen le plus simple est d'enfoncer le bouchon dans un tuyau en plastique qui fera la jonction avec la molette* de la dynamo.

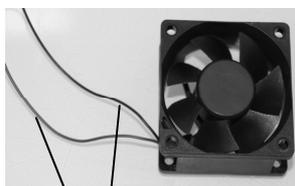


Fiche n°7 : Comment relier le moteur, le ventilateur ou la dynamo à l'ampoule ?



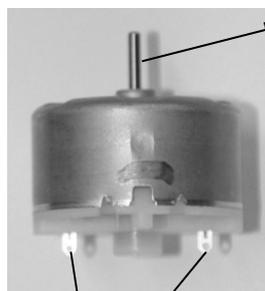
Construis

Le ventilateur



Fils de connexion*
Fragiles
(À ne pas couper !!)

Le moteur



Arbre* du moteur

Endroits prévus pour attacher les fils de connexion* (avec des trombones si c'est nécessaire). ⚠ Fragiles

La lampe dynamo



Molette* de la dynamo

Endroits prévus pour attacher les fils de connexion* (avec des trombones si c'est nécessaire).

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n° 1 : Qu'est-ce qu'une éolienne et quels sont les éléments essentiels qui la constituent ?



Organise

Tu ne sais pas ce qu'est une éolienne ? Voici quelques informations mises à ta disposition :

- les photos ci-dessous,
- un dictionnaire ou le lexique,
- différents articles se rapportant aux éoliennes,
- le DVD reprenant plusieurs séances consacrées aux énergies renouvelables



Quand tu penses avoir trouvé les éléments importants d'une éolienne ...

- consulte la fiche de correction ;
- réalise une légende dans ton cahier ;
- et imagine une définition qui caractérise l'éolienne (son fonctionnement, son utilité, ...).



Tu ne vas pas utiliser tous les éléments cités pour construire ton éolienne miniature, seuls deux éléments sont nécessaires. A toi de jouer !

- Ecris tes choix ainsi que les justifications dans ton cahier, tu y reviendras par la suite.
- Essaie le montage que tu as choisi et s'il ne te permet pas de faire briller la lampe, change **un seul** élément à la fois (par exemple : change l'hélice **ou** change la lampe **ou** change le moteur...) et écris tes commentaires. Tu dois trouver **les meilleures conditions pour arriver à ton objectif** : construire une petite éolienne qui fasse briller une petite ampoule.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.



Fiche n° 2 : Tu connais les différents composants de l'éolienne mais tu ne sais pas comment organiser ton travail ?



Organise

Avant de commencer, fais un pari sur le montage qui te semble être le meilleur et choisis un premier montage :

- A. Quel système d'entraînement* : le moteur, le boîtier attaché au ventilateur ou la dynamo* ?
- B. Quelle hélice : l'hélice en plastique, celle du ventilateur ou ton hélice en papier cartonné ?
- C. Quel éclairage : une ampoule ou une LED* ?
- D. Quelle soufflerie vas-tu utiliser ?

Justifie tes choix :

- a. Justifie le choix du système d'entraînement.
 - b. Justifie le choix de l'hélice.
 - c. Justifie le choix de l'ampoule.
 - d. Justifie le choix de la soufflerie.
- Ecris tes choix ainsi que les justifications dans ton cahier, tu y reviendras par la suite.
 - Essaie le montage que tu as choisi et s'il ne te permet pas de faire briller la lampe, change **un seul** élément à la fois (par exemple : change l'hélice **ou** change la lampe **ou** change le moteur...) et écris tes commentaires. Tu dois trouver **les meilleures conditions pour arriver à ton objectif** : construire une petite éolienne qui fasse briller une petite ampoule.

Lorsque tu as terminé, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n° 3 : Quelle ampoule choisir ?



Organise

L'ampoule classique

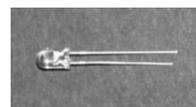


Avantage : très facile à visser sur son support.

Inconvénient : Cette ampoule, chauffe ! Une partie de l'énergie fournie à la lampe est gaspillée pour chauffer !

L'ampoule LED

Cette lampe s'appelle une LED (ces initiales signifient : Light Emitting Diode).



Avantage : lampe très économique d'un point de vue énergétique

Inconvénients :

- ses « pieds » (bornes) sont fragiles ;
- il faut la connecter dans le bon sens si on utilise un petit moteur ou le ventilateur (pas de problème avec la dynamo).

Tu ne sais pas comment fixer l'ampoule classique ? Consulte la fiche n°2 .

Tu ne sais pas comment fixer la LED ? Consulte la fiche n°3 .

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



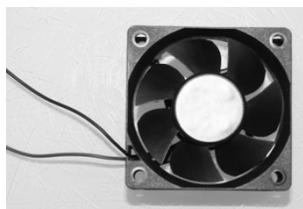
Fiche n°4 : Quel système d'entraînement choisir ?



Organise

Ton objectif est de construire une mini-éolienne qui servira à faire briller une ampoule, il faut donc trouver **le dispositif le plus efficace***. Tu as à ta disposition :

Le ventilateur :



Le moteur



La dynamo de bicyclette :



- Observe-les attentivement et surtout **manipule-les** : essaie de trouver celui qui sera **le plus efficace** pour faire briller ton ampoule.
- Voici quelques questions pour t'aider à faire ton choix :
 - Est-ce que la taille, la forme, la couleur du système ont de l'importance ? Fais des essais !
 - Comment doit « tourner » du système ? Méfie-toi, le résultat est parfois surprenant !
 - Autres ...
- Ecris ton choix ainsi que les justifications dans ton cahier, tu y reviendras par la suite.

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n°5 : Quelle hélice choisir ?



Organise

Tu peux choisir entre : l'hélice blanche en plastique avec son support noir ou celle qui est attachée au ventilateur ou construire ta propre hélice en papier cartonné.

L'**hélice blanche en plastique** et **celle qui est attachée au ventilateur** se trouvent dans la valisette de matériel mis à ta disposition.

Tu ne sais pas comment fixer l'hélice blanche ? Consulte la fiche n°4 .

Si tu veux construire ta propre **hélice en papier**, fais différents découpages, essaie-les et compare les résultats obtenus.

Si ces tentatives ne te conviennent pas, consulte la fiche n°6 .

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



Fiche n°6 : Les deux faces de l'hélice en plastique sont-elles tout à fait identiques ?



Organise

Fixe l'hélice en plastique sur l'arbre* du moteur, projette de l'air dans sa direction. Note le sens de rotation de l'hélice.

Détache l'hélice, retourne-la, et recommence l'opération. Note une nouvelle fois le sens de rotation de l'hélice. Que constates-tu ?

La façon d'attacher l'hélice sur l'arbre du moteur a-t-elle de l'importance ? En es-tu certain(e) ?

Pourquoi ?



Quelle que soit la face qui reçoit l'air, l'hélice tourne toujours dans le **même sens**, mais la **vitesse**, elle, peut être, selon le modèle, différente. Si l'hélice ne tourne pas assez rapidement la lampe ne brillera pas : tu dois donc **trouver la meilleure façon de fixer l'hélice**.



Si tu ne sais pas comment fixer l'hélice en plastique, consulte la fiche n°5 .

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n°7 : Quelle soufflerie utiliser et comment la diriger efficacement sur l'hélice ?



Organise

1) Quelle soufflerie peux-tu utiliser pour faire tourner l'hélice ? Fais fonctionner ton imagination !

La façon de diriger le courant d'air sur l'hélice a-t-elle de l'importance pour faire briller la lampe ?

Effectue plusieurs essais, dirige le souffle :

- ✓ vers le centre de l'hélice,
- ✓ vers le bord de l'hélice,
- ✓ perpendiculairement au plan dans lequel tourne l'hélice,
- ✓ légèrement en biais,
- ✓ éloigne l'hélice un peu,
- ✓ éloigne-le davantage,



Note, dans quelle(s) situation(s), la lampe brille le mieux.

2) Si l'ampoule ne brille pas, change de soufflerie et recommence tes essais. Observe bien ta soufflerie, peux-tu modifier la quantité d'air soufflé (on l'appelle le débit) ?

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



Fiche n°1.1 : Pourquoi l'ampoule de la lampe dynamo brille-t-elle ?



Comprends mieux



La lampe dynamo est de plus en plus vendue dans les magasins. Pourquoi ?

Comprends-tu son fonctionnement ? Demande une lampe de ce type à ton professeur, manipule-la et remets les actions proposées ci-dessous dans l'ordre chronologique. Note tes associations (ex : 1 - A) dans ton cahier.

Actions dans le désordre	Actions dans l'ordre chronologique
A. La lampe brille et éclaire la pièce.	1.
B. Parce que l'aimant* tourne, un courant électrique circule dans la petite bobine	2.
C. La manette* a un mouvement de va-et-vient, elle entraîne avec elle des roues dentées.	3.
D. Les roues dentées tournent et entraînent une pièce métallique (un aimant) qui tourne aussi.	4.
E. J'actionne la manette.	5.

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n°1.2 : Pourquoi l'ampoule reliée à la *dynamo* de bicyclette brille-t-elle ?



Comprends mieux



Si tu as roulé en vélo le soir, alors tu as probablement utilisé une *dynamo*.

La dynamo est l'objet que tu mets en contact avec la roue et qui, lorsque tu roules, permet à la lampe de ton vélo de briller.

Remets dans l'ordre la série d'actions proposées ci-dessous. Ecris tes associations (ex : 1- A) dans ton cahier.

Actions dans le désordre

- | |
|--|
| A. La lampe brille et éclaire la route. |
| B. Je pédale. |
| C. Avant de démarrer, je mets la dynamo en contact avec la roue. |
| D. L'axe de la dynamo tourne. |
| E. La roue tourne. |
| F. Le pédalier entraîne la roue. |
| G. La roue entraîne la molette* de la dynamo. |
| H. La molette entraîne l'axe de la dynamo. |
| I. La dynamo produit un courant électrique. |

Actions dans l'ordre chronologique

- | |
|----|
| 1. |
| 2. |
| 3. |
| 4. |
| 5. |
| 6. |
| 7. |
| 8. |
| 9. |

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.



Fiche n°1.3 : Pourquoi l'ampoule reliée à la *mini-éolienne* brille-t-elle ?



Comprends mieux

Tu as construit ta mini-éolienne, l'ampoule brille et tu veux comprendre ce qui se passe à l'intérieur de ton montage ? Remets toutes les actions proposées ci-dessous dans l'ordre chronologique : Ecris tes associations (ex : 1 - A) dans ton cahier.

Actions dans le désordre

- | |
|---|
| A. L'hélice se met à tourner et entraîne l'arbre* du générateur* électrique. |
| B. Le générateur* électrique produit de l'électricité. |
| C. Le sèche-cheveux chasse l'air vers l'hélice. |
| D. L'ampoule brille. |
| E. Les fils conducteurs* permettent au courant de circuler jusqu'à l'ampoule. |

Actions dans l'ordre chronologique

- | |
|----|
| 1. |
| 2. |
| 3. |
| 4. |
| 5. |

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n°2.1 : Les différentes énergies* dans la *lampe dynamo*



Comprends mieux

Quelles sont les énergies échangées par les différents éléments (de la main qui actionne la manivelle à la lampe qui brille) ?

Ecris chaque association (ex : B-1) dans ton cahier.

Les actions :		L'énergie fournie :
E. L'ensemble « aimant et bobine de fil électrique » (générateur électrique) produit un courant électrique.	<input type="radio"/>	5. La manivelle fournit de l'énergie mécanique* (elle tourne).
F. La manivelle entraîne dans son mouvement l'aimant qui tourne.	<input type="radio"/>	6. L'ampoule fournit de l'énergie lumineuse* (elle brille) et de l'énergie thermique* (si elle chauffe).
G. La main fait tourner la manivelle.	<input type="radio"/>	7. Le générateur électrique fournit de l'énergie électrique .
H. La lampe brille.	<input type="radio"/>	8. La main fournit de l'énergie mécanique* .

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Tu ne connais pas les différentes actions ? Consulte la fiche 1.1 .

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.



Fiche n°2.2 : Les différentes énergies* dans la *dynamo de bicyclette*



Comprends mieux

Quelles sont les énergies échangées par les différents éléments (du pied qui appuie sur la pédale à la lampe qui brille) ? Ecris chaque association (ex : B-2) dans ton cahier.

Les actions		L'énergie fournie
F. Le pied appuie sur la pédale.	<input type="radio"/>	6. La roue fournit de l'énergie mécanique* au générateur (elle tourne).
G. La lampe brille.	<input type="radio"/>	7. La lampe fournit de l'énergie lumineuse* (elle brille) et de l'énergie thermique* (si elle chauffe).
H. La roue fait tourner la molette de la dynamo.	<input type="radio"/>	8. La dynamo* fournit de l'énergie électrique .
I. La pédale fait tourner la roue.	<input type="radio"/>	9. Le pied fournit de l'énergie mécanique* .
J. La dynamo fournit un courant électrique.	<input type="radio"/>	10. Le pédalier fournit de l'énergie mécanique* .

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Tu ne connais pas les différentes actions ? Consulte la fiche 1.2 .

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Fiche n°2.3 : Les différentes énergies* dans l'éolienne



Comprends mieux



Quelles sont les énergies échangées par les différents éléments entre le vent qui souffle et la lampe qui brille ?

Ecris chaque association (ex : B-1) dans ton cahier.

Les actions	
E. Le vent fait tourner les hélices de l'éolienne.	<input type="radio"/>
F. Les hélices font tourner l'arbre du générateur*.	<input type="radio"/>
G. Le générateur fournit de l'électricité à l'ampoule électrique.	<input type="radio"/>
H. L'ampoule électrique éclaire la pièce et chauffe (sauf si il s'agit de la LED).	<input type="radio"/>

L'énergie fournie	
5. Les hélices fournissent de l'énergie mécanique* au générateur (elle tourne).	<input type="radio"/>
6. La lampe fournit de l'énergie lumineuse* (elle brille) et de l'énergie thermique* (si elle chauffe) à la pièce.	<input type="radio"/>
7. Le générateur fournit de l'énergie électrique* à la lampe.	<input type="radio"/>
8. Le vent fournit de l'énergie mécanique* aux hélices.	<input type="radio"/>

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Tu ne connais pas les différentes actions ? Consulte la fiche 1.3

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.



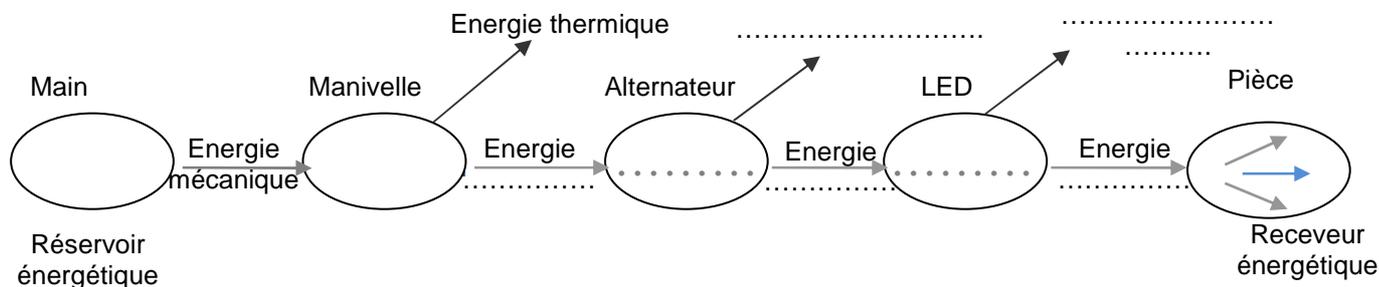
Fiche n°3.1 : Transformations d'énergie* dans la lampe de poche dynamo



Comprends mieux



Ces nouvelles lampes qui apparaissent dans le commerce : fonctionnent d'une manière originale ! Demandes-en une à ton professeur, manipule-la et, dans ton cahier. Écris les différents types d'énergies présentes.



Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Tu ne connais pas les différentes actions ? Consulte la fiche 1-1 ;

Tu ne connais pas les différentes énergies ? Consulte la fiche 2-1

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

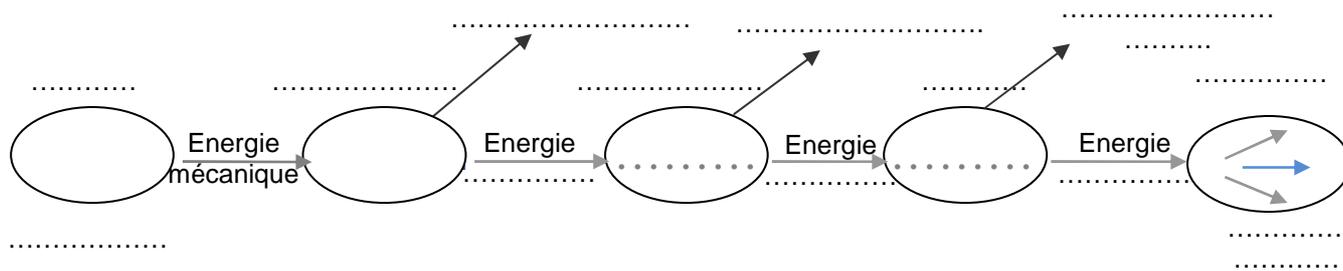
Fiche n°3.2 : Transformations d'énergie dans la dynamo de bicyclette.



Comprends mieux



Pour que la lampe brille il faut que l'énergie* fournie par le cycliste soit transformée* en énergie lumineuse. Quelles sont ces transformations* d'énergie et où se font-elles ? Ecris-les dans ton cahier.



Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Tu ne connais pas les différentes actions ? Consulte la fiche 1.2

Tu ne connais pas les différentes énergies ? Consulte la fiche 2.2

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.



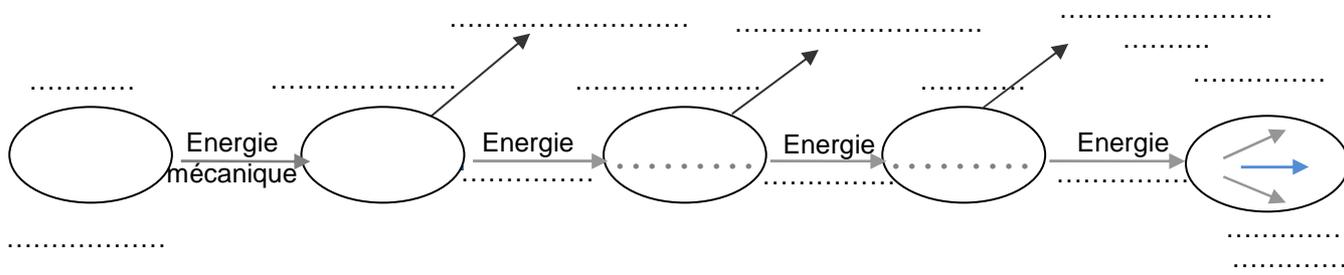
Fiche n°3.3 : Les transformations* d'énergie* dans ton éolienne !



Comprends mieux

Reproduis dans ton carnet de bord le schéma ci-dessous et note :

- 1) au-dessus de chaque bulle, le nom des objets ou des éléments;
- 2) entre les bulles, les d'énergies* échangées ;
- 3) le nom du début et de la fin de la chaîne.



Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Si tu rencontres des difficultés, retourne aux fiches n° 1 (1,2 et 3), 2 (1,2 et 3), 3(1 et 2)

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire

Fiche n°1 : Tu utilises le moteur et l'ampoule ne brille pas ?



Répare



Tu utilises le moteur pour fabriquer ton éolienne et celui-ci ne permet pas à ta lampe de briller, vérifie les différents paramètres ! Change **un seul** paramètre **à la fois** : l'hélice **ou** l'ampoule électrique **ou** la soufflerie et **recommence** avec **un** autre paramètre.

Pose-toi des questions :

L'hélice :

L'hélice blanche est-elle bien fixée ? Entraîne-t-elle bien l'axe du moteur ? Consulte la fiche 5

L'hélice blanche est-elle fixée dans le bon sens ? Consulte la fiche 6

L'hélice en papier est-elle bien construite ? Consulte la fiche 6

L'ampoule :

L'ampoule est-elle bien fixée ? Consulte la fiche 2

La LED est-elle bien fixée, dans le bon sens ? Consulte la fiche 3

Si l'ampoule est trop gourmande en énergie, elle ne brille pas. Consulte la fiche 3

La soufflerie :

As-tu essayé toutes les directions pour diriger l'air du sèche-cheveux ? Consulte la fiche 7

Les connexions :

Les contacts sont-ils bons ? Les fils sont-ils bien torsadés ? Consulte la fiche 4



Fiche n°2 : Tu utilises la dynamo de bicyclette et l'ampoule ne brille pas ?



Répare



Tu utilises la dynamo de bicyclette pour fabriquer ton éolienne et celle-ci ne permet pas à ta lampe de briller. Change **un seul** paramètre **à la fois** : l'hélice **ou** l'ampoule électrique **ou** la soufflerie et **recommence** avec **un** autre paramètre.

Pose-toi des questions :

L'hélice : Tu n'as pas le choix, tu dois utiliser l'hélice en papier. Tu n'es pas certain(e) de sa forme ? Ses dimensions ? Est-elle bien fixée ? Entraîne-t-elle bien l'axe du moteur ? Consulte la fiche 6

L'ampoule :

L'ampoule est-elle bien fixée ? Consulte la fiche 2

La LED est-elle bien fixée, dans le bon sens ? Consulte la fiche 3

Si l'ampoule est trop gourmande en énergie, elle ne brillera pas. Consulte la fiche 3

La soufflerie :

As-tu essayé toutes les directions pour diriger l'air du sèche-cheveux ? Consulte la fiche 7

Les connexions :

Les contacts sont-ils bons ? Les fils sont-ils bien torsadés ? Consulte la fiche 4

Fiche n°3 : Tu utilises le ventilateur et l'ampoule ne brille pas ?



Répare



Tu utilises le système du ventilateur d'ordinateur pour fabriquer ton éolienne et celle-ci ne permet pas à ta lampe de briller. Change **un seul** paramètre **à la fois** : l'hélice **ou** l'ampoule électrique **ou** la soufflerie et **recommence** avec **un autre** paramètre.

Pose-toi des questions :

L'ampoule :

L'ampoule est-elle bien fixée ? Consulte la fiche 2 .

La LED est-elle bien fixée, dans le bons sens ? Consulte la fiche 3 .

Si l'ampoule est trop gourmande en énergie, elle ne brillera pas. Consulte la fiche 3 .

La soufflerie :

As-tu essayé toutes les directions pour diriger l'air du sèche-cheveux ? Consulte la fiche 7 .

Les connexions :

Les contacts sont-ils bons ? Les fils sont-ils bien torsadés ? Consulte la fiche 4 .

L'hélice : Tu n'as pas le choix d'hélice, elle est fixée au support métallique. Si tu as vérifié tous les autres paramètres et que l'ampoule ne brille toujours pas, demandes-en une autre à ton enseignant.



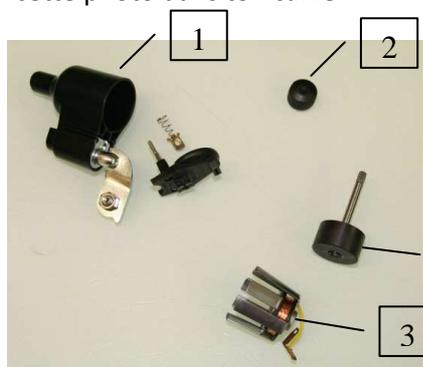
Fiche n°1 : Qu'y a-t-il dans une *dynamo de bicyclette* ?



Va plus loin

Connais-tu les éléments qui se trouvent à l'intérieur de la dynamo de bicyclette ? Non ? C'est le moment de le découvrir !

Observe la dynamo attentivement, manipule-la et vois ce qui se passe quand tu tournes la molette. En te servant des mots clés proposés ci-dessous ainsi que de leur explication, complète la légende de cette photo dans ton cahier.



1.

2.

3.

4.

Mots clés : une bobine électrique (très long fil de cuivre, enroulé sur lui-même pour prendre moins de place et former une boucle) – un aimant (cylindrique) – le boîtier – la molette (qui tourne lorsque la roue tourne).

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Fiche n°2 : Qu'y a-t-il dans la *lampe de poche dynamo* ?

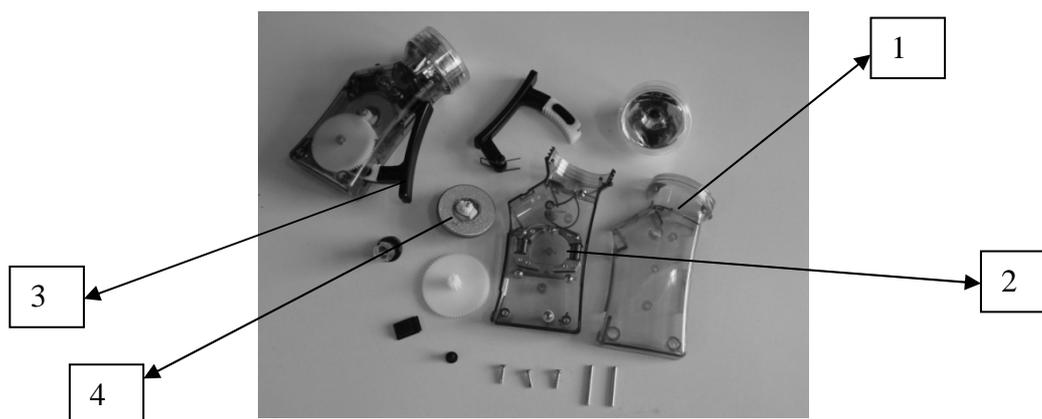


Va plus loin

Connais-tu les éléments qui se trouvent à l'intérieur de la *lampe de poche dynamo* ? Non ? C'est le moment de le découvrir !

Observe la lampe de poche transparente attentivement, manipule-la et vois ce qui se passe quand tu actionnes la manette.

En te servant des mêmes mots clés que ceux proposés dans la fiche n°2 , complète la légende de la photo ci-dessous et Écris tes résultats dans ton cahier.



Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



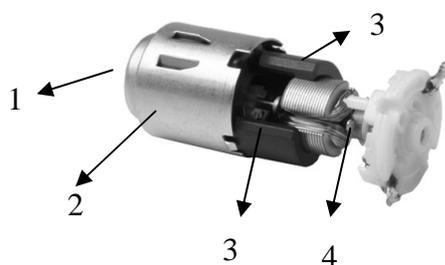
Fiche n°3 : Qu'y a-t-il dans un *moteur électrique* ?



Va plus loin

Connais-tu les éléments qui se trouvent à l'intérieur d'un petit moteur de jouet électrique ? Non ? C'est le moment de le découvrir !

Observe le moteur attentivement, manipule-le et vois ce qui se passe quand tu tournes l'axe (ou l'arbre). En te servant des mots clés proposés ci-dessous ainsi que de leur explication, complète la légende de cette photo dans ton cahier.



1.
2.
3.
4.

Mots clé : bobine de cuivre – aimant – boîtier du moteur – axe d'entraînement.

Que constates-tu si tu compares les éléments du moteur électrique, de la dynamo de la bicyclette ou de la lampe dynamo ?

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.

Fiche n°4 : Peut-on utiliser un moteur comme générateur ?



Certains jouets des petits enfants, comme le lapin bien connu qui tape sur son tambour, contiennent un moteur qui fait bouger le jouet.

Lorsque la pile est placée à l'intérieur et que l'interrupteur est fermé, le moteur se met en action, le lapin remue les bras et joue du tambour. C'est le principe du moteur électrique : raccordé à une source d'énergie électrique (la pile), le moteur permet à l'objet de bouger.

Pourrais-tu raisonner à l'envers ? Peux-tu dire : « si au contraire, j'agite les bras du lapin, alors ... ? »

Compare (consulte les fiches 1, 2 et 3 ) aussi les différents éléments composant le moteur électrique, la dynamo de bicyclette et la lampe de poche dynamo, que constates-tu ? Est-ce que cela t'aide dans ton raisonnement ?

Lorsque tu as terminé cette fiche, vérifie tes réponses sur la fiche de correction.



ANNEXE 8 – Corrigé des fiches d'aide (Energie)

Correction de la fiche n° 1 : Qu'est-ce qu'une éolienne et quels sont les éléments essentiels qui la constituent ?



Organise



L'anémomètre



La nacelle



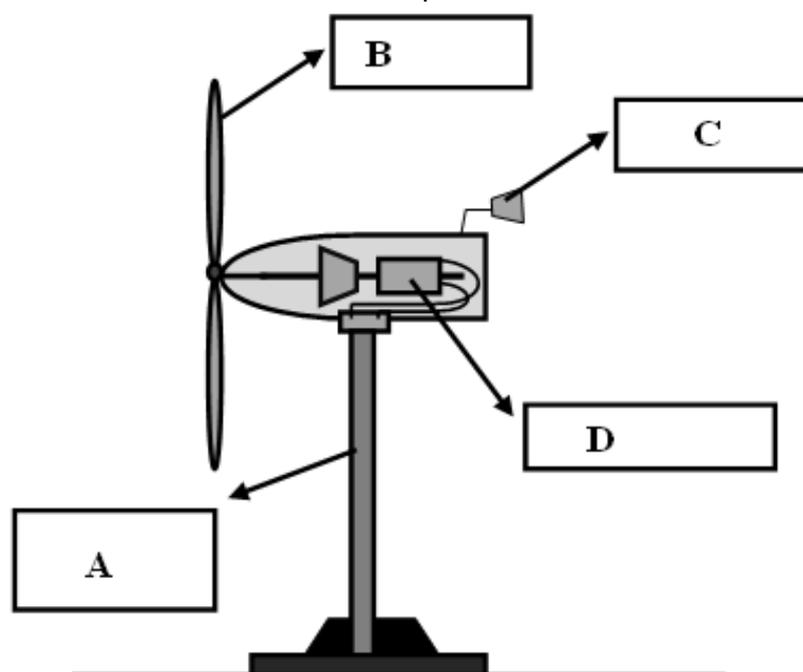
Le générateur de courant électrique



Les pales de l'hélice



Le mat de l'éolienne



- A. Le mat qui porte la nacelle et la turbine (hélice) ;
- B. Sur les photos ci-dessus l'hélice a 3 pales, l'hélice d'aéromodélisme prévue dans ton matériel en possède 2 ;
- C. L'anémomètre qui sert à mesurer la vitesse du vent et la girouette qui repère la direction du vent ;
- D. Le générateur de courant qui va fournir du courant électrique.

Une éolienne est un dispositif qui utilise l'énergie du vent pour produire de l'énergie électrique.



Les éléments essentiels que je dois utiliser pour le montage sont donc : l'hélice (B) et le générateur de courant électrique (D).

**Correction de la fiche n° 2 : Tu connais les différents
composants de l'éolienne mais
tu ne sais pas comment organiser ton travail ?**



Organise

Avant de commencer, fais un pari sur le montage qui te semble être le meilleur et choisis un premier montage :

- A. Quel système d'entraînement* : le moteur, le boîtier attaché au ventilateur ou la dynamo* ?
- B. Quelle hélice : l'hélice en plastique, celle du ventilateur ou ton hélice en papier cartonné ?
- C. Quel éclairage : une ampoule ou une LED* ?
- D. Quelle soufflerie vas-tu utiliser ?

Justifie tes choix :

- a. Justifie le choix du système d'entraînement.
- b. Justifie le choix de l'hélice.
- c. Justifie le choix de l'ampoule.
- d. Justifie le choix de la soufflerie.

Il est fort probable que tu commences ton choix par l'hélice, les autres choix (le système d'entraînement, l'éclairage et finalement la soufflerie) en découleront :

Si par exemple tu choisis l'hélice en plastique (qui se fixe parfaitement avec la fixation en caoutchouc noire) le choix du moteur s'impose à cause du système de fixation. Tu as ensuite le choix pour l'ampoule : l'ampoule classique ou alors la LED, et finalement la soufflerie.

Si tu choisis l'hélice du ventilateur, le moteur se trouve fixé au ventilateur (donc pas le choix), tu choisis ensuite l'éclairage : l'ampoule classique ou la LED, ensuite la soufflerie.

Si tu choisis de construire une hélice en papier, la dynamo de bicyclette est le meilleur système. Tu peux fixer l'hélice sur la molette* de la dynamo avec le bouchon et l'embout en plastique. Tu as ensuite le choix pour l'éclairage : l'ampoule classique ou la LED, ensuite la soufflerie.

Exemple de justification : Je choisis la plus grande vitesse du sèche-cheveux car l'air chassé sera plus efficace pour faire tourner l'hélice.

Il y a **trois possibilités** pour faire briller l'ampoule :

- L'hélice d'aéromodélisme blanche + le moteur + la LED + la grande soufflerie du sèche-cheveux
- L'hélice en papier cartonné + la dynamo + la LED + la grande soufflerie du sèche-cheveux
- L'hélice du ventilateur d'ordinateur (avec son moteur incorporé ) + la LED + ton propre souffle.

Tu remarques qu'à chaque fois l'ampoule utilisée est la LED (l'ampoule classique ne brille jamais – voir fiche n°2 ).

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Correction de la fiche n° 3 : Quelle ampoule choisir ?



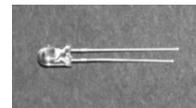
Organise

L'ampoule classique

- Avantage : très facile à visser sur son support.
- Inconvénient :
Cette ampoule, chauffe ! Une partie de l'énergie fournie à la lampe est gaspillée pour chauffer !

L'ampoule LED

Cette petite lampe s'appelle une LED (ces initiales signifient : Light Emiting Diode).



- Avantage : lampe très économique d'un point de vue énergétique.
- Inconvénients :
 - ses « pieds » (bornes) sont fragiles ;
 - il faut la connecter dans le bon sens si on utilise un petit moteur ou le ventilateur (pas de problème avec la dynamo).

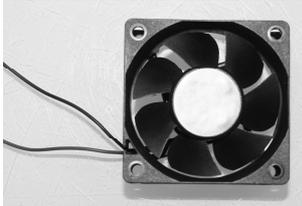
Dans la pratique la **seule ampoule** qui fonctionnera avec les trois systèmes est la **LED**. En effet la LED est une ampoule « économique » d'un point de vue énergétique : elle demande peu d'énergie pour briller alors que l'ampoule classique est « trop gourmande » et nécessite une énergie trop importante pour briller. Aucun des montages ne peut faire briller l'ampoule alors que les trois montages peuvent faire briller la LED.

Correction de la fiche n°4 : Quel système d'entraînement choisir ?

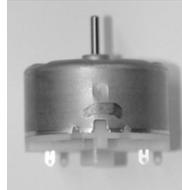


Organise

Le ventilateur :



Le moteur :



La dynamo de bicyclette :



Les **trois systèmes fonctionnent**. Les montages les plus faciles à mettre au point sont ceux qui utilisent soit le ventilateur d'ordinateur, soit le petit moteur.

Le montage qui utilise le **ventilateur** peut même faire briller la LED en soufflant soi-même (à la bouche) sur l'hélice. C'est un peu fatigant mais tout à fait possible !

Pour faire briller la LED avec le **petit moteur** il faut utiliser le sèche-cheveux à la soufflerie maximale et bien orienter l'air sur l'hélice.

La **dynamo** permet aussi de faire briller la LED mais donne de moins bons résultats : la LED clignote assez bien. Les difficultés proviennent des frottements (entre les différentes pièces à l'intérieur de la dynamo) qui sont plus importants que dans les deux autres cas et aussi de l'hélice (sa forme n'est pas aérodynamique*, sa rigidité n'est pas suffisante malgré le papier cartonné et sa fixation alourdit l'ensemble à mettre en mouvement).

** Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.*

Correction de la fiche n° 5 : Quelle hélice choisir ?



Organise

Tu as donc le choix entre trois possibilités :

- l'hélice blanche en plastique avec son support noir
- l'hélice attachée au ventilateur
- l'hélice à construire toi-même en papier cartonné.

De ce choix, découlera le choix du système d'entraînement.

Chaque hélice possède ses avantages et ses inconvénients. Nous en reprenons quelques-uns ci-dessous (tu en trouveras certainement d'autres) :

	Avantages	Inconvénients
Hélice en plastique	Facile à fixer	Forme imposée
	Rigide	Petite

Hélice du ventilateur	Déjà fixée	Forme imposée
	Tourne très bien	

Hélice en papier cartonné	A construire soi-même	Pas très rigide si on approche trop près la soufflerie
	Je peux en modifier la forme	Fixation lourde

Correction de la fiche n° 6 : Les deux faces de l'hélice en plastique sont-elles tout à fait identiques ?



Organise



Quelle que soit la face qui reçoit l'air, l'hélice tourne toujours dans le **même sens**. Les constructeurs vendent des hélices qui tournent dans le sens contraire du sens de rotation des aiguilles d'une montre (on appelle ce sens le *sens anti-horlogique*).

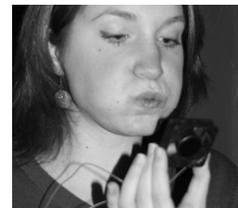
La **vitesse**, elle, peut être, selon le modèle, différente. Si l'hélice ne tourne pas assez rapidement la lampe ne brillera pas : tu dois donc **trouver la meilleure façon de fixer l'hélice**.

Correction de la fiche n° 7 : Quelle soufflerie utiliser et comment la diriger efficacement sur l'hélice ?



Organise

Si tu utilises l'hélice du ventilateur d'ordinateur, tu peux souffler toi-même dessus. Si tu souffles suffisamment fort, de façon un peu décentrée et perpendiculairement, la LED va briller. Tu peux ensuite utiliser le sèche-cheveux.



Si tu utilises l'hélice blanche en plastique, la LED ne brillera pas en soufflant toi-même sur l'hélice. Tu dois absolument utiliser la plus grande vitesse du sèche-cheveux.



Si tu construis toi-même ton hélice, la LED ne brillera pas en soufflant toi-même sur l'hélice. Tu dois absolument utiliser la plus grande vitesse du sèche-cheveux.



Dans tous les cas, la façon de diriger le courant d'air sur l'hélice a de l'importance. Pour faire briller la lampe, il faut :

- ne pas diriger la soufflerie directement vers le centre de l'hélice,
- diriger la soufflerie à mi-chemin entre le centre et le bord de l'hélice,
- diriger la soufflerie perpendiculairement au plan dans lequel tourne l'hélice (pour l'hélice du ventilateur),
- diriger la soufflerie légèrement en biais dans le cas de l'hélice en plastique et l'hélice en carton,
- ne pas éloigner trop la soufflerie de l'hélice (entre 5 et 10 cm)
- tu trouveras aussi certainement d'autres astuces, n'oublie pas de les noter.

Correction de la fiche n°1.1 : Pourquoi l'ampoule de la *lampe dynamo* brille-t-elle ?



Comprends
mieux

Dans le cas de la lampe de poche dynamo :



Les actions dans l'ordre chronologique sont :

1. J'actionne la manette.
2. La manette a un mouvement de va-et-vient, elle entraîne avec elle des roues dentées.
3. Les roues dentées tournent et entraînent une pièce métallique (un aimant) qui tourne aussi.
4. Parce que l'aimant tourne, un courant électrique circule dans la petite bobine de fil électrique qui entoure l'aimant.
5. La lampe brille et éclaire la pièce.

Correction de la fiche n°1.2 : Pourquoi l'ampoule, reliée la
dynamo de bicyclette, brille-t-elle ?



Comprends
mieux



Les actions dans l'ordre chronologique sont :

1. Avant de démarrer, je mets la dynamo en contact avec la roue.
2. Je pédale.
3. Le pédalier entraîne la roue.
4. La roue tourne.
5. La roue entraîne la molette* de la dynamo.
6. La molette entraîne l'axe de la dynamo.
7. L'axe de la dynamo tourne.
8. La dynamo produit un courant électrique.
9. La lampe brille et éclaire la route.

** Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.*

Correction de la fiche n°1.3 : Pourquoi l'ampoule, reliée à ta *mini-éolienne*, brille-t-elle ?



Comprends
mieux

Les actions dans l'ordre chronologique sont :

1. Le sèche-cheveux chasse l'air vers l'hélice.
2. L'hélice se met à tourner et entraîne l'arbre du générateur électrique.
3. Le générateur électrique produit de l'électricité.
4. Les fils conducteurs permettent au courant de circuler jusqu'à l'ampoule.
5. L'ampoule brille.

Correction de la fiche n°2.1 : Les différentes énergies* dans la *lampe dynamo*



Comprends
mieux

Les actions :		L'énergie fournie :
I. L'ensemble « aimant et bobine de fil électrique » (générateur électrique) produit un courant électrique.		9. La manivelle fournit de l'énergie mécanique (elle tourne).
J. La manivelle entraîne dans son mouvement l'aimant qui tourne.		10. L'ampoule fournit de l'énergie lumineuse (elle brille) et de l'énergie thermique (si elle chauffe).
K. La main fait tourner la manivelle.		11. Le générateur électrique fournit de l'énergie électrique .
L. La lampe brille.		12. La main fournit de l'énergie mécanique .



Il faut que tu saches que :

L'énergie **mécanique** est l'énergie que possède un corps en **mouvement** (grâce à cette énergie ce corps peut, par exemple, mettre un autre objet en mouvement). Une boule de billard qui roule possède de l'énergie mécanique : si elle percute une seconde boule à l'arrêt, elle peut mettre cette dernière en mouvement.

Remarques :

- un ressort comprimé peut stocker de l'énergie mécanique : lors de sa détente, il peut mettre une petite bille en mouvement
- un objet situé en hauteur stocke aussi, comme le ressort, de l'énergie mécanique : mieux vaut en effet ne pas se prendre sur la tête une pierre qui tomberait du 10^e étage !

L'énergie **lumineuse** est l'énergie que possède un corps qui **éclaire**. Cette énergie peut être en partie récupérée, par un panneau solaire, pour fournir de l'électricité à un petit dispositif électronique.

L'énergie **thermique** est l'énergie que possède un corps qui est **chaud**. Une plaque de cuisson fait fondre le chocolat !

L'énergie **électrique** fournie à un corps permet à celui-ci de **bouger** (jouet électrique), de **briller** (lampe électrique), de **chauffer** (le radiateur électrique).

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Correction de la fiche n°2.2 : Les différentes énergies* dans la *dynamo de bicyclette*



Comprends
mieux

Les actions :		L'énergie fournie :
K. Le pied appuie sur la pédale.		11. La roue fournit de l'énergie mécanique au générateur (elle tourne).
L. La lampe brille.		12. La lampe fournit de l'énergie lumineuse (elle brille) et de l'énergie thermique (si elle chauffe).
M. La roue fait tourner la molette de la dynamo.		13. La dynamo fournit de l'énergie électrique .
N. La pédale fait tourner la roue.		14. Le pied fournit de l'énergie mécanique .
O. La dynamo fournit un courant électrique.		15. Le pédalier fournit de l'énergie mécanique .



Il faut que tu saches que :

L'énergie **mécanique** est l'énergie que possède un corps en **mouvement** (grâce à cette énergie ce corps peut, par exemple, mettre un autre objet en mouvement). Une boule de billard qui roule possède de l'énergie mécanique : si elle percute une seconde boule à l'arrêt, elle peut mettre cette dernière en mouvement.

Remarques :

Un ressort comprimé peut stocker de l'énergie mécanique : lors de sa détente, il peut mettre une petite bille en mouvement

Un objet situé en hauteur stocke aussi, comme le ressort, de l'énergie mécanique : mieux vaut en effet ne pas se prendre sur la tête une pierre qui tomberait du 10^e étage !

L'énergie **lumineuse** est l'énergie que possède un corps qui **éclaire**. Cette énergie peut être en partie récupérée, par un panneau solaire, pour fournir de l'électricité à un petit dispositif électronique.

L'énergie **thermique** est l'énergie que possède un corps qui est **chaud**. Une plaque de cuisson fait fondre le chocolat !

L'énergie **électrique** fournie à un corps permet à celui-ci de **bouger** (jouet électrique), de **briller** (lampe électrique), de **chauffer** (le radiateur électrique).

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Correction de la fiche n°2.3 : Les différentes énergies* dans l'éolienne



Comprends
mieux

Les énergies échangées sont :

Les actions :		L'énergie fournie :
I. Le vent fait tourner les hélices de l'éolienne.		9. Les hélices fournissent de l'énergie mécanique au générateur (elle tourne).
J. Les hélices font tourner l'arbre du générateur.		10. La lampe fournit de l'énergie lumineuse (elle brille) et de l'énergie thermique (si elle chauffe) à la pièce.
K. Le générateur fournit de l'électricité à l'ampoule électrique.		11. Le générateur fournit de l'énergie électrique à la lampe.
L. L'ampoule électrique éclaire la pièce et chauffe (sauf si il s'agit de la LED).		12. Le vent fournit de l'énergie mécanique aux hélices.



Il faut que tu saches que :

L'énergie **mécanique** est l'énergie que possède un corps en **mouvement** (grâce à cette énergie ce corps peut, par exemple, mettre un autre objet en mouvement). Une boule de billard qui roule possède de l'énergie mécanique : si elle percute une seconde boule à l'arrêt, elle peut mettre cette dernière en mouvement.

Remarques :

- un ressort comprimé peut stocker de l'énergie mécanique : lors de sa détente, il peut mettre une petite bille en mouvement ;
- un objet situé en hauteur stocke aussi, comme le ressort, de l'énergie mécanique : mieux vaut en effet ne pas se prendre sur la tête une pierre qui tomberait du 10^e étage !

L'énergie **lumineuse** est l'énergie que possède un corps qui **éclaire**. Cette énergie peut être en partie récupérée, par un panneau solaire, pour fournir de l'électricité à un petit dispositif électronique.

L'énergie **thermique** est l'énergie que possède un corps qui est **chaud**. Une plaque de cuisson fait fondre le chocolat !

L'énergie **électrique** fournie à un corps permet à celui-ci de **bouger** (jouet électrique), de **briller** (lampe électrique), de **chauffer** (le radiateur électrique).

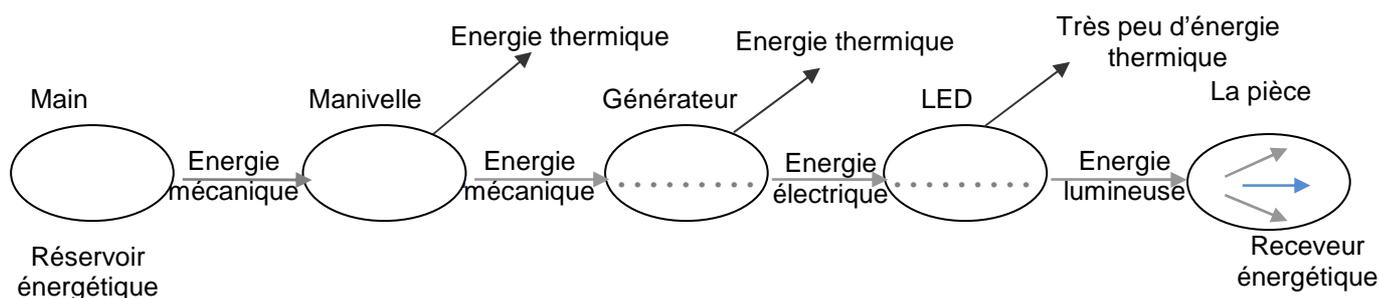
* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Correction de la fiche n°3.1 : Transformations d'énergie* dans la *lampe de poche dynamo*



Comprends
mieux

Les différentes transformations d'énergie sont :



1. La main **fait tourner** la manivelle : elle transmet donc de l'énergie **mécanique**.
2. La manivelle tourne et **fait tourner** l'axe du générateur : elle transmet donc de l'énergie **mécanique**.
3. Le générateur produit un **courant électrique** : il fournit donc de l'énergie **électrique**.
4. L'ampoule **éclaire** la pièce : elle fournit donc de l'énergie **lumineuse**.
5. L'ampoule, s'il s'agit d'une ampoule à incandescence, **chauffe** et donc perd une partie de son énergie sous forme **thermique**. On dit « perd » de l'énergie car le but d'une ampoule est d'éclairer et non pas de chauffer. C'est pour cette raison que les ampoules à filament (incandescence) vont être retirées du marché progressivement à partir de l'horizon 2012.

* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

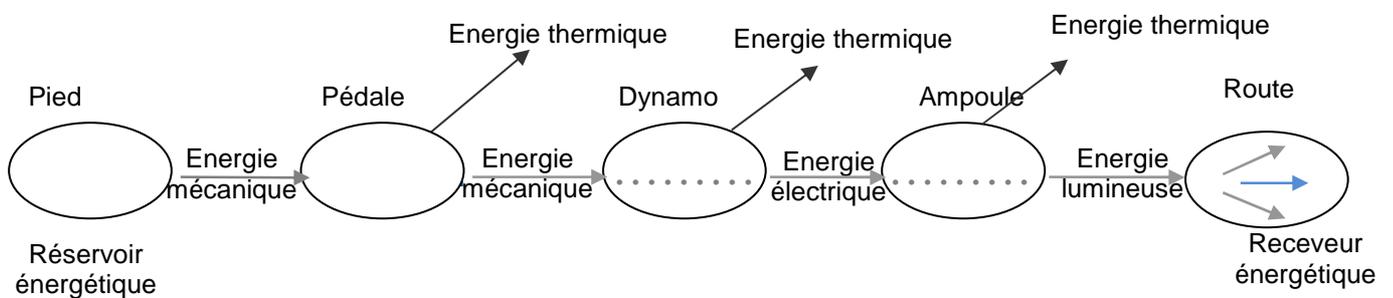
Correction de la fiche n°3.2 : Transformations d'énergie dans la *dynamo de bicyclette*.



Comprends mieux



Pour que la lampe brille il faut que l'énergie* fournie par le cycliste soit transformée* en énergie lumineuse, quelles sont ces transformations* d'énergie et où se font-elles ? Note les dans ton cahier de bord.



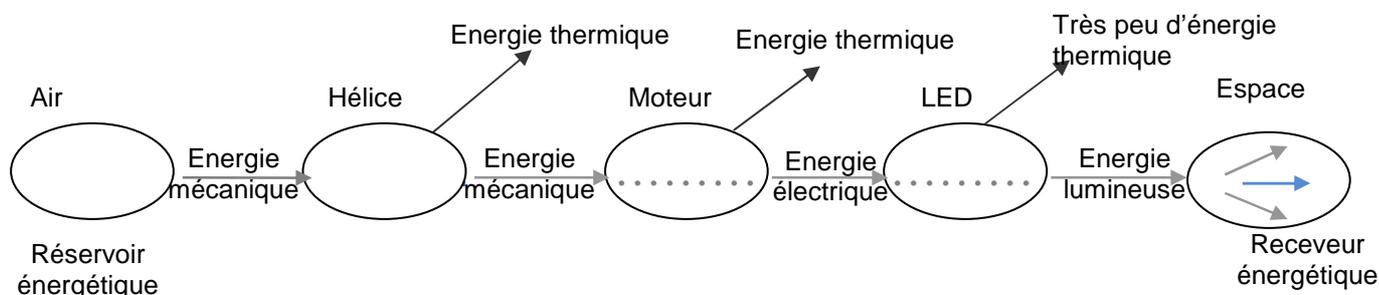
1. Le pied **fait tourner** la pédale : il transmet donc de l'énergie **mécanique**.
2. La pédale tourne et **fait tourner** la molette de la dynamo : elle transmet donc de l'énergie **mécanique**.
3. La dynamo produit un **courant électrique** : elle fournit donc de l'énergie **électrique**.
4. L'ampoule **éclaire** la route : elle fournit donc de l'énergie **lumineuse**.
5. L'ampoule de ta bicyclette est probablement une ampoule classique qui consomme beaucoup d'énergie. En effet, une partie de l'énergie fournie à l'ampoule passe sous forme **thermique** (l'ampoule chauffe) et est donc perdue (le but d'une ampoule est d'éclairer et non pas de chauffer). C'est pour cette raison que les ampoules à filament (incandescence) vont être retirées du marché progressivement à partir de l'horizon 2012.

Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.



Comprends
mieux

Correction de la fiche n°3.3 : Les transformations* d'énergie* dans ton éolienne !



1. Le sèche-cheveux met l'air en **mouvement** : il transmet donc de l'énergie **mécanique**.
2. L'air fait tourner l'hélice : il transmet donc de l'énergie **mécanique**.
3. L'hélice fait tourner l'alternateur : elle transmet donc aussi de l'énergie **mécanique**.
4. L'alternateur produit un **courant électrique** : il fournit donc de l'énergie **électrique**.
5. La lampe **brille** dans la pièce : elle fournit donc de l'énergie **lumineuse**.
6. Le sèche-cheveux **chauffe** (c'est son objectif dans notre vie quotidienne mais ce n'est pas pour cette raison qu'il est employé ici. Il fournit donc aussi de l'énergie **thermique**).
7. Les pièces situées à l'intérieur de l'hélice et de l'alternateur **frottent** malheureusement les unes contre les autres et donc produisent aussi de la **chaleur**. Une partie de l'énergie fournie par l'hélice ou l'alternateur est donc perdue sous forme **thermique**.
8. L'ampoule classique (à filament) perd une partie de l'énergie, qui lui est fournie, en chauffant : une ampoule à incandescence perd 95% de l'énergie reçue en chauffant et donc seuls 5 % de l'énergie reçue sert à éclairer ! L'énergie ainsi perdue est de l'énergie **thermique**. C'est pour cette raison que les ampoules à filament (incandescence) vont être retirées du marché progressivement à partir de l'horizon 2012.

La LED utilise presque toute l'énergie reçue pour éclairer. Il y a très peu d'énergie thermique perdue.

Si tu rencontres des difficultés, retourne aux fiches n° 1 (1, 2 et 3), 2 (1, 2 et 3), 3 (1 et 2)

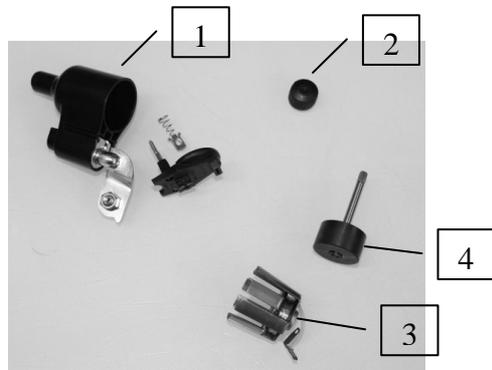


* Tu ne connais pas la signification de ce mot, consulte le lexique ou le dictionnaire.

Correction de la fiche n°1 : Qu'y a-t-il dans une dynamo de bicyclette ?



Les éléments qui se trouvent à l'intérieur de la dynamo de bicyclette sont :



1. Le boîtier

2. La molette

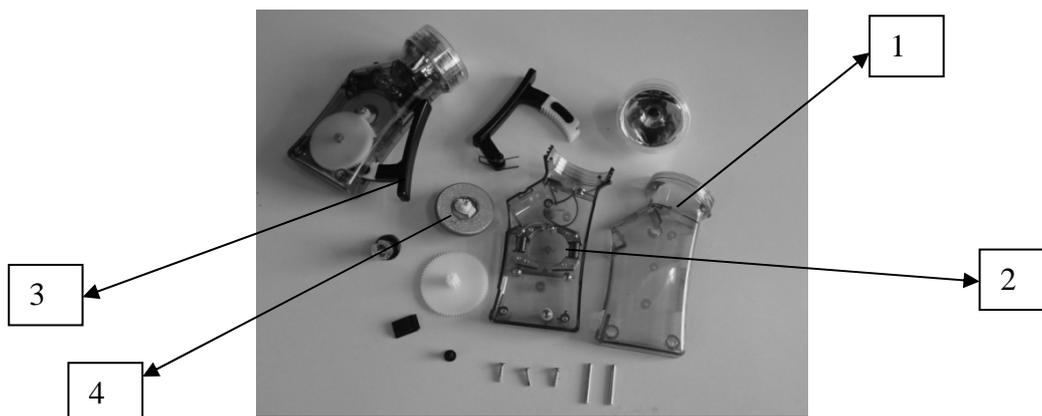
3. La bobine de fil électrique

4. L'aimant

Correction de la fiche n°2 : Qu'y a-t-il dans la
lampe de poche dynamo ?



Les éléments qui se trouvent à l'intérieur de la *lampe de poche dynamo* sont :

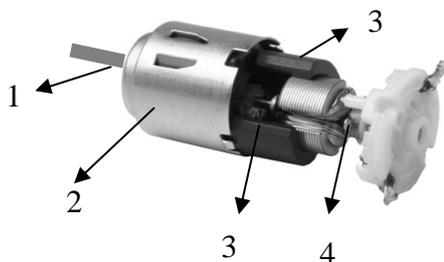


1. Le boîtier
2. La bobine de fil électrique
3. La manette
4. L'aimant.

Correction de la fiche n°3 : Qu'y a-t-il dans un *moteur électrique* ?



Les éléments qui se trouvent à l'intérieur d'un petit moteur de jouet électrique sont :



1. L'axe d'entraînement (ou l'arbre ou axe) du moteur
2. Le boîtier du moteur
3. L'aimant
4. La bobine de cuivre (le fil électrique)

Correction de la fiche n°4 : Peut-on utiliser un moteur comme générateur ?



Va plus loin



Certains jouets des petits enfants, comme le lapin bien connu qui tape sur son tambour, contiennent un moteur qui fait bouger le jouet.

Lorsque la pile est placée à l'intérieur et que l'interrupteur est fermé, le moteur se met en action, le lapin remue les bras et joue du tambour. C'est le principe du moteur électrique : raccordé à une source d'énergie électrique (la pile), le moteur permet à l'objet de bouger.

On peut « raisonner à l'envers » et se dire : si au contraire, on agite les bras du lapin, alors le moteur produira du courant et deviendra un générateur ! C'est bien le cas : si l'on bouge les bras du lapin, l'axe du moteur se met à tourner et, comme la dynamo de la bicyclette ou la lampe dynamo, le moteur produit du courant.

De plus, si l'on compare les composants internes du moteur, de la dynamo et de la lampe dynamo, on constate qu'ils sont identiques.

On peut donc essayer de se servir d'un petit moteur pour faire briller une petite lampe.

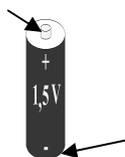
ANNEXE 9 – Lexiques

Lexique pour la construction du jeu électro

Bornes d'une pile : les deux extrémités de la pile qui permettent de relier celle-ci à un circuit électrique.

Les *bornes* des piles *crayon* :

- la *borne positive* (signe +) se trouve sur l'extrémité en relief
- la *borne négative* (signe-) se trouve sur l'autre extrémité.



Les *bornes* de la pile de 4,5 V sont les deux languettes métalliques. :

- la plus grande est la *borne positive* (signe +)
- la plus petite est la *borne négative* (signe -).



Circuit électrique : (circuit : parcours - exemple : circuit touristique, circuit automobile,...)

Le circuit électrique est l'ensemble des différents éléments : la pile, les fils électriques, l'ampoule et l'interrupteur.

Le circuit électrique peut être :

- soit fermé (dans ce cas, le courant électrique circule à l'intérieur du circuit)
- soit ouvert (dans ce cas, le courant électrique ne circule pas dans le circuit).

Conducteur électrique : (conducteur : qui conduit)

Le conducteur électrique conduit l'électricité, il permet au courant électrique de circuler. Exemples : les fils électriques, le papier aluminium, le trombone métallique, objets métalliques, l'eau.



Connecter : Relier, raccorder, certains éléments entre eux. Exemple : connecter la pile au circuit.

Connexion : Action de relier des éléments. Exemple : faire la connexion entre la pile électrique et l'ampoule électrique.

Convention : (Règle provenant d'un accord entre plusieurs personnes).

Choix de différents symboles pour représenter les éléments d'un circuit électrique. Si les personnes qui travaillent ensemble n'utilisent pas la même convention, alors elles ne se comprennent pas.

Exemples : l'ampoule :  la pile ;  , ...

Court-circuit : Liaison (en général non-voulue !) entre deux points d'un circuit électrique qui, dans notre cas, perturbe le circuit (ici : avec un fil électrique ou avec du papier aluminium).

Dénuder un fil électrique : Enlever, avec la pince spéciale, quelques centimètres de la gaine en caoutchouc (ce caoutchouc isole le fil électrique pour des raisons de sécurité), afin de pouvoir établir de bons contacts électriques.

Disjoncteur : Interrupteur automatique qui ouvre le circuit électrique pour des raisons de sécurité, et empêche donc ainsi le courant de circuler.

Electrocution : Effets négatifs du courant électrique sur le corps humain. Exemples : brûlure, problème respiratoire, problème cardiaque ...

Fusible : Petit fil métallique très fin qui peut fondre si le courant électrique devient trop fort, provoquant l'ouverture du circuit électrique, et empêchant ainsi l'incendie. Il faut remplacer le fusible quand il est cassé.

Isolant électrique : (isolant : qui isole, qui sépare)

L'isolant électrique empêche le passage du courant électrique. Exemples : les plastiques, le bois, le verre...

Isoler : (séparer un objet des objets environnants)

Isoler électriquement : mettre hors de contact avec tout corps conducteur électrique.

Exemple : le manche en plastique du tournevis isole l'électricien du courant électrique et donc le protège de ses dangers.

Pile électrique : une pile électrique est un système qui transforme de l'énergie chimique en énergie électrique. Cette énergie électrique permet de faire circuler un courant lorsque la pile est connectée à un circuit.

- Pile de 1,5 V (appelée aussi « pile crayon » à cause de sa forme)



- Pile de 4,5V (appelée parfois « pile plate » à cause de sa forme)



Pince à dénuder : Cette pince permet d'enlever une partie de la gaine en caoutchouc recouvrant un fil électrique. Il faut bien régler la vis de la pince pour enlever la gaine sans couper les fils de cuivre à l'intérieur !



Raccorder : Relier, réunir, deux choses séparées. Exemple : raccorder la lampe au circuit électrique.

Représentation graphique : Image, dessin, figure, symbole, signe, schéma qui représentent un phénomène, un objet, une idée. Ici le schéma électrique représente le circuit électrique du jeu électro.

Schéma : Dessin réalisé avec des conventions acceptées et employées par tout le monde (voir convention).

Support pour ampoule : Objet sur lequel on visse l'ampoule avant de



le raccorder au circuit électrique. Les contacts se font grâce aux deux vis qui se trouvent de chaque côté du support

Lexique pour la construction de l'éolienne

Aérodynamique : forme construite pour réduire les frottements avec l'air (exemple : voiture à la forme aérodynamique)

Aéromodélisme : construction et vol des modèles réduits d'avions.

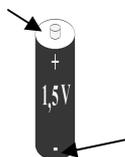
Aimant : objet qui attire le fer.

Arbre (ou axe) d'un moteur : tige qui transmet le mouvement. Exemple : l'arbre transmet le mouvement de l'hélice à l'aimant qui se trouve à l'intérieur du moteur (qui va donc se mettre à tourner aussi).

Bornes d'une pile : les deux extrémités de la pile qui permettent de relier celle-ci au circuit électrique.

Les *bornes* des piles *crayon* :

- la *borne positive* (signe +) se trouve sur l'extrémité en relief
- la *borne négative* (signe-) se trouve sur l'autre extrémité.



Les *bornes* de la pile de 4,5 V sont les deux languettes métalliques. :

- la plus grande est la *borne positive* (signe +)
- la plus petite est la *borne négative* (signe -).



Circuit électrique : (circuit : parcours qui part d'un point et qui revient au même point - exemple : circuit touristique, circuit automobile,...)

Le circuit électrique est l'ensemble des différents éléments (comme la pile, les fils électriques l'ampoule et l'interrupteur) parcouru par le courant électrique. Le circuit électrique peut être ouvert ou fermé.

Conducteur électrique : (conducteur : qui conduit)

Conducteur électrique : qui conduit l'électricité, qui permet au courant électrique de circuler. Exemples : les fils électriques, le papier aluminium, le trombone métallique, objets métalliques, l'eau.

Connecter : Relier, raccorder, certains éléments entre eux. Exemple : connecter la pile au circuit.

Connexion : Action de mettre des éléments en relation. Exemple : faire la connexion entre la pile électrique et l'ampoule électrique.

Dynamo de bicyclette : Système qui transforme l'énergie mécanique (tu pédales sur ton vélo) en énergie électrique (la lampe brille).



Dénuder un fil électrique : Enlever quelques centimètres de la gaine en caoutchouc avec la pince spéciale pour que les contacts électriques soient bons.

Energie : Capacité d'un système à effectuer un travail :

Exemples :

- le vent est capable de faire tourner l'hélice, le vent possède donc de l'énergie ;
- le cycliste peut faire avancer son vélo, le cycliste possède donc de l'énergie ;
- la pile permet à l'ampoule de briller, la pile possède de l'énergie ;
- le voyageur soulève sa valise, il possède de l'énergie ; ...

Energie mécanique : C'est l'énergie particulière que possède un objet lorsqu'il est en mouvement. Exemples : le vélo qui roule possède de l'énergie mécanique (il peut renverser un enfant sur la route), l'hélice qui tourne possède de l'énergie mécanique (elle peut faire tourner l'axe de la dynamo), la pierre qui tombe possède de l'énergie mécanique (elle peut blesser le pied sur lequel elle tombe)...

Eolienne :  Nous ne te donnons pas cette définition, à toi de la construire à partir de ce que tu as découvert lors de ce travail.

Générateur électrique : Système qui transforme une forme d'énergie en énergie électrique. Exemples : la **pile** transforme l'énergie chimique en énergie électrique, l'**éolienne** transforme l'énergie du vent en énergie électrique, le **panneau solaire** transforme l'énergie fournie par le Soleil en énergie électrique, la **dynamo de bicyclette** transforme l'énergie fournie par les muscles en énergie électrique ...

Isolant électrique : (isolant : qui isole, qui s'épare)

Isolant électrique : qui empêche le passage du courant électrique.

Exemples : les plastiques, le bois, le verre...

Lampe de poche dynamo : Petite lampe qui fonctionne sans pile, mais à partir de l'énergie mécanique fournie par la main qui actionne la manivelle ou la poignée.



LED : Ampoule électrique à faible consommation d'énergie, cette ampoule est de plus en plus utilisée pour cette raison.



Moteur électrique : Appareil qui transforme l'énergie électrique reçue en énergie mécanique ; un moteur électrique est donc capable de créer un mouvement.



Exemple : les moteurs électriques sont présents un peu partout, comme dans les jouets

alimentés par une pile et qui peuvent dès lors bouger.

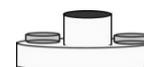
Moyeu de l'hélice : Partie centrale de l'hélice sur laquelle sont attachées les pièces qui doivent tourner autour de l'axe de rotation.

Pince à dénuder : Cette pince permet d'enlever une partie de la gaine en caoutchouc recouvrant un fil électrique. Il faut bien régler la vis de la pince pour enlever la gaine sans couper les fils de cuivre à l'intérieur.



Raccorder : Relier, réunir, deux choses séparées.
Exemple : raccorder la lampe au circuit électrique.

Support pour ampoule : Objet sur lequel on visse l'ampoule avant de raccorder celui-ci au circuit électrique. Les contacts se font grâce aux deux vis qui se trouvent de chaque côté du support



Support pour LED : Supports très pratiques mais fragiles pour fixer les LED.



Système d'entraînement : Mécanisme qui va entraîner (faire tourner) l'aimant dans la dynamo ou dans le moteur.

Thermique : qui est en relation avec la chaleur.

Exemple : une ampoule classique chauffe lorsqu'elle fonctionne. Elle perd donc beaucoup de son énergie par *effet thermique*.

ANNEXE 10 - Ecoles contactées pour le groupe contrôle

Institut du Sacré-Cœur
Rue des Dames 77
7080 Frameries

Athénée Royal de Quiévrain
Rue Debast 26
7380 Quiévrain

Institut Saint-Luc
Rue Saint-Luc 3
7000 Mons

Institut Saint-Joseph (DOA)
Rue G. Boël 55
7100 La Louvière

Institut Saint-Ferdinand
Avenue Maréchal Foch 824
7012 Jemappes

Athénée Royal de La Louvière
Rue de Bouvy 15
7100 La Louvière

Collège Saint-Vincent (DOA)
Chemin de Nivelles 7 bis
7060 Soignies

Athénée Royal Jules Bordet
Boulevard Roosevelt 27
7060 Soignies

Institut La Sainte-Union
Rue du Roi Albert 10
7370 Dour

Athénée Royal de Braine-le-Comte
Rue de Mons 87
7090 Braine-le-Comte

Institut Communal d'Enseignement
Secondaire
Grand-Place
7390 Quaregnon

Lycée Provincial des Sciences et des
Technologies
Rue de la Station 59
7060 Soignies

Institut Provincial d'Enseignement
Charles Deliege
Rue des Archers 12
7130 Binche

Institut Provincial d'Enseignement
Secondaire Léon Hurez
Rue de Bonne Espérance 1
7100 La Louvière

Athénée Royal de Dour
Rue de l'Athénée 23
7370 Dour

Collège Notre-Dame de Bon-Secours
Rue de Merbes 25
7130 Binche

Institut Sainte-Thérèse
Grand-Rue 79
7170 Manage

Séminaire de Bonne-Espérance
Rue Jurion 22
7130 Estinnes

Lycée Provincial Albert Libiez
Avenue Fénélon 48
7340 Paturages

ANNEXE 11 - Ecoles contactées pour le groupe expérimental

Centre Scolaire Saint-Stanislas
Rue des Dominicains 15
7000 Mons

Institut de la Sainte-Famille
Avenue Du Tir 12
7000 Mons

Institut Du Sacré-Cœur
Rue des Dominicains 9
7000 Mons

Collège Sainte-Marie
Rue du Port 115/117
7330 Saint-Ghislain

Ecole Internationale Le Verseau ELCE
Rue Dom Berlière 7
6041 Gosselies

Athénée Royal de Saint-Ghislain
Avenue de l'Enseignement 2
7330 Saint-Ghislain

Institut Saint-André
Rue du Parc, 6
6000 Charleroi

Lycée de la Communauté française
Charles Plisnier
Rue de Sas 75
7330 Saint-Ghislain

Institut Notre-Dame
Rue de Marcinelle 41
6000 Charleroi

Athénée Royal Ernest Solvay
Boulevard Emile Devreux 27
6000 Charleroi

Centre Scolaire du Sacré-Cœur
Boulevard Audent 58
6000 Charleroi

Centre éducatif communal secondaire
« La Garenne »
Rue de Lodelinsart 200
6000 Charleroi

Institut Saint-Joseph
Boulevard de l'Yser 12
6000 Charleroi

Université du Travail – Institut Jean Jaurès
Rue de la Broucheterre 52B
6000 Charleroi

Athénée Royal Marguerite Bervoets
Avenue Victor Maistriau 11
7000 Mons

Athénée Provincial Jean d'Avesnes
Avenue du Gouverneur Emile Cor
7000 Mons

Athénée Royal Mons I
Rue de l'Athénée 4
7000 Mons

Institut d'Enseignement Secondaire
Provincial
Rue des Estampes 2
7000 Mons

Ecole du Shape Section Belge
Avenue de Paris 705
7010 Shape

Athénée Provincial
Boulevard du Tivoli 2B
7100 La Louvière

ANNEXE 12 – Test SAVOIRS (Electricité)

Date :

**SAVOIRS
ELECTRICITE**

Ecole :

Nom :

Année :

Date de naissance :

Sexe :

Observons tes connaissances en électricité...

1. **Rédige** une définition correcte pour chaque proposition.

Un isolant électrique

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Un conducteur électrique

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Un circuit électrique fermé

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Un circuit électrique ouvert

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

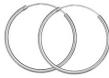
2. **Réalise** un dessin ou un schéma définissant correctement chaque proposition.

(⚠ N'oublie pas d'utiliser une légende pour expliquer ton dessin ou ton schéma).

Un circuit électrique fermé

Un circuit électrique ouvert

3. Pour chaque objet, apparie correctement une définition et un groupe d'images.

Définitions		Illustrations					
A	Objet qui conduit l'électricité, qui permet au courant électrique de circuler	E					
			Sparadrap	Coton-tige	Elastiques	Eponge	Blaireau en bois
B	Objet qui conduit l'électricité dans un seul sens	F					
			Coupe-ongle	Epingles à nourrice	Trompette en métal	Boucles d'oreille	Taille-crayon
C	Objet qui empêche toujours le passage de l'électricité	G					
			Bol en porcelaine	Fer à cheval	Bobine de fil	Jantes de vélo	Sac poubelle
D	Objet qui empêche le passage de l'électricité pendant une durée déterminée						

Inscris tes réponses dans le tableau suivant.

Définition	Images
Objet isolant	
Objet conducteur	

ANNEXE 13 – Test SAVOIRS (Energie)

Date :

SAVOIRS
ENERGIE

Ecole :

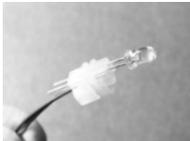
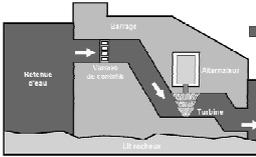
Nom :

Année :

Date de naissance :

Sexe :

3. Pour chaque situation, associe correctement la transformation d'énergie à ses illustrations (aux transformateurs).

Transformation d'énergie	Illustrations			
A Transformation d'énergie mécanique en énergie électrique.	E			
		LED	Ampoule	Ampoule économique
B Transformation d'énergie électrique en énergie lumineuse.	F			
		Éolienne	Dynamo de bicyclette	Centrale hydraulique
C Transformation d'énergie électrique en énergie thermique.	G			
		Radiateur électrique	Plaque de cuisson	Grille-pain

Inscris tes réponses dans le tableau suivant.

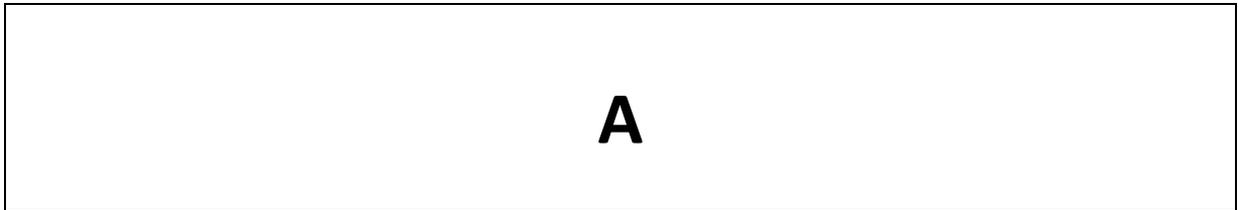
Transformations d'énergie

A
B
C

Illustrations

ANNEXE 14 – Test COMPETENCES A (Masse volumique)

Date :



Ecole :

Nom :

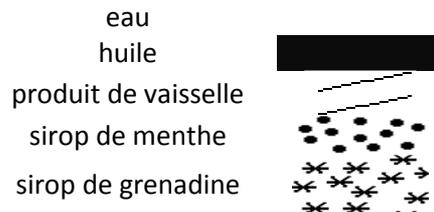
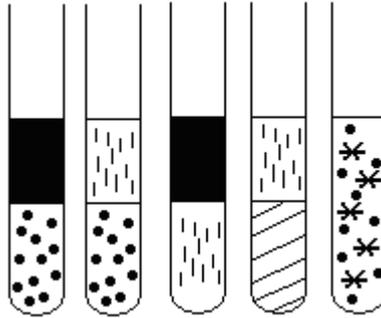
Année :

Date de naissance :

Sexe :

Découvrons les liquides et leurs propriétés

1. Voici différents liquides qui ont été versés délicatement dans des éprouvettes.



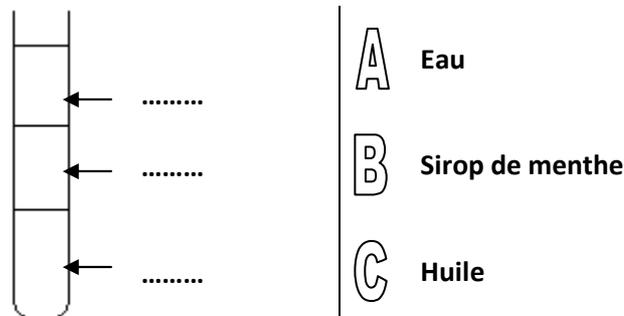
	Eau	Sirop de menthe	Huile	Sirop de grenadine	Produit vaisselle
Masse volumique	1 g/cm ³	> 1 g/cm ³	< 1 g/cm ³	> 1 g/cm ³	> 1 g/cm ³
Viscosité ²⁵	Faible	Forte	Forte	Forte	Assez forte
Couleur	Incolore	Vert	Jaune	Rouge	Jaune

a. **Trace** une croix dans la case qui convient.

	intervient dans la position des liquides l'un par rapport à l'autre.	n'intervient pas dans la position des liquides l'un par rapport à l'autre.
La masse volumique	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La couleur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La viscosité	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

b. On a versé délicatement trois liquides dans une éprouvette. Quelle est leur position ?

Complète ce schéma en écrivant chaque lettre à l'endroit qui convient.



²⁵ En physique, la **viscosité** désigne la capacité d'un fluide à s'écouler. En langage courant, on utilise aussi le terme *fluidité*.

c. Quelles sont tes hypothèses ?

Explique pourquoi, selon toi, tous les liquides ne se mélangent pas.

.....

.....

.....

.....

.....

.....

d. Pour chaque proposition, **entoure** la réponse correcte en te basant sur les résultats de l'expérience et **corrige** lorsque c'est faux.

Tous les liquides ont la même masse volumique.

VRAI

FAUX

Correction :

.....

.....

Lorsqu'on verse plusieurs liquides dans un récipient, la manière dont ils vont se superposer dépend de leur couleur.

VRAI

FAUX

Correction :

.....

.....

Dans un même récipient, deux liquides qui ont la même masse volumique ne se superposent pas, ils se mélangent.

VRAI

FAUX

Correction :

.....

.....

Dans un même récipient, deux liquides qui ont des masses volumiques différentes se superposent.

VRAI
FAUX

Correction :

.....

.....

2. Sachant que l'eau a une masse volumique de 1g/cm^3 , **classe** les liquides en fonction de leur masse volumique en **écriv**ant chaque lettre dans la colonne adéquate.

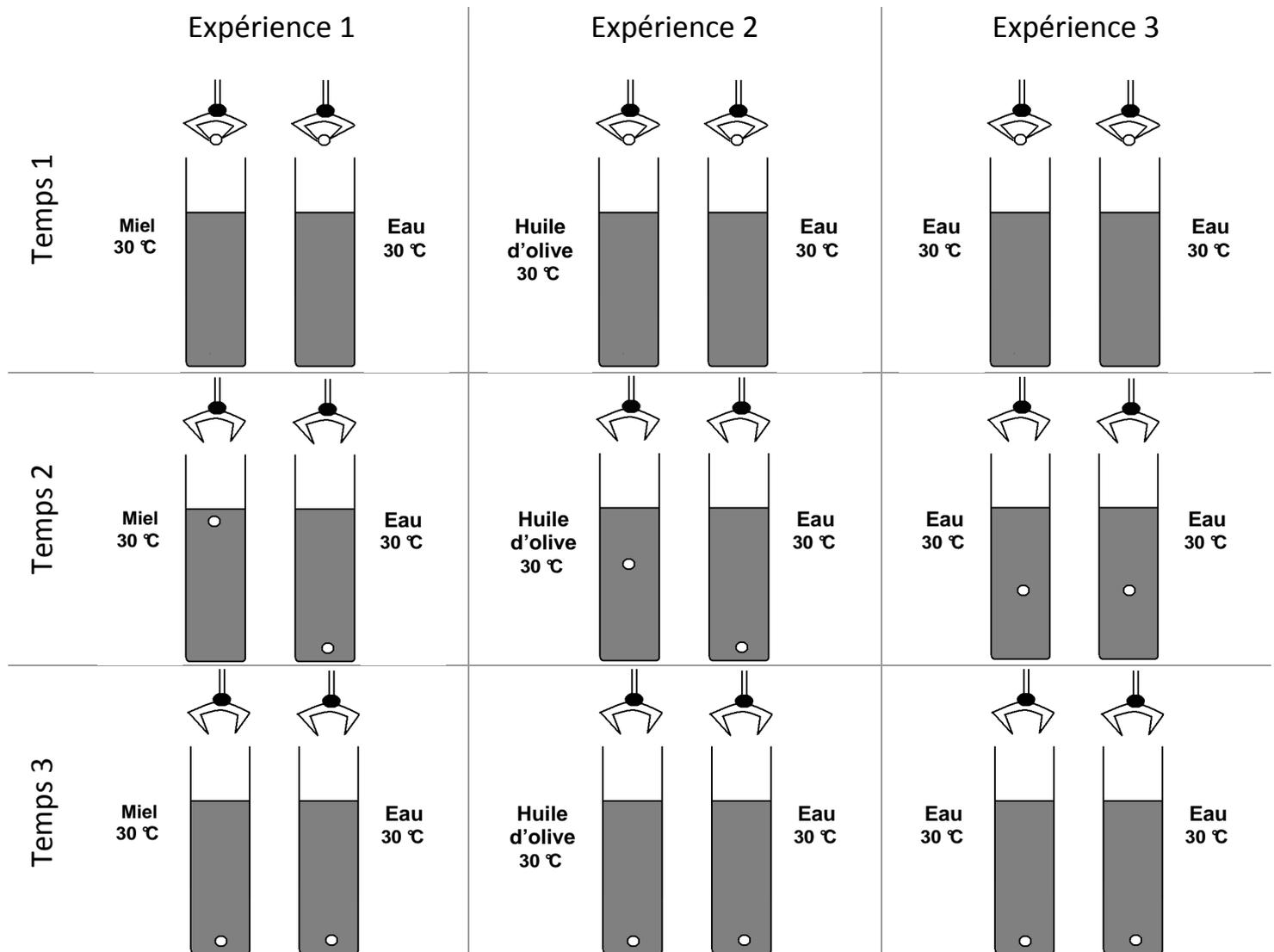
A	Alcool méthylique	$0,79\text{ g/cm}^3$
B	Mercure	$13,55\text{ g/cm}^3$
C	Eau distillée	$1,00\text{ g/cm}^3$
D	Huile à cuisson	$0,92\text{ g/cm}^3$
E	Térébenthine	$0,87\text{ g/cm}^3$
F	Essence	$0,84\text{ g/cm}^3$
G	Sirop de maïs	$1,38\text{ g/cm}^3$
H	Glycérine	$1,26\text{ g/cm}^3$

< EAU

= EAU

> EAU

3. Dans une classe, on s'est posé la question : « Est-ce que tous les liquides sont identiques ? ». Certains élèves pensent que « oui » tandis que d'autres ne parviennent pas à se prononcer. Afin de répondre à cette question, les élèves ont effectué trois expériences avec des liquides différents. Voici le dessin de ce qu'ils observent à trois moments différents



Voici les conclusions des élèves :

Les liquides ne se ressemblent pas. Certains sont fluides et coulent facilement. D'autres sont épais et visqueux. Par exemple, le miel s'écoule plus lentement que l'eau.

Après quelques recherches, ils apprennent que la résistance d'un liquide à l'écoulement est appelée viscosité. Elle varie en fonction des liquides et même de la température.

Identifie les conditions de réalisation de ces trois expériences en **répondant** aux questions suivantes.

a. De quels accessoires a-t-on besoin pour réaliser ces expériences ?

.....

.....

.....

.....

b. Que doit-on mesurer afin de comparer la viscosité de deux liquides ?

.....

.....

.....

.....

4. Voici la description d'une expérience réalisée en classe.

Les objets utilisés dans l'expérience sont :

de l'eau colorée



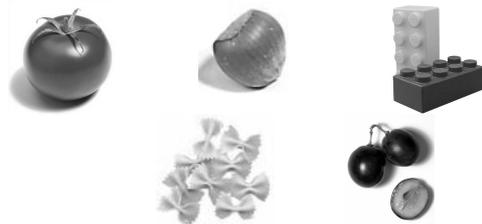
du sirop



de l'huile végétale



quelques objets à faire flotter



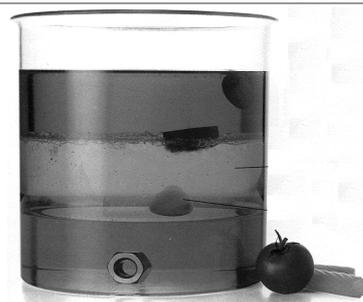
1. Tu verses soigneusement du sirop dans le récipient, en le remplissant au quart de sa hauteur.



2. Tu verses la même quantité d'huile végétale dans le récipient, et enfin la même quantité d'eau colorée.



3. Les liquides forment trois couches séparées les unes sur les autres. Tu ajoutes maintenant les objets.



4. Les objets s'enfoncent jusqu'à atteindre un liquide d'une masse volumique plus forte que la leur, sur lequel ils flottent.

Voici quelques conclusions que tu pourrais tirer... **Entoure** la réponse correcte pour chaque proposition.

Les liquides ayant une masse volumique plus importante ne laissent pas descendre les objets qui sont trop légers. VRAI
FAUX

Tous les liquides ont la même masse volumique. VRAI
FAUX

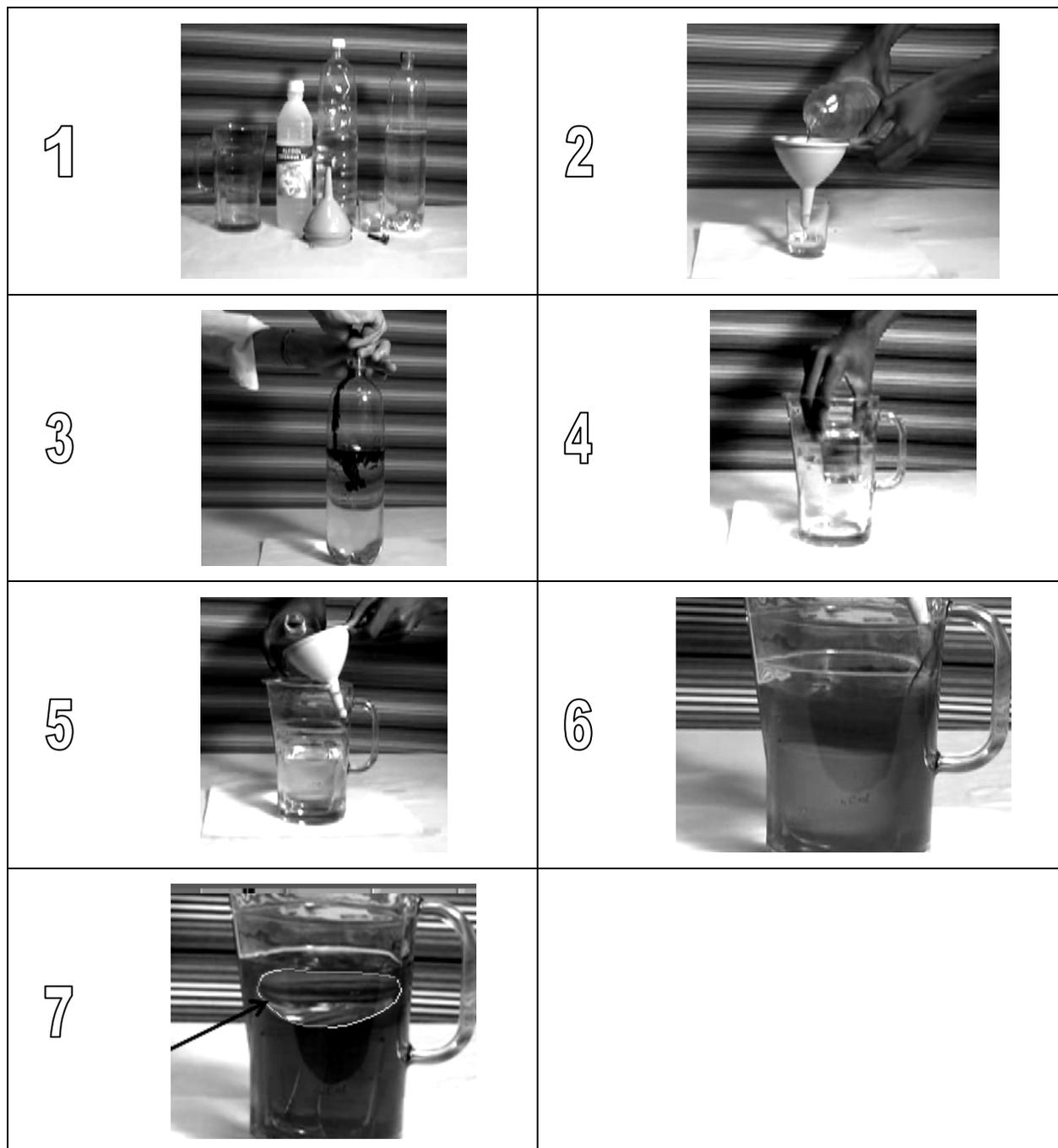
Certains objets descendent au fond du récipient car leur masse volumique est moins importante que les liquides qu'ils traversent. VRAI
FAUX

Dans cette expérience, l'eau est plus dense que l'huile mais moins que le sirop. VRAI
FAUX

5. Dans une classe, on s'est posé la question : « Que se passe-t-il si on mélange deux liquides ayant une masse volumique différente ? ».

Beaucoup d'élèves avaient des avis différents, ils ont donc fait une expérience pour comprendre ce phénomène.

Voici des photos présentant cette expérience. Elles ne sont pas dans l'ordre. **Observe** attentivement chacune d'elles.



Voici les commentaires que les élèves ont rédigés pour chaque étape.

A	Présentation des accessoires nécessaires à l'expérience : <ul style="list-style-type: none"> • de l'huile ; • un verre ; • une carafe ; • de l'alcool à 70% ; • du colorant (une cartouche d'encre par exemple).
B	Je verse un peu de colorant dans l'alcool afin de le colorer.
C	Je remplis le verre d'huile.
D	Je place le verre rempli d'huile dans la carafe.
E	Lorsque les liquides entrent en contact, ils se mettent à mousser.
F	Je commence à verser l'alcool coloré dans la carafe.
G	Pendant que je verse l'eau colorée, les deux liquides semblent se mélanger.
H	Les deux liquides de la carafe ne se mélangent pas, ils se superposent.
I	La carafe déborde car on verse trop de liquide.

Pour chaque photo, **retrouve** le commentaire correspondant à chaque étape et **inscris** la lettre dans le tableau ci-dessous.

Etapas	Explications (→ Lettres)
1
2
3
4
5
6
7

ANNEXE 15 – Test COMPETENCES B (Chaleur)

Date :

PRE-TEST
B

Ecole :

Nom :

Année :

Date de naissance :

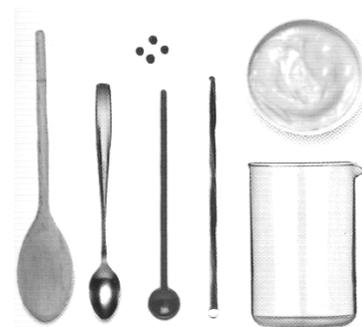
Sexe :

Découvrons la chaleur et ses propriétés...

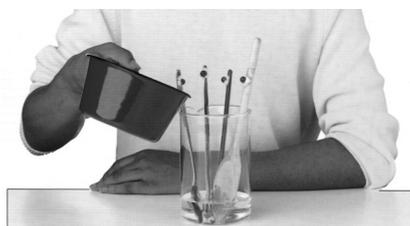
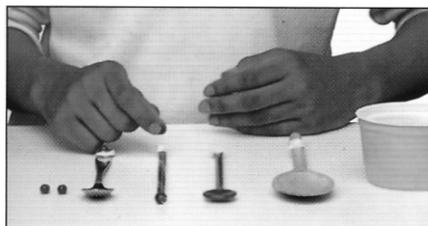
1. Dans une classe, une expérience est réalisée afin d'observer la conductibilité thermique de certains matériaux.

Observe attentivement cette expérience. Pour cette expérience, les élèves ont besoin de

- un grand verre
- des perles identiques
- du beurre
- une casserole d'eau
- quelques objets à tester : paille, cuillères en bois, en métal et en plastique.



Pour la conductibilité thermique de ces objets, on colle une perle sur chaque objet. Ensuite, on mesure combien de temps chaque perle reste collée.



Observations :

« Toutes les perles ne détachent pas au même moment. »

	Cuillère 1	Cuillère 2	Cuillère 3	Paille
Matière	Bois	Métal	Plastique	Plastique
Poids	20 g	25 g	10 g	3 g
Couleur	Brun	Gris	Rouge	Bleu
Taille	20 cm	15 cm	15 cm	15 cm
La perle se détache de l'objet après...	4 min	3 min	3 min 30	3 min 40

- a. **Trace** une croix dans la case qui convient.

intervient dans le temps que reste collée la perle.

n'intervient pas dans le temps que reste collée la perle.

- La matière
- La masse
- La couleur
- La longueur

b. **Classe** les objets de l'expérience du plus conducteur au moins conducteur thermique.

Objet le plus conducteur thermique



Objet le moins conducteur thermique

c. Que retient-on de ces observations ?

Explique pourquoi, dans l'expérience, les perles ne tombent pas toutes au même moment.

.....

d. Pour chaque proposition, **entoure** la réponse correcte en te basant sur les résultats de l'expérience et **corrige** lorsque c'est faux.

Tous les objets ont tous la même conductibilité thermique.

VRAI

FAUX

Correction :

.....

Si les perles tombent à des moments différents, c'est parce que la chaleur se répand de manière différente dans les objets de l'expérience.

VRAI

FAUX

Correction :

.....

La première perle qui tombe est celle qui est placée sur l'objet dont la conductibilité thermique est la meilleure.

VRAI

FAUX

Correction :

.....

La dernière perle qui tombe est celle qui est placée sur l'objet dont la conductibilité thermique est la meilleure.

VRAI

FAUX

Correction :

.....

2. La conductibilité thermique d'un corps permet de mesurer la possibilité qu'a un corps d'absorber ou restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie. Si un objet est chaud, il communique toujours sa chaleur à son environnement, le réchauffant et se refroidissant lui-même.

Sachant que le fer a une chaleur spécifique de 443*, **classe** en trois colonnes les matériaux en fonction de leur chaleur spécifique.

	Substances	Chaleur spécifique en $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$
A	Aluminium	898
B	Acier	447
C	Diamant	518
D	Plomb	130
E	Cuivre	385
F	Eau (liquide)	4169
G	Hélium (gaz)	5180
H	Oxygène (gaz)	915

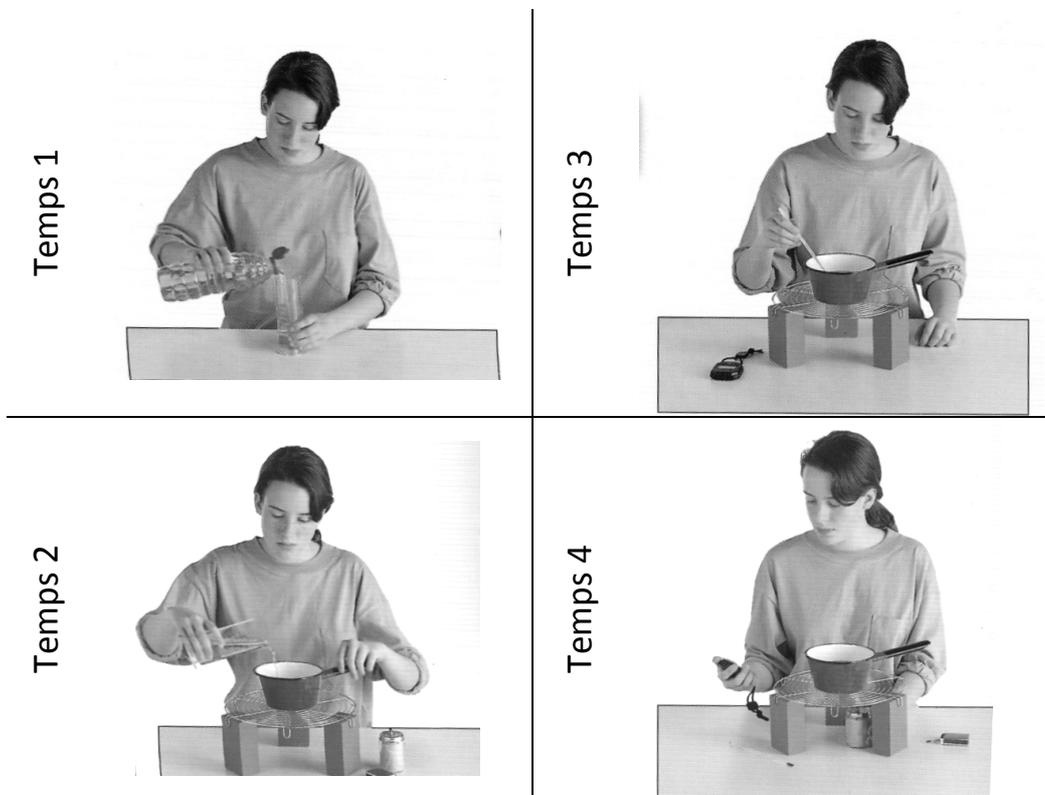
> FER

= FER

< FER

* Chaleur spécifique calculée en $\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$ suite à un échauffement à pression constante et (sauf avis contraire) à 298 K (25°C).

3. Dans une classe, on s'est posé la question : « Que se passe-t-il lorsqu'on chauffe des liquides ? Chauffent-ils tous de la même manière ? ». Certains élèves pensent que « oui » tandis que d'autres ne parviennent pas à se prononcer. Afin de répondre à ces questions, ils ont réalisé une expérience dont voici les différentes étapes :



Voici les conclusions des élèves :

En chauffant séparément chaque liquide pendant une même durée et dans les mêmes conditions, les températures obtenues ne sont pas identiques.

Après quelques recherches, ils apprennent que la chaleur n'est pas simplement une douce sensation qui émane du feu ou du Soleil. Ce sont des molécules qui bougent. Plus vite vibrent les molécules d'une substance, plus cette substance est chaude. Tous les objets (liquides, ...) ne sont pas composés des mêmes molécules si bien qu'ils ne se réchauffent pas avec la même rapidité.

Identifie les conditions de réalisation de ces trois expériences en **répondant** aux questions suivantes.

- a. De quels accessoires a-t-on besoin pour réaliser cette expérience ?

.....

.....

.....

b. Que doit-on mesurer afin de comparer la capacité calorifique des liquides utilisés dans l'expérience?

.....

.....

.....

.....

4. Imagine que tu réalises une expérience pour répondre à la question : « Comment lutter contre le feu sans eau ? ». Dans ce cas, tu vas utiliser :



1. Tu fixes la bougie au fond du plat avec la pâte à modeler. Attention, la bougie ne doit pas être plus haute que le plat.

2. Tu saupoudres de la levure autour de la bougie.

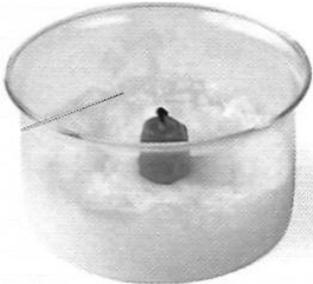
3. Tu demandes à un adulte d'allumer la bougie.

→ *En brûlant, la bougie consomme l'oxygène de l'air.*



4. Tu ajoutes une cuillère à soupe de vinaigre et la levure se met à bouillonner.

→ *Le vinaigre ajouté au bicarbonate présent dans la levure dégage du gaz carbonique. s'étouffe et s'éteint.*



5. Tu attends quelques instants... Tout à coup, la flamme s'éteint mais on ne voit pas pourquoi !

1. *Le gaz carbonique, invisible, emplit le plat et recouvre la flamme, privée d'oxygène, elle s'étouffe et s'éteint.*



6. Tu essaies de rallumer la bougie : c'est impossible !

2. *L'allumette s'éteint en présence de gaz carbonique.*

a. Voici quelques conclusions que tu pourrais tirer... **Entoure** la réponse correcte pour chaque proposition.

La flamme de la bougie a besoin d'oxygène pour briller.

VRAI
FAUX

Au fur et à mesure que la levure bouillonne, la flamme de la bougie diminue.

VRAI
FAUX

Le gaz carbonique empêche la flamme de briller.

VRAI
FAUX

Le vinaigre versé dans le plat a mouillé la bougie et a éteint sa flamme.

VRAI
FAUX

b. **Schématise** les étapes 3 et 5 de cette expérience.

🗨️ Pour chaque étape, tu dois **symboliser** les objets utilisés dans l'expérience.

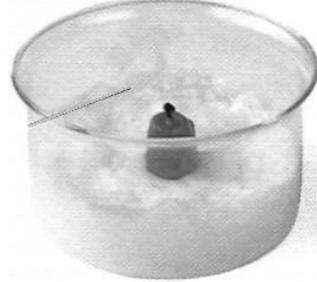
Etape 3



Tu demandes à un adulte d'allumer la bougie.

→ *En brûlant, la bougie consomme l'oxygène de l'air.*

Etape 5



Tu attends quelques instants... Tout à coup, la flamme s'éteint mais on ne voit pas pourquoi !

3. *Le gaz carbonique, invisible, emplit le plat et recouvre la flamme, privée d'oxygène, elle s'étouffe et s'éteint.*

Légende		Légende	
Objets	Symboles	Objets	Symboles
Plat en verre		Plat en verre	
		Bougie éteinte	
Bougie allumée		Levure chimique	
Levure chimique		Vinaigre	

Schéma

Schéma

5. Dans une classe, on s'est posé la question : « Comment conserver la chaleur d'un liquide ? ». Beaucoup d'élèves avaient des avis différents, ils ont donc fait une expérience pour comprendre ce phénomène.

Voici des photos présentant cette expérience. Elles ne sont pas dans l'ordre. **Observe** attentivement chacune d'elles.

1



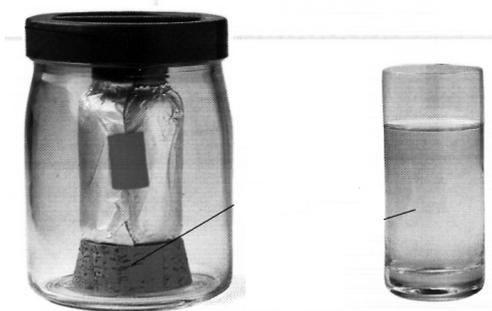
2



3



4



5



Voici les commentaires que les élèves ont rédigés pour chaque étape.

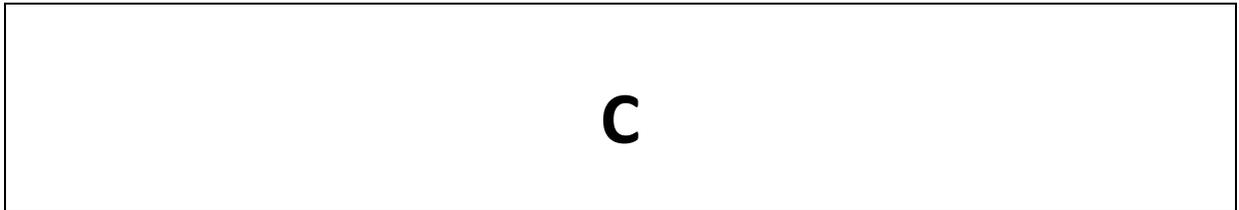
A	<p>Présentation des accessoires nécessaires à l'expérience :</p> <ul style="list-style-type: none"> • deux bocaux en verre (un grand et un petit) ; • un verre ; • du ruban adhésif ; • de l'eau chaude ; • des ciseaux ; • un bouchon de liège ; • du papier aluminium.
B	<p>Présentation des accessoires nécessaires à l'expérience :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un bocal ; • un verre ; • du ruban adhésif ; • un nœud papillon ; • des ciseaux • du papier aluminium.
C	J'attends dix minutes et sors le petit bocal. Je trempe mon doigt dans l'eau, elle est encore chaude alors que l'eau du verre a refroidi.
D	J'enveloppe, en serrant bien, le petit bocal de deux couches de papier aluminium, côté brillant à l'intérieur (la face brillante de l'aluminium aide à conserver la chaleur à l'intérieur) et je le fixe.
E	Je pose le bouchon de liège au fond du grand bocal et pose le petit dessus. Je referme le grand bocal. Mon réservoir à chaleur est prêt.
F	Je verse de l'eau chaude dans le petit bocal et dans le verre. Je referme le bocal.
G	Je verse de l'eau froide dans le petit bocal et de l'eau chaude dans le verre. Je referme le bocal.

Pour chaque photo, **retrouve** le commentaire correspondant à chaque étape et **inscris** la lettre dans le tableau ci-dessous.

Etapas	Explications (→ Lettres)
1
2
3
4
5

ANNEXE 16 – Test COMPETENCES C (Electricité)

Date :



Ecole :

Nom :

Année :

Date de naissance :

Sexe :

Observons tes connaissances en électricité...

1. Observe attentivement les objets de chaque groupe et identifie leur différence. Ensuite, réponds aux questions qui te sont posées.



Chaise en bois



Verre



Ours en peluche



Carton



Vis



Canette



Pièce de monnaie



Clé

Observe ce qu'il se passe lorsqu'on les intègre à un circuit électrique simple.



Quelle conclusion peut-on tirer de ces expériences ?

.....

.....

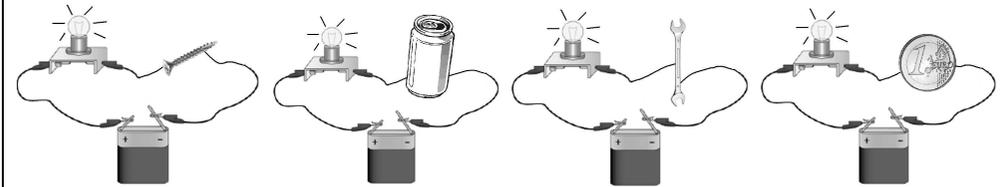
.....

.....

.....

.....

.....



Quelle conclusion peut-on tirer de ces expériences ?

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Parmi les schémas suivants, certains permettent à l'ampoule de briller.
 Pour chaque schéma,
 a. coche la réponse correcte et
 b. identifie le problème lorsque l'ampoule ne brille pas.

Les conventions utilisées dans ces schémas sont

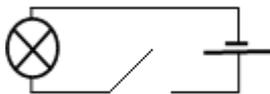
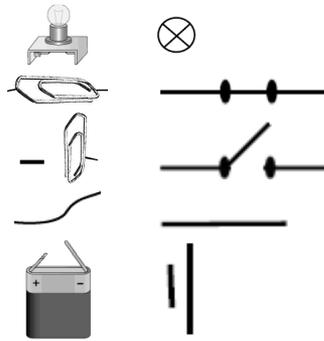
l'ampoule électrique

l'interrupteur fermé

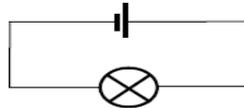
l'interrupteur ouvert

les fils de connexion

la pile



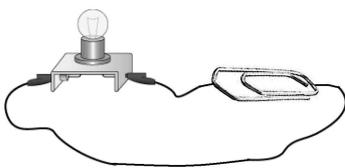
- L'ampoule
 brille.
 ne brille pas.
 Pourquoi ?.....



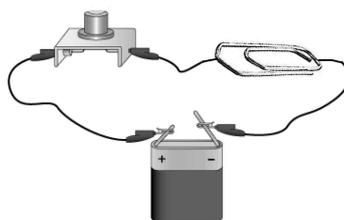
- L'ampoule
 brille.
 ne brille pas.
 Pourquoi ?.....



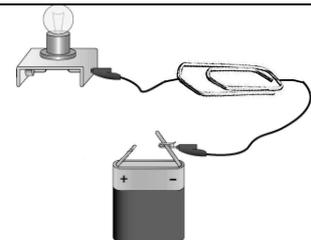
- L'ampoule
 brille.
 ne brille pas.
 Pourquoi ?.....



- L'ampoule
 brille.
 ne brille pas.
 Pourquoi ?.....

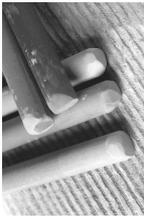


- L'ampoule
 brille.
 ne brille pas.
 Pourquoi ?.....



- L'ampoule
 brille.
 ne brille pas.
 Pourquoi ?.....

3. Voici une série d'objets, classe-les en deux catégories (objets conducteur ou isolant) et justifie ton choix.

<p>A</p>  <p>Ballon</p>	<p>B</p>  <p>Ciseaux</p>	<p>C</p>  <p>Papier WC</p>	<p>D</p>  <p>Pneu</p>	<p>E</p>  <p>Craies</p>
<p>F</p>  <p>Attache parisienne</p>	<p>G</p>  <p>Couverts</p>	<p>H</p>  <p>Bague</p>	<p>I</p>  <p>Bougies</p>	<p>J</p>  <p>Clés</p>

Objets conducteurs

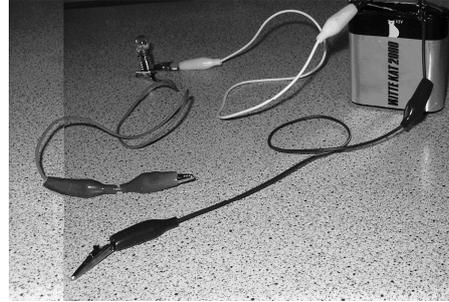
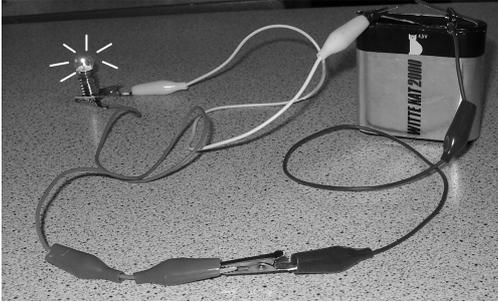
Le conducteur électrique conduit l'électricité, il permet au courant électrique de circuler. Les métaux (le fer, le cuivre, l'aluminium, l'or...) sont de bons conducteurs électriques. L'eau est aussi un bon conducteur électrique.

Objets isolants

L'isolant électrique empêche le passage du courant électrique. Tous les plastiques, les caoutchoucs, le verre ou encore le bois sont de bons isolants.

4. Observe attentivement les situations suivantes. Ensuite, complète le texte explicatif :
- entoure les propositions qui te conviennent et
 - termine correctement les phrases en fonction de ton choix.

Situation 1
Circuit ouvert ou fermé



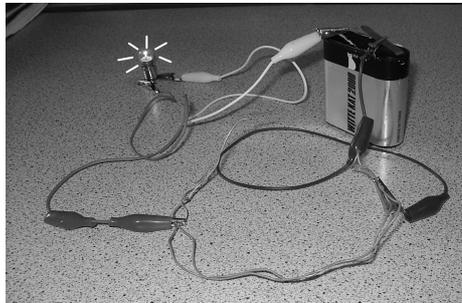
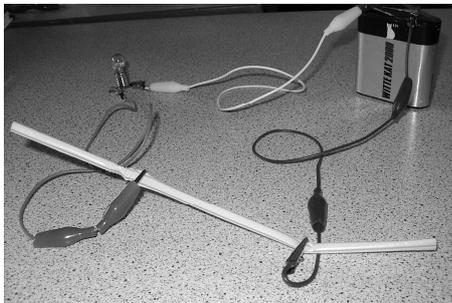
L'ampoule brille parce que le circuit électrique est

ouvert
fermé

Lorsque le circuit électrique est ouvert, le courant électrique

circule.
ne circule pas.

Situation 2
Conducteur ou isolant électrique



Bien que le circuit électrique soit fermé, l'ampoule

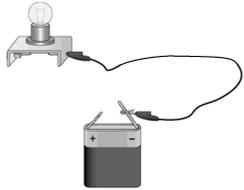
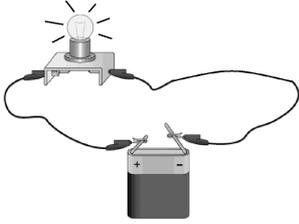
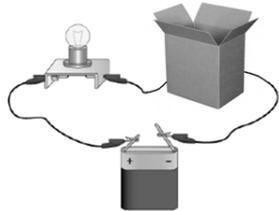
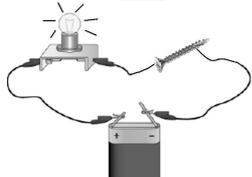
brille.
ne brille pas.

Lorsque le circuit est fermé, l'ampoule brille parce que tous les objets du circuit électrique

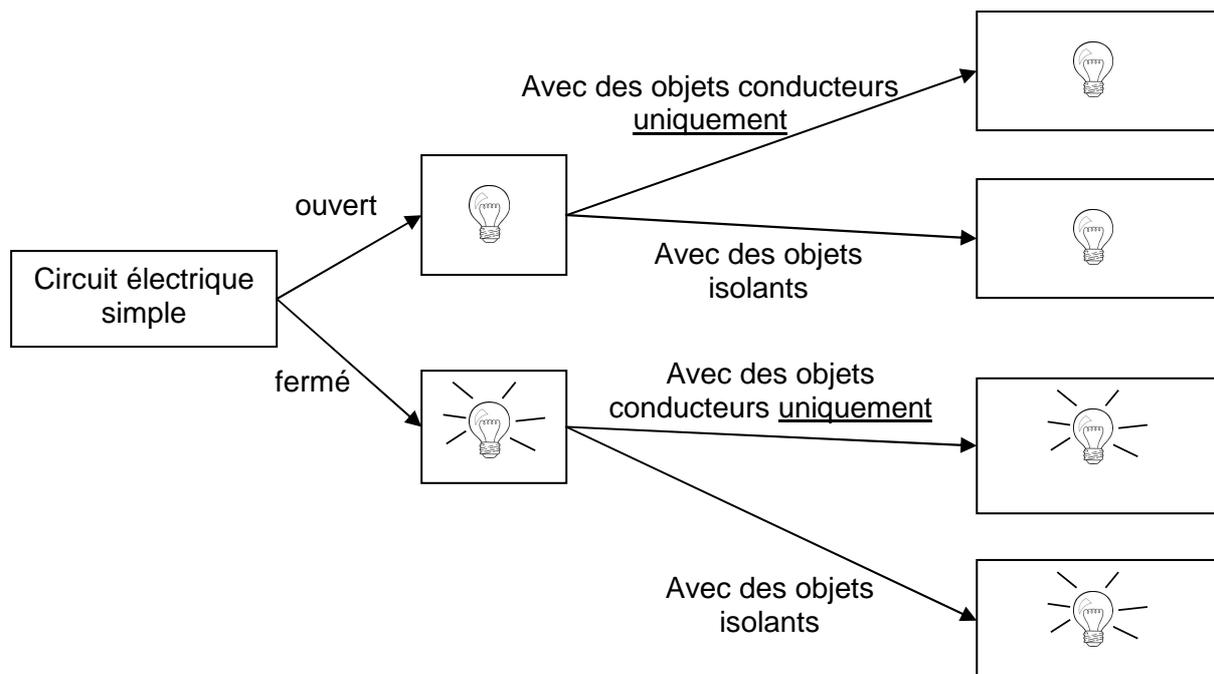
sont

isolants.
conducteurs.

5. Dans une classe, on s'est posé la question : « Comment le courant électrique circule-t-il ? ». Beaucoup d'élèves avaient des avis différents, ils ont donc fait différentes expériences pour comprendre ce phénomène. En voici quatre ainsi que ce qu'ils ont pu observer.

	Conditions	Observations
Expérience n° 1	Ils ont construit un premier circuit électrique avec un seul fil.	
Expérience n° 2	Ils ont construit un deuxième circuit électrique avec un fil reliant les deux bornes de la pile à l'ampoule électrique.	
Expérience n° 3	Ils ont construit un troisième circuit électrique en y insérant un objet en carton.	
Expérience n° 4	Ils ont remplacé l'objet en carton par une vis en métal dans le circuit électrique.	

Voici les conclusions de la classe.



Réponds correctement aux questions suivantes en te basant sur les expériences réalisées en classe.

Le circuit électrique doit être fermé pour que l'ampoule brille.

VRAI
FAUX

Si le circuit est ouvert, l'ampoule ne brille pas aussi.

VRAI
FAUX

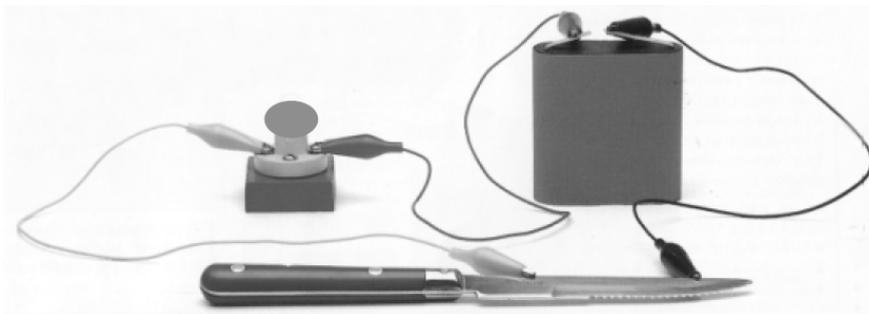
Certains matériaux laissent passer le courant, c'est le cas de tous les métaux. On appelle ces matériaux des producteurs d'électricité.

VRAI
FAUX

Certains matériaux ne laissent pas passer le courant, c'est le cas des non-métaux. On appelle ces matériaux des isolants électriques.

VRAI
FAUX

6. Voici une photo d'un montage électrique.



a. Trouve un symbole pour chaque objet représenté sur la photo et représente-le dans le tableau suivant.

Objets

Symboles

Fils de connexion

Couteau

Pile

Ampoule

Pinces de connexion

b. Schématise ce montage en utilisant les conventions que tu as choisies.

7. Thomas doit construire un circuit électrique afin de déterminer les objets suivants sont isolants ou conducteurs :

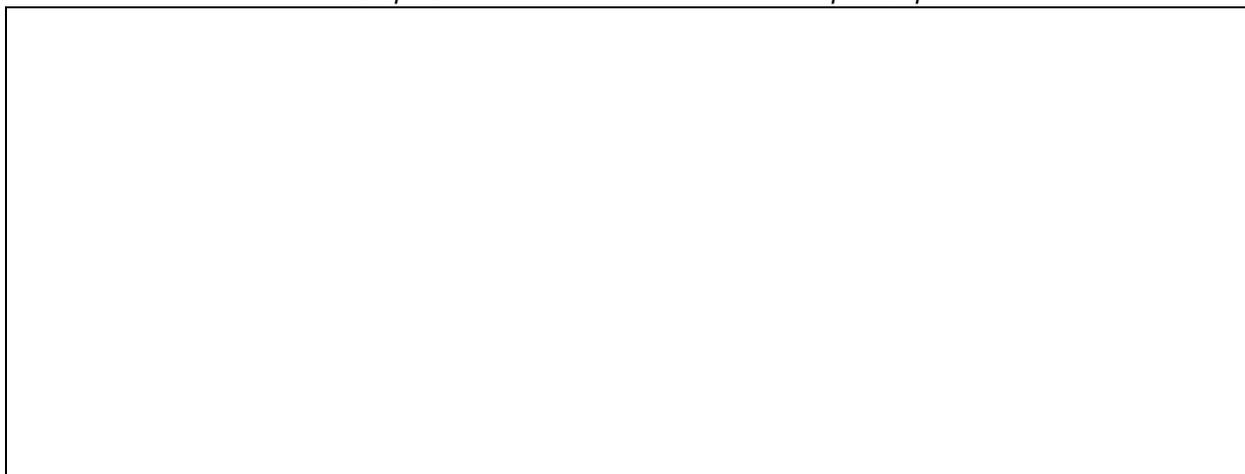


Voici les éléments dont Thomas dispose pour réaliser cette expérience.

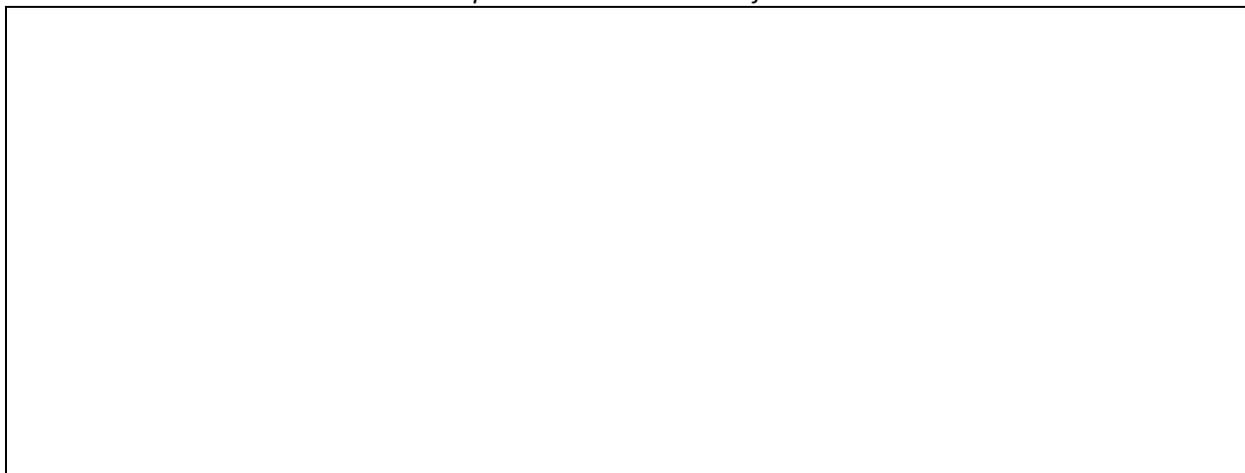
- Choisis les accessoires dont Thomas aura besoin pour son expérience,
- dessine et légende en 3 étapes comment Thomas va s'y prendre.



Etape 1 – Construction du circuit électrique simple



Etape 2 – Insertion d'un objet isolant

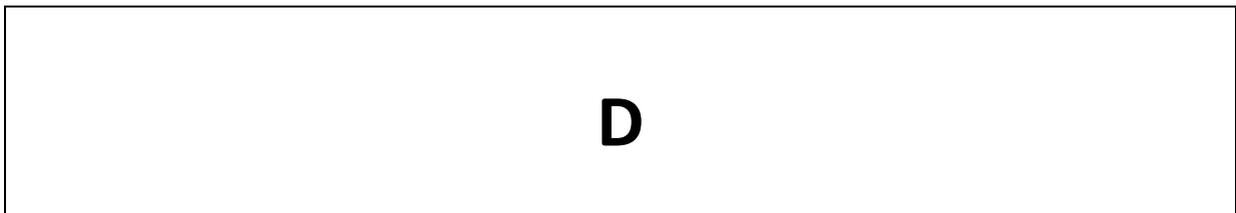


Etape 3 – Insertion d'un objet conducteur



ANNEXE 17 – Test COMPETENCES D (Energie)

Date :



Ecole :

Nom :

Année :

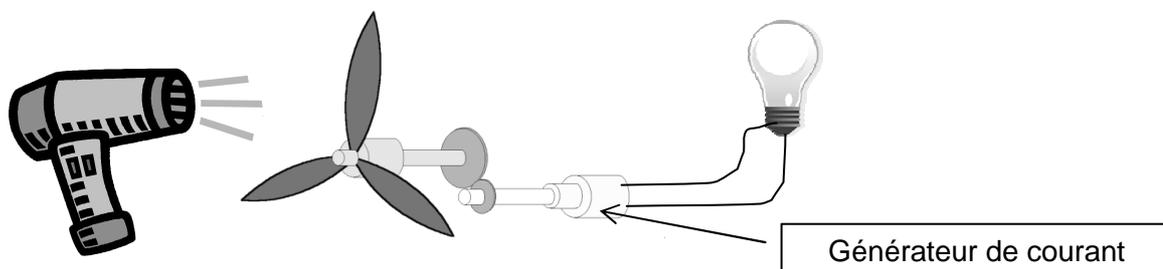
Date de naissance :

Sexe :

Observons tes connaissances en énergie ...

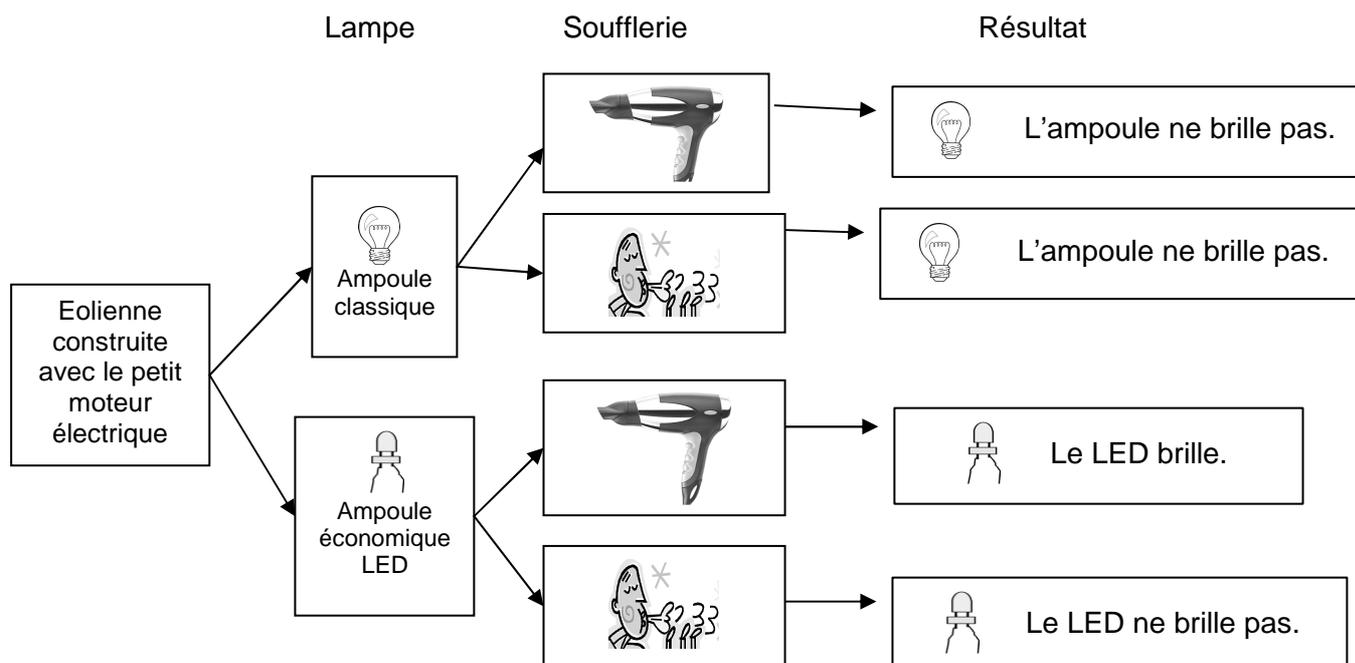
1. Dans une classe, les élèves se sont posé la question : « Comment peut-on produire du courant électrique à partir de l'énergie fournie par le vent ? ».

Ayant des avis différents, les élèves ont construit un montage comme celui repris ci-dessous :



Pour comprendre comment l'électricité peut être produite, les élèves ont changé l'éclairage et la soufflerie.

Voici leurs observations :



En t'inspirant de l'exemple ci dessous,

- **coche** les propositions correctes et
- **complète** le schéma.

Exemple :

L'hélice fait tourner l'ampoule.
 l'axe du générateur qui produit du courant électrique

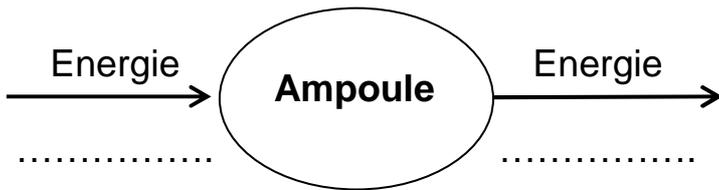
Il y a transformation d'énergie mécanique en mécanique.
 électrique.
 thermique.



Le courant électrique est fourni à l'ampoule électrique.
 l'hélice.

Il y a transformation d'énergie électrique en énergie mécanique.
 énergie électrique.
 énergie lumineuse.

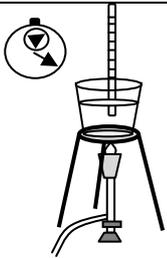
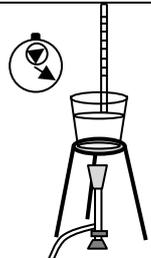
Complète :



2. Thomas a réalisé une expérience : il a relevé la température de l'eau qui chauffe à des moments précis.
 Parmi les schémas suivants, certains permettent à relever correctement la température de l'eau.
 Pour chaque schéma,
 a. coche la réponse correcte et
 b. identifie le problème lorsqu'il est impossible de relever la température de l'eau.

Les conventions utilisées dans ces schémas sont :

		Symboles utilisés
Le système de chauffage		
Le récipient contenant de l'eau		
Le thermomètre		
Le chronomètre		
Support pour le récipient		

		
<p><input type="checkbox"/> Relevé correct de la température possible.</p> <p><input type="checkbox"/> Relevé correct de la température impossible. Pourquoi ?..... </p>	<p><input type="checkbox"/> Relevé correct de la température possible.</p> <p><input type="checkbox"/> Relevé correct de la température impossible. Pourquoi ?..... </p>	<p><input type="checkbox"/> Relevé correct de la température possible.</p> <p><input type="checkbox"/> Relevé correct de la température impossible. Pourquoi ?..... </p>

3. Voici une série d'objets ou de situations, classe-les en deux catégories :

- source d'énergie
- pas source d'énergie.

<p>A</p>  <p>Radiateur électrique</p>	<p>B</p>  <p>Lustre</p>	<p>C</p>  <p>Papier WC</p>	<p>D</p>  <p>Bougie</p>	<p>E</p>  <p>Nourriture</p>
<p>F</p>  <p>Éolienne</p>	<p>G</p>  <p>Couverts</p>	<p>H</p>  <p>Grille-pain</p>	<p>I</p>  <p>Soleil</p>	<p>J</p>  <p>Ballon</p>

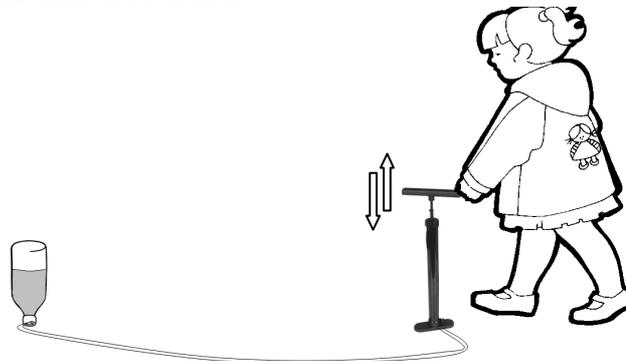
Source d'énergie	Pas source d'énergie

4. Deux enfants veulent construire une petite fusée à eau qui monte le plus haut possible dans le ciel :

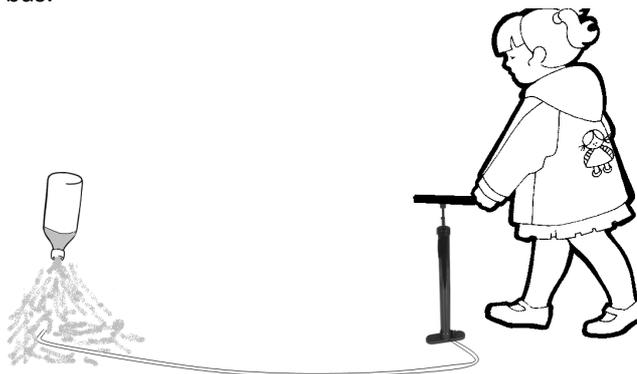


L'expérience consiste à :

1. prendre une bouteille de boisson gazeuse vide,
2. y verser un peu d'eau,
3. fermer la bouteille au moyen d'un bouchon dans lequel passe une valve de vélo,
4. relier la valve à une pompe à vélo (au moyen d'un tuyau) et
5. pomper de l'air dans la bouteille.



Lorsque que la pression devient trop forte dans la bouteille, celle-ci décolle et monte vers le ciel en éjectant l'eau vers le bas.



Coche la bonne réponse. (Attention, tu peux cocher plusieurs réponses).

Les deux enfants veulent améliorer leur fusée. Que leur proposes-tu ?

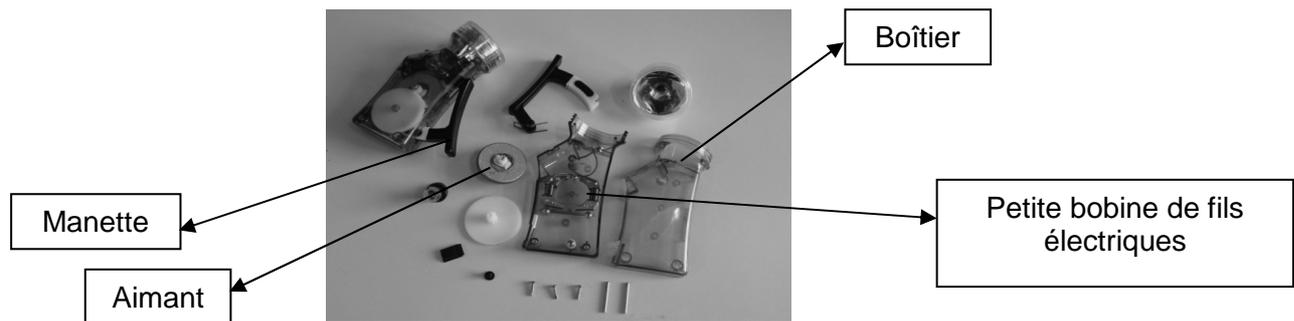
- Allonger le tuyau.
- Ne pas mettre de bouchon à la bouteille.
- Utiliser une cannette à la place de la bouteille de boisson gazeuse.
- Prendre une pompe plus puissante.

5. Voici les photos d'une lampe de poche dynamo et de son intérieur. **Observe** attentivement ces deux photos.

Lampe de poche dynamo :



Intérieur d'une lampe de poche dynamo :



Pour faire briller la lampe, plusieurs étapes sont nécessaires.

1. On actionne la manette.
2. La manette produit un mouvement de va-et-vient, elle entraîne avec elle des roues dentées.
3. Les roues dentées tournent et entraînent un aimant qui tourne aussi.
4. Parce que l'aimant tourne, un courant électrique circule dans la petite bobine.
5. La lampe brille.

Voici quelques conclusions que tu pourrais tirer... **Entoure** la réponse correcte pour chaque proposition.

Cette lampe fonctionne avec une pile.

VRAI
FAUX

Cette lampe brille parce qu'un courant électrique circule dans l'aimant.

VRAI
FAUX

L'ampoule brille uniquement quand j'actionne la manivelle.

VRAI
FAUX

L'ampoule brille tout le temps.

VRAI
FAUX

6. Tu as certainement déjà vu un arc-en-ciel. En voici un exemple :



Rouge

Bleu

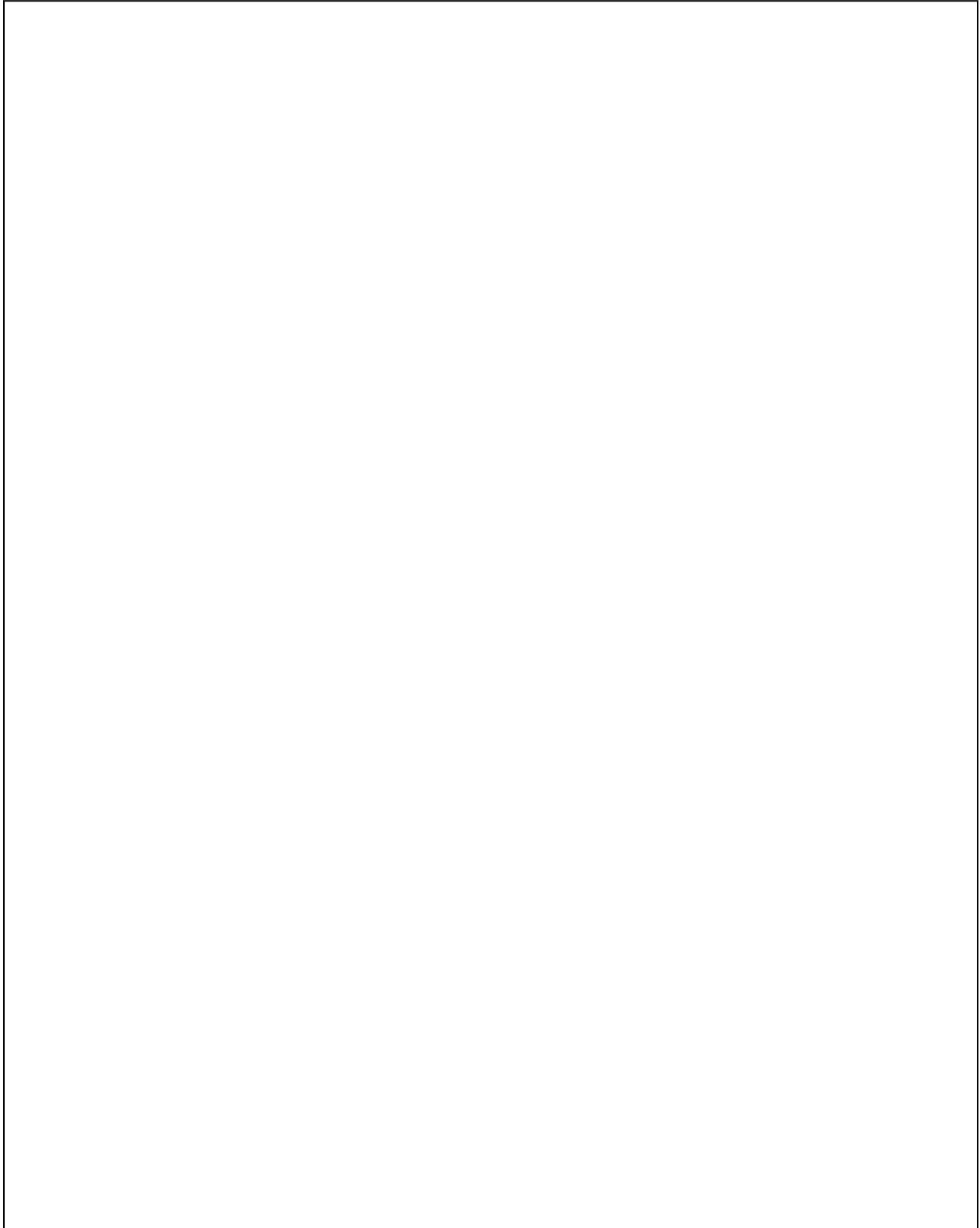
Pour qu'un arc-en-ciel se forme, il faut plusieurs conditions :

- Qu'il pleuve et qu'il y ait du Soleil en même temps.
- Que la pluie soit devant la personne et le Soleil derrière la personne.

a. Choisis un symbole pour chaque élément cité et représente-le dans le tableau suivant :

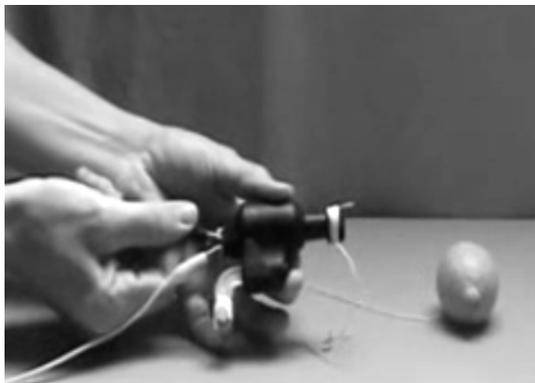
Objets	Symboles
Le Soleil	
La pluie	
La personne	
L'arc-en-ciel	

- b. En utilisant les conventions que tu viens de choisir, fais un schéma de la situation.
Tu peux faire deux dessins si tu penses que c'est nécessaire.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the student to draw a diagram of the situation. The box is vertically oriented and occupies most of the page's width and height.

7. Dans une classe, on a réalisé une expérience pour observer la transformation d'énergie mécanique en énergie lumineuse. Voici des photos présentant cette expérience. Elles ne sont pas dans l'ordre. **Observe** attentivement chacune d'elles.

1



2



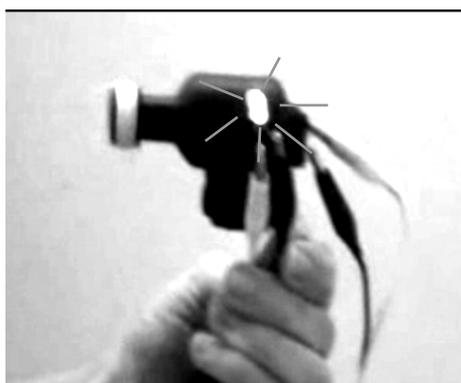
3



4



5



Voici les commentaires que les élèves ont rédigés pour chaque étape.

A	Je connecte le LED à l'alternateur de bicyclette à l'aide des fils électriques
B	Je relie le citron à l'alternateur de bicyclette en enroulant une ficelle autour de son axe.
C	Je connecte l'alternateur de bicyclette aux fils électriques à l'aide des pinces crocodiles
D	Je maintiens la ficelle enroulée autour de l'alternateur de bicyclette. Il n'y a pas de mouvement, le LED est éteint
E	Je lâche la ficelle qui, en se déroulant, laisse tomber le citron. L'axe de l'alternateur est en mouvement, il y a transformation d'énergie mécanique en énergie lumineuse. Le LED s'allume.
F	Je maintiens la ficelle enroulée autour de l'alternateur de bicyclette. Il n'y a pas de mouvement, le LED s'allume.
G	Je lâche la ficelle qui, en se déroulant, laisse tomber le citron. L'axe de l'alternateur est en mouvement, il y a transformation d'énergie mécanique en énergie lumineuse. Le LED est toujours éteint.

Pour chaque photo, **retrouve** le commentaire correspondant à chaque étape et **inscris** la lettre dans le tableau ci-dessous.

Etapas	Explications (→ Lettres)
1
2
3
4
5

ANNEXE 18 – Scores des groupes expérimental et contrôle compétence par compétence

Tableau 1 - Scores au test A selon la compétence

	GROUPE CONTRÔLE					GROUPE EXPERIMENTAL				
	PRE-TEST		POST-TEST		p	PRE-TEST		POST-TEST		p
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	
C2	33,64	14,33	25,55	10,14	0,172	25,90	15,51	25,83	16,28	0,986
C5	58,44	24,91	77,78	25,86	0,114	57,14	32,77	58,73	24,81	0,813
C12	92,04	26,38	88,89	28,94	0,802	86,86	29,24	83,68	33,28	0,662
C14	79,54	26,97	77,78	19,54	0,871	64,74	27,34	60,41	28,27	0,503
C15	77,27	23,60	83,33	21,65	0,561	66,67	31,06	74,31	23,52	0,237
C16	60,23	20,78	55,56	11,02	0,529	49,68	23,21	47,57	21,72	0,686

Tableau 2 - Scores au test B selon la compétence

	GROUPE CONTRÔLE					GROUPE EXPERIMENTAL				
	PRE-TEST		POST-TEST		p	PRE-TEST		POST-TEST		p
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	
C2	34,34	9,94	41,32	11,03	0,159	31,02	19,65	34,50	17,35	0,424
C5	66,67	36,06	58,18	36,28	0,608	72,94	29,08	67,18	31,28	0,420
C12	73,61	42,13	57,95	47,19	0,449	44,49	41,08	50,96	45,20	0,526
C13	65,28	35,92	73,86	33,40	0,587	47,06	44,86	69,23	37,40	0,026
C14	72,22	29,17	54,55	35,03	0,243	58,09	36,27	60,26	31,79	0,786
C15	91,67	12,50	84,09	20,23	0,341	76,47	28,16	78,85	21,10	0,682
C16	38,56	18,86	27,27	10,61	0,108	25,61	18,02	28,66	15,40	0,438

Tableau 3 - Scores au test C selon la compétence

	GROUPE CONTRÔLE					GROUPE EXPERIMENTAL				
	PRE-TEST		POST-TEST		p	PRE-TEST		POST-TEST		p
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	
C2	82,50	26,48	85,00	26,87	0,836	76,02	29,30	73,28	26,02	0,609
C5	40,00	19,11	32,86	32,85	0,561	25,36	27,70	24,88	21,87	0,919
C12	100,00	0,00	97,00	4,83	0,081	85,92	30,88	96,55	13,84	0,020
C13	93,64	4,39	79,09	41,78	0,301	79,59	33,53	86,83	24,03	0,197
C14	70,00	21,94	45,00	24,91	0,028	47,28	26,43	58,62	26,17	0,029
C15	92,50	12,08	67,50	31,29	0,037	75,00	27,48	78,02	29,27	0,586
C16	54,29	11,27	48,57	21,51	0,466	34,40	17,66	41,26	30,98	0,173

Tableau 4 - Scores au test D selon la compétence

	GROUPE CONTRÔLE					GROUPE EXPERIMENTAL				
	PRE-TEST		POST-TEST		p	PRE-TEST		POST-TEST		p
	Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type		Moyenne	Écart-type	Moyenne	Écart-type	
C2	79,55	18,77	75,00	16,67	0,566	76,22	22,33	79,44	21,51	0,497
C5	25,45	29,79	48,00	35,53	0,130	31,22	28,65	31,11	29,09	0,986
C12	77,27	11,91	76,00	15,78	0,836	74,15	18,97	81,11	23,28	0,134
C13	77,27	36,90	96,00	6,99	0,128	77,56	31,05	75,33	34,22	0,753
C14	63,64	31,46	83,33	32,39	0,174	62,60	30,00	72,59	35,02	0,161
C15	75,00	15,81	72,50	14,19	0,708	71,34	22,75	71,67	18,15	0,942
C16	65,91	35,83	75,00	42,49	0,601	70,12	30,73	77,22	33,21	0,308