

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

<b>INTRODUCTION</b> .....	1
<b>CHAPITRE 1 - CADRE CONCEPTUEL DU DISPOSITIF</b> .....	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
<b>CHAPITRE 2 - MÉTHODOLOGIE DE MISE À L'ESSAI DU DISPOSITIF</b> .....	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
<b>CHAPITRE 3 – EVOLUTION DU DISPOSITIF</b> .....	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
<b>CHAPITRE 4 – DE LA REPRÉSENTATION AU CONCEPT</b> .....	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
<b>CHAPITRE 5 – EFFICACITÉ DE LA VALISE PÉDAGOGIQUE .....</b>		<b>63</b>
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
<b>CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES .....</b>		<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>		<b>84</b>
<b>ANNEXE 1 – Introduction générale de la farde enseignant .....</b>		<b>I</b>
<b>ANNEXE 2 – Fiches autodiagnostiques .....</b>		<b>XI</b>
<b>ANNEXE 3 – Dossier enseignant (Electricité).....</b>		<b>XV</b>
<b>ANNEXE 4 – Fiches d'aide (Electricité).....</b>		<b>CVII</b>
<b>ANNEXE 5 – Corrigés des fiches d'aide (Electricité) .....</b>		<b>CXXII</b>
<b>ANNEXE 6 – Dossier enseignant (Energie).....</b>		<b>CXXXVI</b>
<b>ANNEXE 7 – Fiches d'aide (Energie).....</b>		<b>CLXXII</b>
<b>ANNEXE 8 – Corrigés des fiches d'aide (Energie) .....</b>		<b>CLXXVIII</b>

<b>ANNEXE 9 – Lexiques</b> .....	CCVIII
<b>ANNEXE 10– Ecoles contactées pour le groupe contrôle</b> .....	CCXIII
<b>ANNEXE 11 – Ecoles contactées pour le groupe expérimental</b> .....	CCXIV
<b>ANNEXE 12– Test SAVOIRS (Electricité)</b> .....	CCXV
<b>ANNEXE 13– Test SAVOIRS (Energie)</b> .....	CCXIX
<b>ANNEXE 14– Test COMPETENCES A (Masse volumique)</b> .....	CCXXIII
<b>ANNEXE 15– Test COMPETENCES B (Chaleur)</b> .....	CCXXXII
<b>ANNEXE 16– Test COMPETENCES C (Electricité)</b> .....	CCXLII
<b>ANNEXE 17– Test COMPETENCES D (Energie)</b> .....	CCLI
<b>ANNEXE 18– Scores des groupes expérimental et contrôle compétence par compétence</b> .....	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 compétences<sup>1</sup>. 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

<sup>1</sup> 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 CRIE<sup>2</sup>. 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

<sup>2</sup> 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**

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

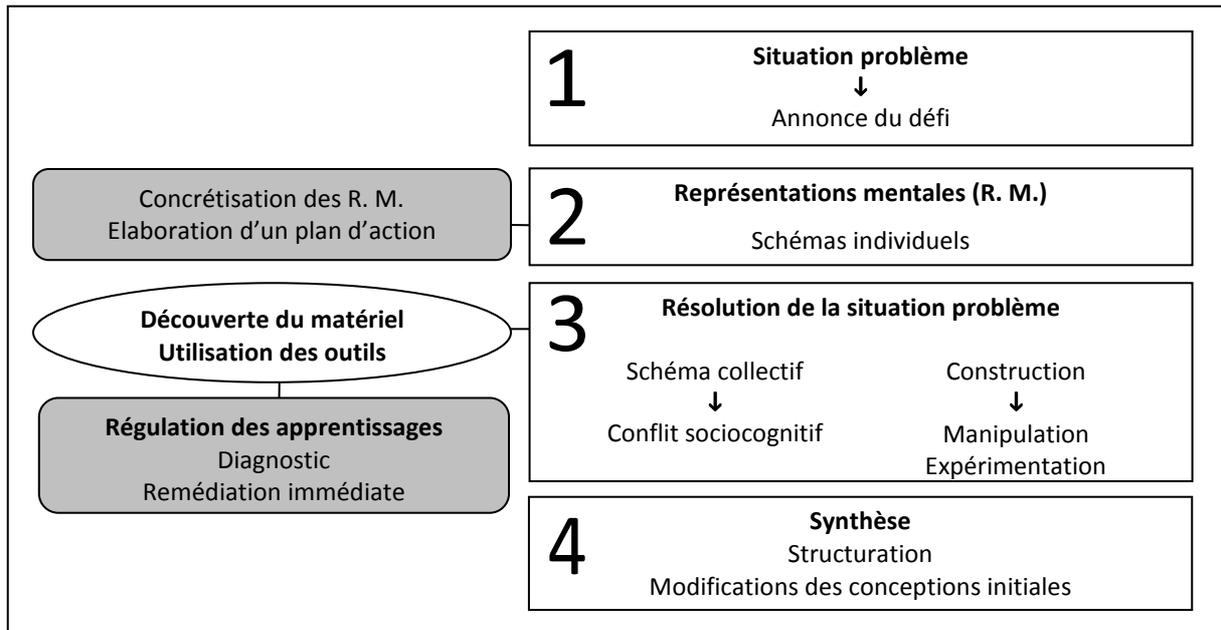


Figure 1 - Etapes du dispositif de recherche

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 dessin<sup>3</sup> (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 individuelle<sup>4</sup> (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,

<sup>3</sup> « 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)

<sup>4</sup> 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 objectifs<sup>5</sup>, 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

<sup>5</sup> 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, 1996<sup>6</sup>).

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 complexes<sup>7</sup>.

### 3.2. La remédiation immédiate<sup>8</sup>

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.

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

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

<sup>8</sup> 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 Perrenoud<sup>9</sup>, 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 (Allal<sup>10</sup> 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 dispositif<sup>11</sup> et médiation cognitive). La figure 2 présente, sous la forme d'un schéma, les influences subies par le dispositif.

<sup>9</sup> 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).

<sup>10</sup> 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).

<sup>11</sup> 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.

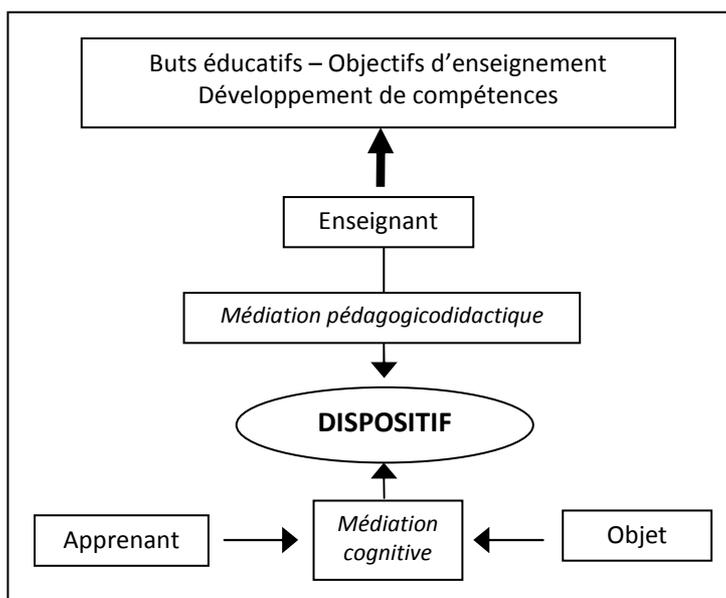


Figure 2 - Séquence d'enseignement / apprentissage

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'enseignant<sup>12</sup>. 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).

<sup>12</sup> 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 enquête<sup>13</sup> 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<sup>e</sup> 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.

---

<sup>13</sup> 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 <sup>ère</sup> année	2 <sup>ème</sup> 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 convenance<sup>14</sup> 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 <sup>ème</sup>	Général	Energie	63
		Différencié		29
Athénée royal Lessines	1 <sup>ère</sup>	Général	Electricité	91
		Différencié	Energie	19
IPNC La Louvière	1 <sup>ère</sup>	Général	Electricité	8
				32
<b>Total énergie</b>				119
<b>Total électricité</b>				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.

<sup>14</sup> 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 française<sup>15</sup>. 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.

<sup>15</sup> 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**

	<b>Nombre d'écoles participantes</b>	<b>Nombre d'élèves participants</b>
<b>Groupe expérimental</b>	6 écoles sur 20 contactées	206
<b>Groupe contrôle</b>	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. <b>Rédige</b> 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>Energie .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <p>Energie .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> </td> </tr> </table>	<p>Energie .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>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>Energie .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>	<p>Energie .....</p> <p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>						

Figure 3 - Extraits des tests sur les savoirs

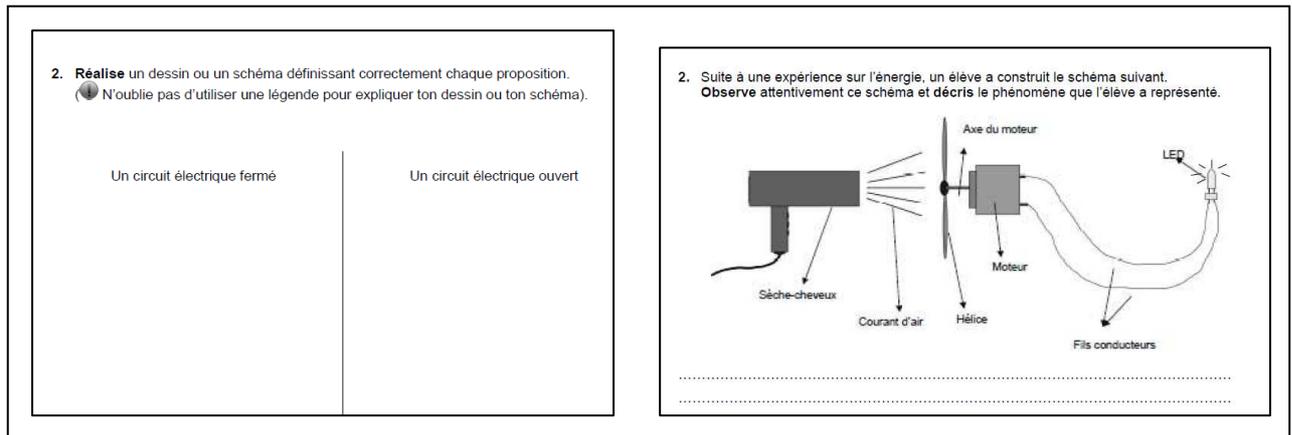


Figure 4 - Extraits des tests sur les savoirs

### 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-faire<sup>16</sup> (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).

<sup>16</sup> 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.

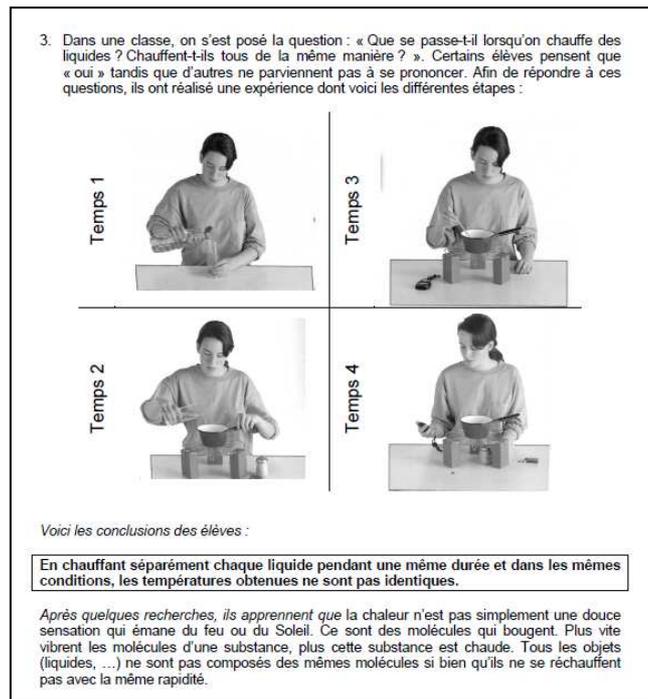


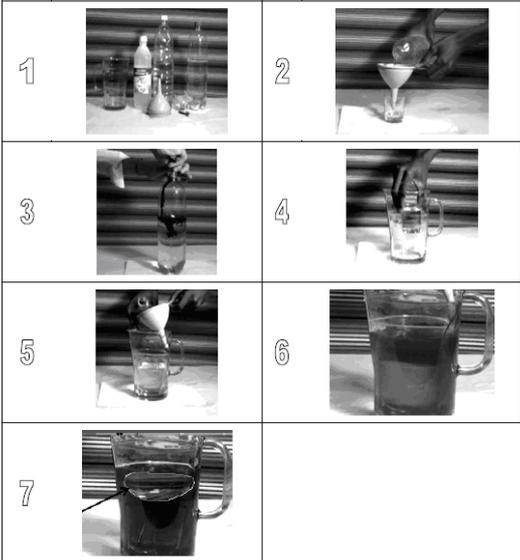
Figure 5 – Compétence C2 Test B

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 apparier 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 :

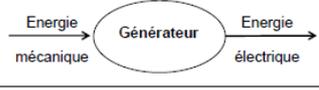
Lampe	Soufflerie	Résultat
Eolienne construite avec le petit moteur électrique	Ampoule classique	L'ampoule ne brille pas.
	Ampoule économique LED	Le LED brille.
	(Sufflerie)	L'ampoule ne brille pas.
	(Sufflerie)	Le LED ne brille pas.

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 :

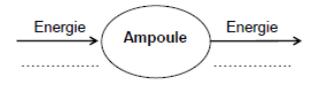


Figure 9 - Compétence C16 Test D

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		
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.

.....

.....

.....

**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 : .....	
.....	

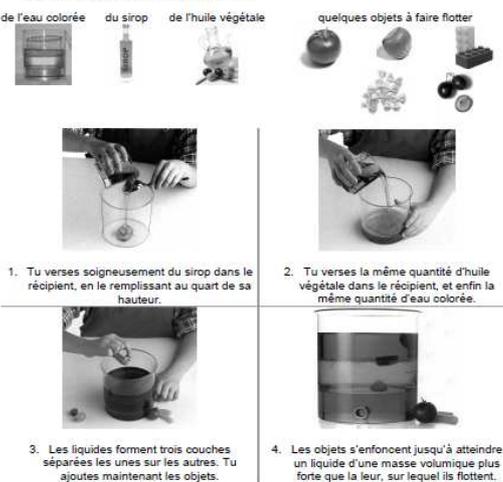
La première perle qui tombe est celle qui est placée sur l'objet dont la conductibilité thermique est la meilleure.	VRAI FAUX
Correction : .....	
.....	

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 contenus<sup>17</sup>. 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.

---

<sup>17</sup> 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.

<sup>18</sup> 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

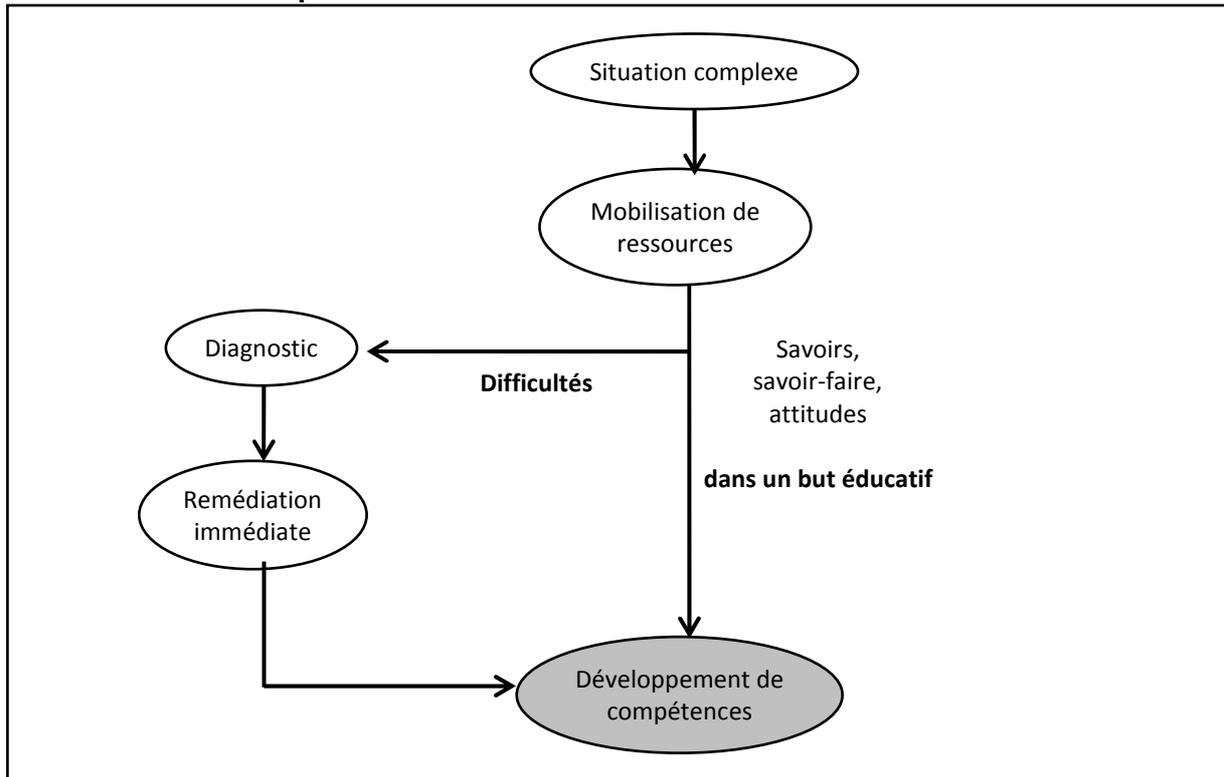


Figure 13 - Démarche mise en place au cours du dispositif

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.

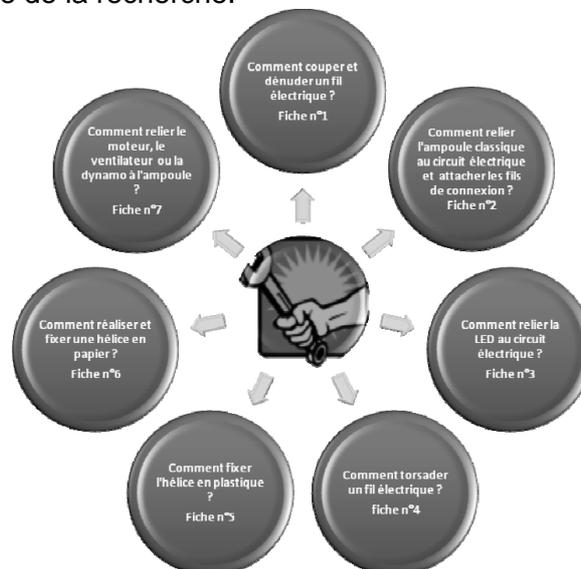


Figure 15 - Marguerite « Construction » de la grille autodiagnostique Energie

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).

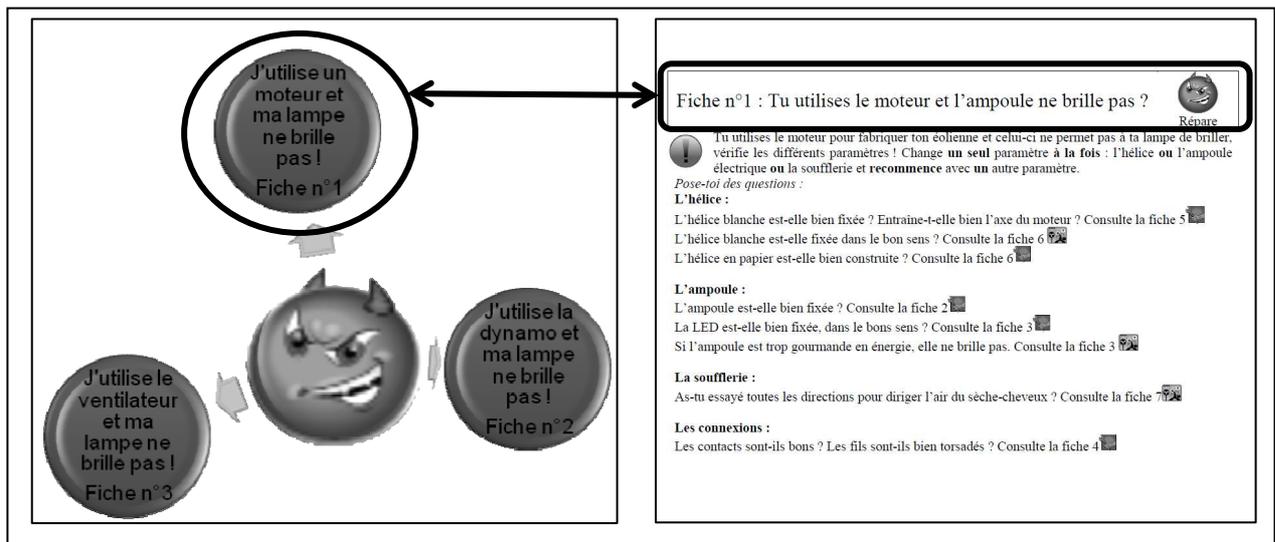


Figure 16 – Correspondance grille autodiagnostique/fiches de remédiation immédiate

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 rencontrés<sup>19</sup>. Il est recommandé de ne pas diffuser les séquences de montage

---

<sup>19</sup> 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 transparent<sup>20</sup>) 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

<sup>20</sup> 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 énergétique<sup>21</sup>. Les élèves de cette classe (2<sup>ème</sup> 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.

<sup>21</sup> Éclairons notre lanterne - Enseignement secondaire – thème 6 – Cours de sciences au 1<sup>er</sup> 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 persistantes<sup>22</sup> (Jarrosion, 1992).

<sup>22</sup> 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'Astolfi<sup>23</sup>

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-

<sup>23</sup> 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>B</b>	<b>C</b>
Dans quelle situation s'est-elle exprimée ?	Quelle est l'origine possible ?
<b>A</b>	
Une production (énoncé, dessin, action...) donnant lieu à une hypothèse de représentation faite par l'observateur	
<b>D</b>	<b>E</b>
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 présentés<sup>24</sup>). Pour les illustrer, des schémas ou dessins recueillis tout au long de l'expérimentation sont proposés.

<sup>24</sup> 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.

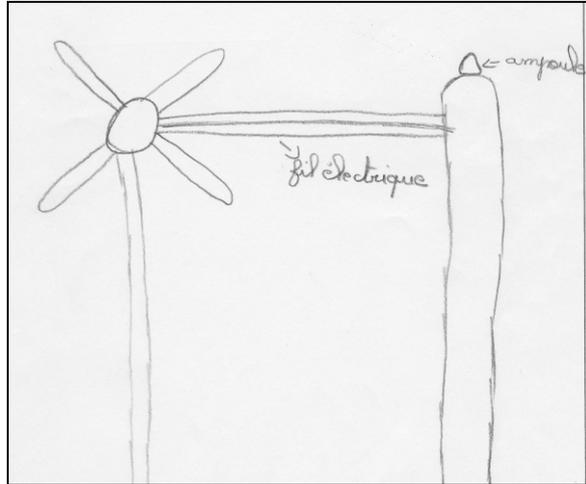


Figure 19 - Dessin se référant à une conception axiale du transfert d'énergie

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 ?

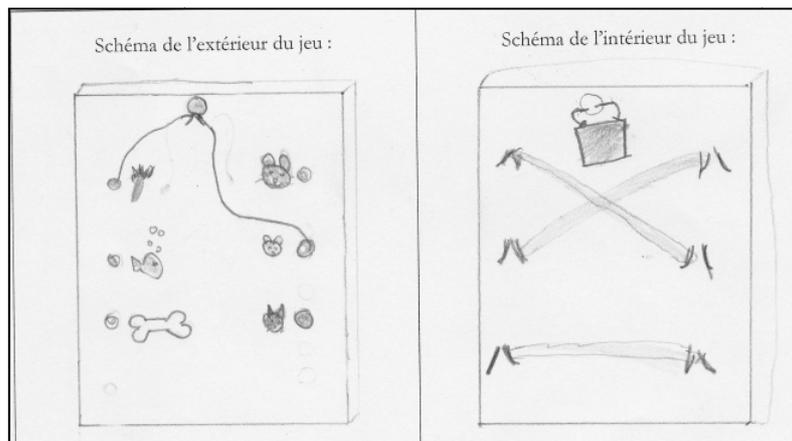


Figure 20 - Illustration d'une conception non viable de l'électro

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.

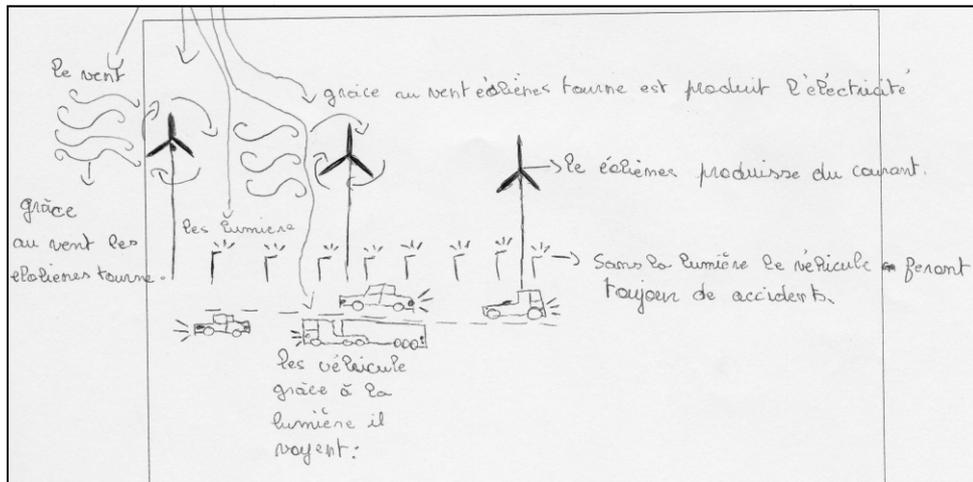


Figure 21 - Illustration des signifiants utilisés

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 légendes<sup>25</sup>.

<sup>25</sup> Ici imposée par la consigne.

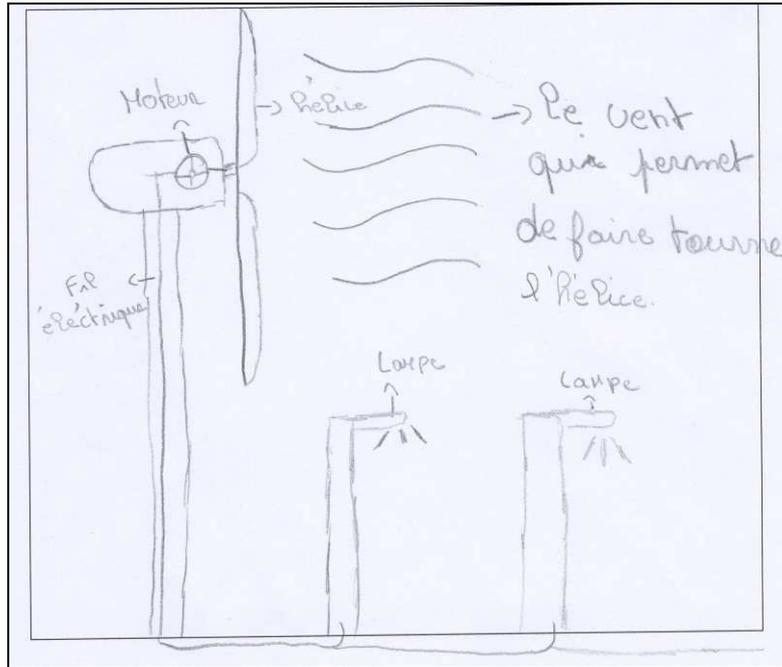


Figure 22 - Illustration d'une élève ayant atteint le stade du "réalisme intellectuel"

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 ».

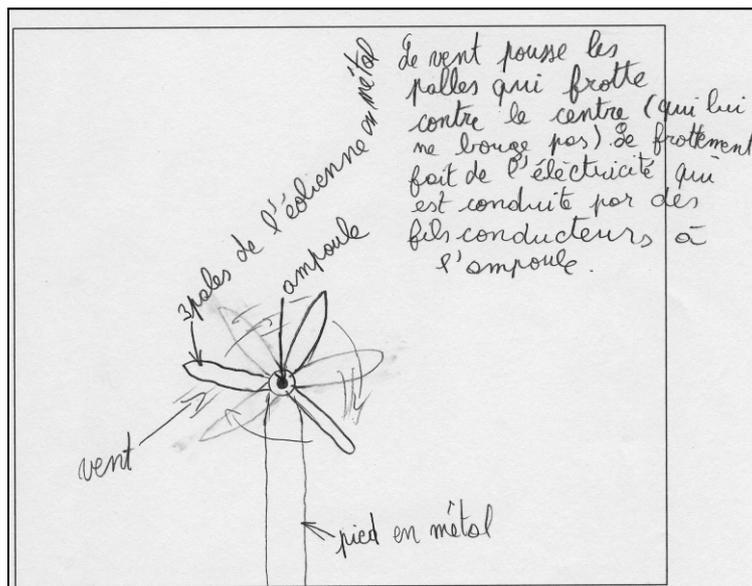


Figure 23 - Illustration d'un élève n'ayant pas atteint le stade du réalisme intellectuel

### 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.

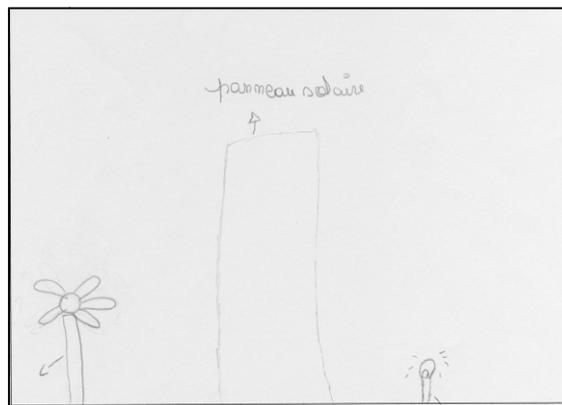


Figure 24 - Schéma du type "magique"

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'ampoule<sup>26</sup>.



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.

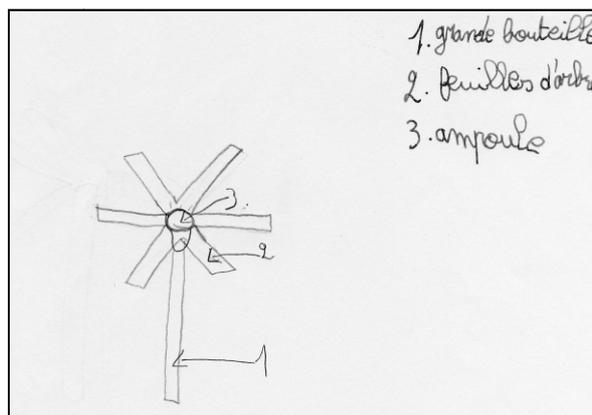


Figure 26 - Schéma du type "lampe"

<sup>26</sup> 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.

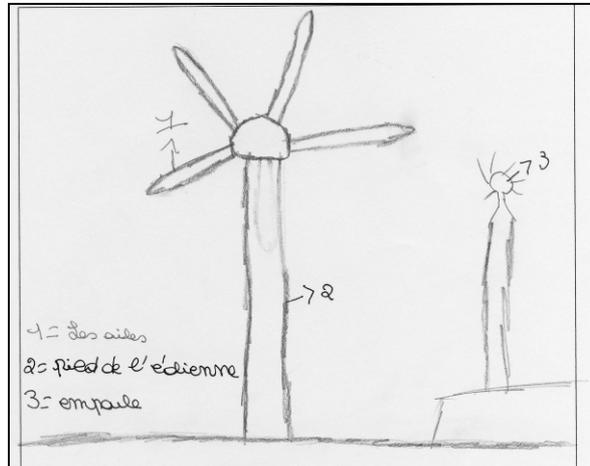


Figure 27 - Schéma du type axial

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.

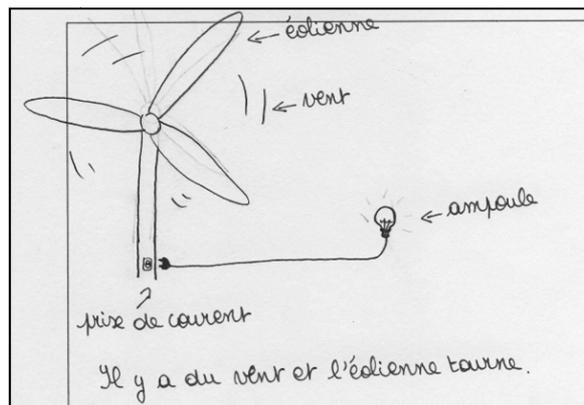


Figure 28 - Schéma du type "prise de courant"

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.

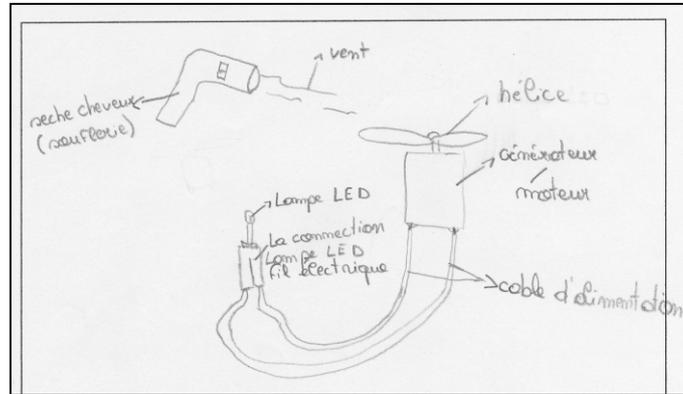


Figure 29 - Schéma du type expérimental

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.

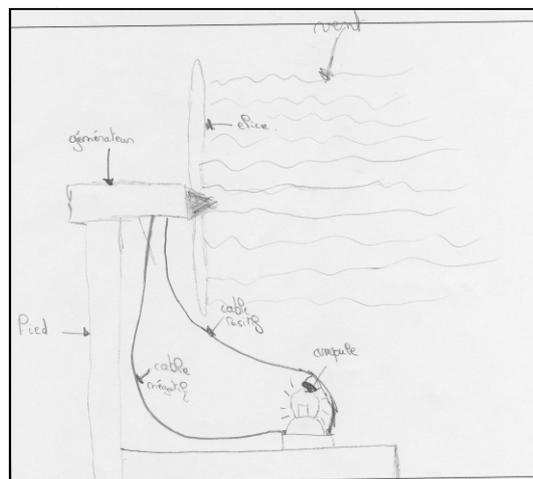


Figure 30 - Schéma proche du modèle attendu

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 <sup>27</sup>	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.

<sup>27</sup> 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		
Viables	Non viables	Manquantes	Viables	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.

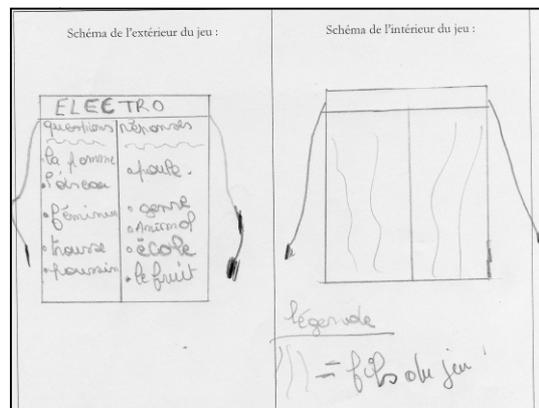


Figure 31 - Dessin d'un électro n'envisageant pas de représentation d'un circuit électrique

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.

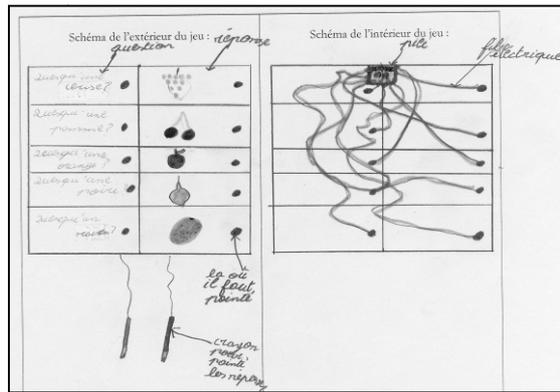


Figure 32 - Schéma en arborescence

#### 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.

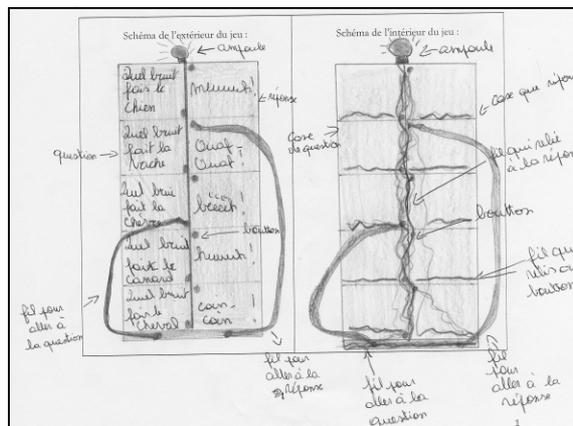
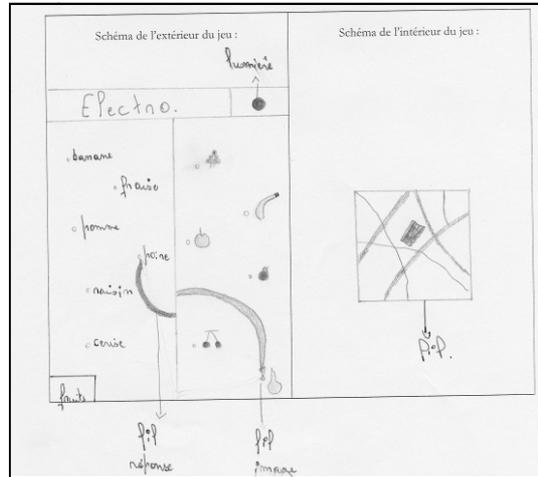


Figure 33 - Circuit électrique en nervures

**3.2.1.2.3. « Carte routière »**

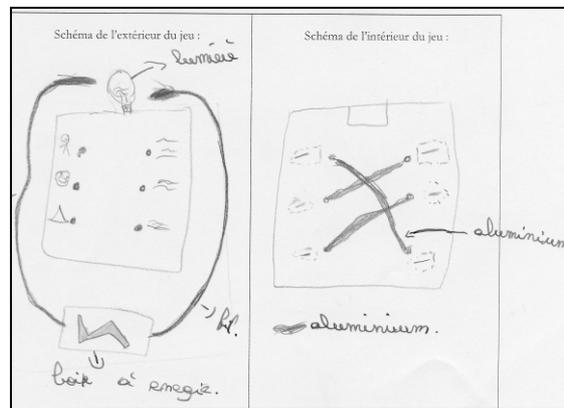
Ici, le circuit électrique est présenté comme « un ensemble de routes » qui se croisent et pour lesquelles aucune origine ou noyau central ne sont prévus.



**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 dichotomie<sup>28</sup>.

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.

<sup>28</sup>A 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.

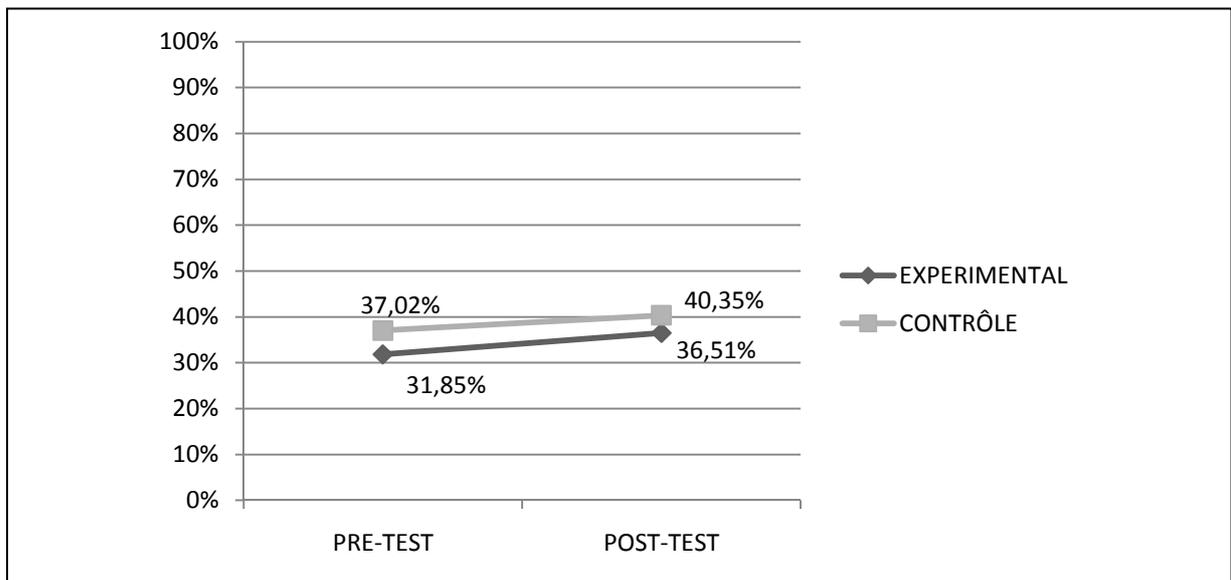


Figure 36 - Moyennes des scores au pré-test et post-test ELECTRO selon le groupe

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.

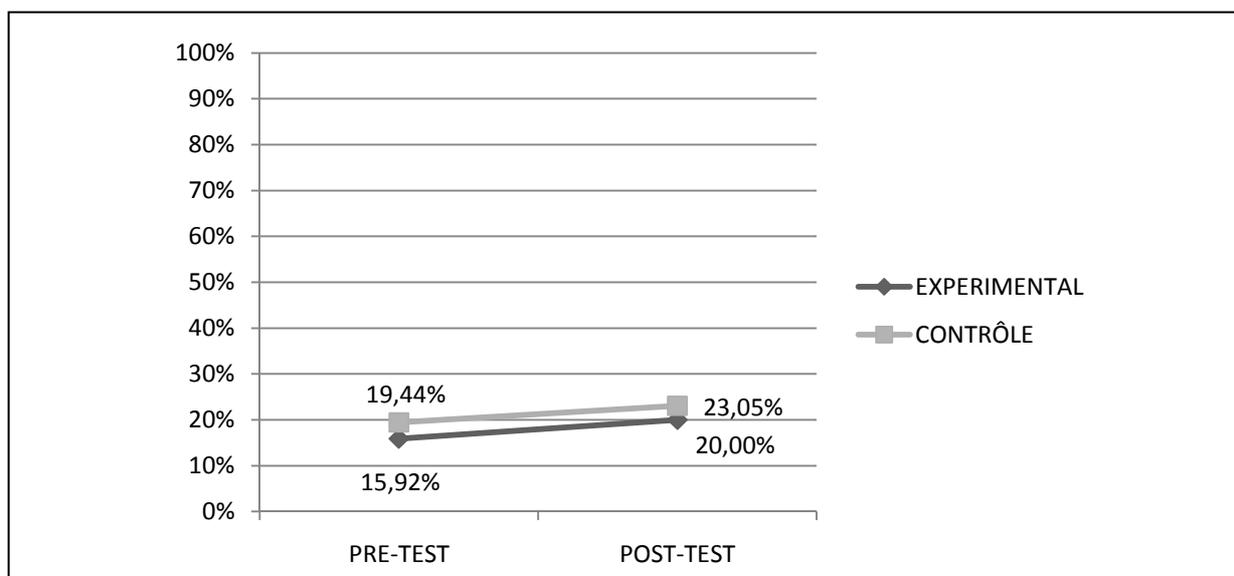


Figure 37 - Moyennes des scores au pré-test et post-test ENERGIE selon le groupe

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.

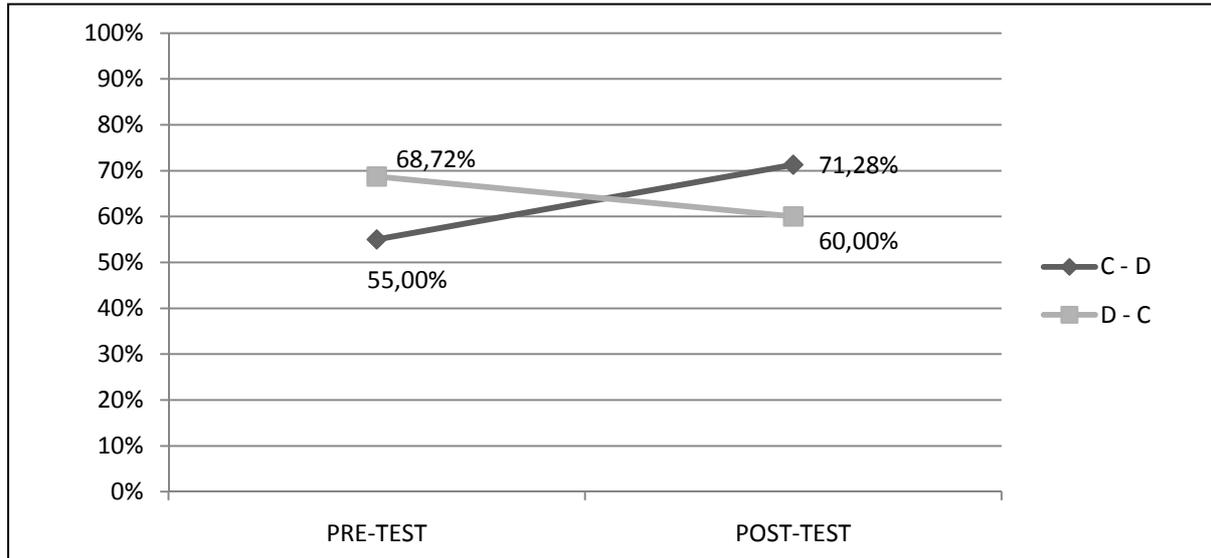


Figure 38 - Moyennes des scores des élèves aux tests C et D

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.

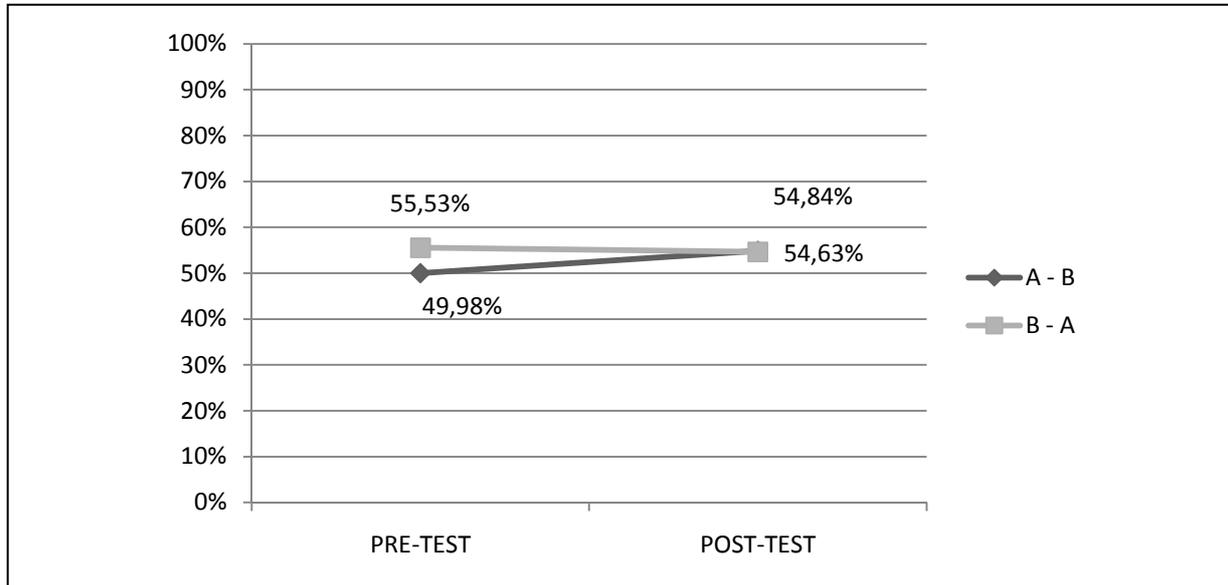


Figure 39 - Moyennes des scores des élèves aux tests A et B

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.

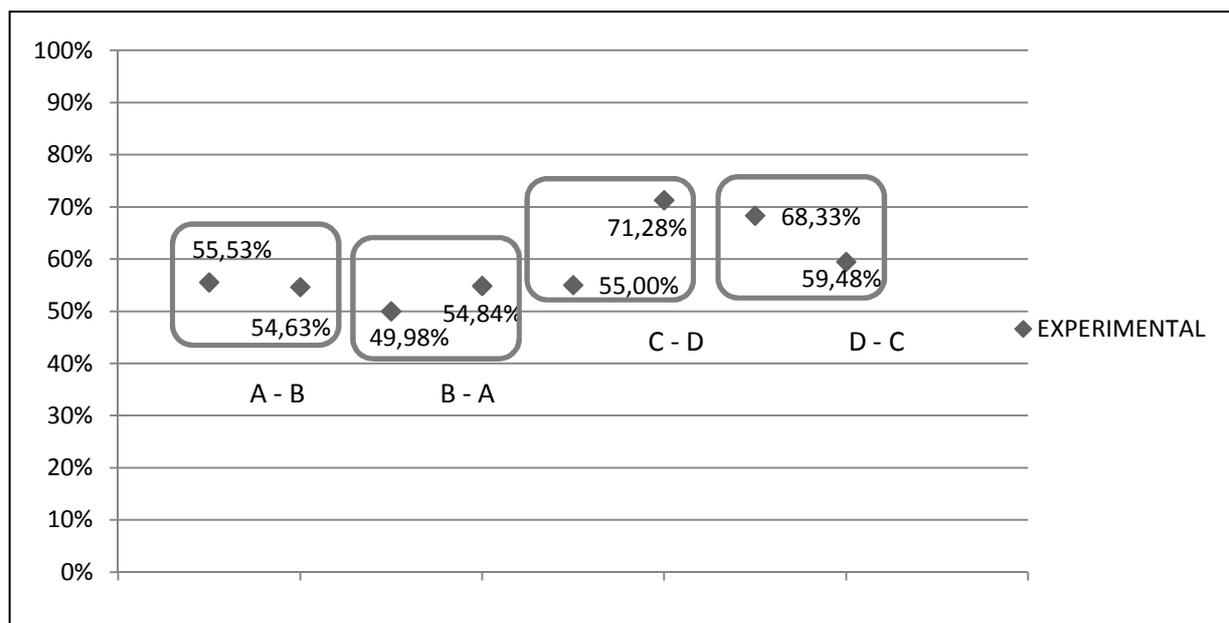


Figure 40 - Moyennes des scores des élèves selon le test (application ou transfert)

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.

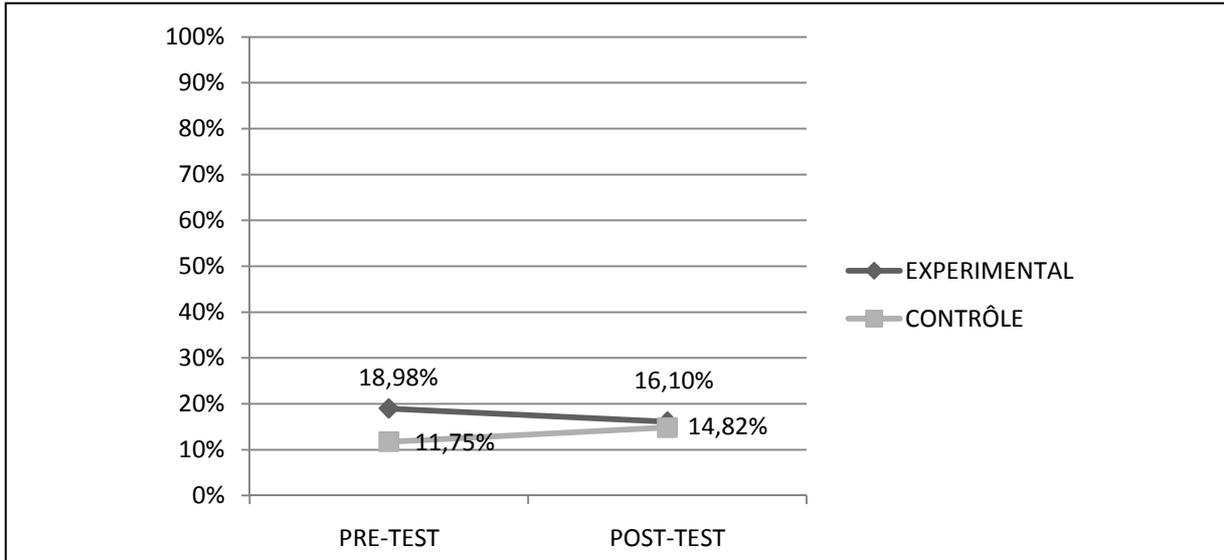


Figure 41 – Moyennes des scores au pré-test et post-test pour les compétences

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.

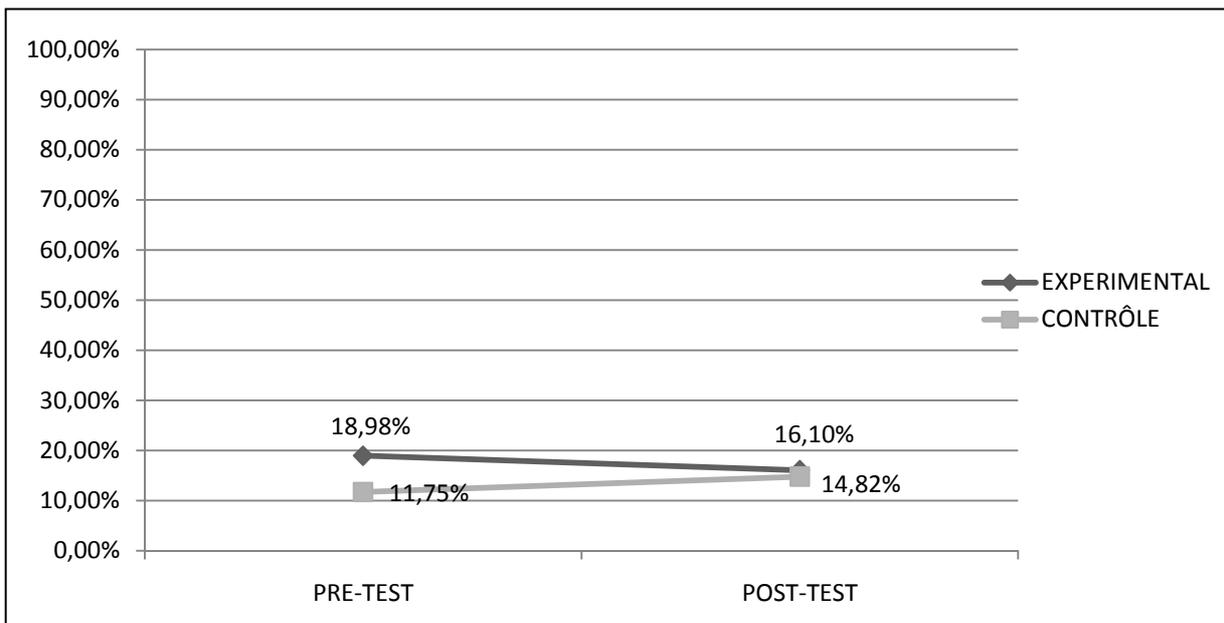
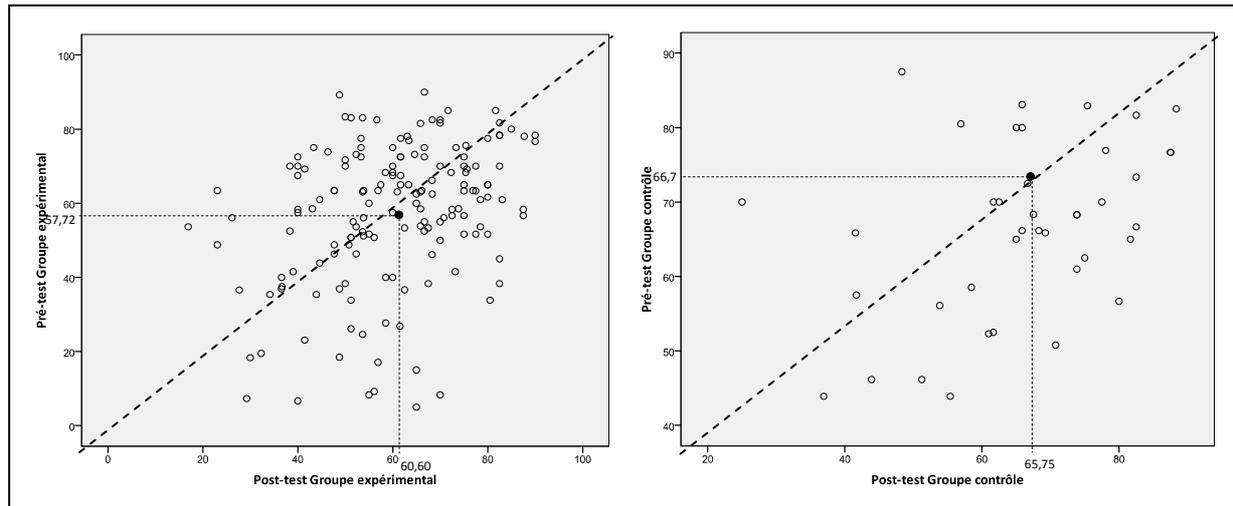


Figure 42 - Ecart-type au pré-test et post-test

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.

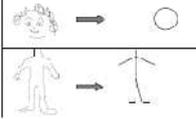
Fiche n°1 : Dessin ou schéma\* ?

**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 :



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 troller) 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 prototypes 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<sup>ème</sup> 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 d'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 1e 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.