

Institut d'Administration Scolaire

Carré des Sciences

Service de Méthodologie et Formation

Service de Physique expérimentale et biologique

Professeur Marc Demeuse

Professeur Pierre Gillis

# DÉVELOPPEMENT D'OUTILS DE DIAGNOSTIC ET DE REMÉDIATION IMMÉDIATE AU TRAVERS D'ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES AU CYCLE 4

Recherche 131/09

Rapport final

Août 2010

Céline Demierbe et Soizic Mélin

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



Institut d'Administration Scolaire

Carré des Sciences

Service de Méthodologie et Formation

Service de Physique expérimentale et biologique

Professeur Marc Demeuse

Professeur Pierre Gillis

# DÉVELOPPEMENT D'OUTILS DE DIAGNOSTIC ET DE REMÉDIATION IMMÉDIATE AU TRAVERS D'ACTIVITÉS SCIENTIFIQUES AU CYCLE 4

Recherche 131/09

Rapport final

Août 2010

Céline Demierbe et Soizic Mélin

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

# TABLE DES MATIÈRES

4. La abata da la 46 fanatione des manblines d'activités	4
1. Le choix de la thématique des machines simples	
2.1. Les savoirs	
2.2. Les savoir-faire	
3. La démarche	
3.1. Partir d'une situation complexe	
3.2. Prise en compte des représentations mentales des élèves	
4. Les outils	
4.1. La grille d'autodiagnostic destinée aux élèves	
4.2. Les fiches de remédiation immédiate – appelées par les enfants « fiches d'aide »	
4.3. Le dossier destiné à l'enseignant	
4.4. La situation complexe et les différents paramètres	
4.4.1. Le défi poulies (monter facilement les sacs de provisions jusqu'à la cabane)	
4.4.2. Le défi engrenages (faire tourner la cabane au gré des saisons)	
4.4.3. Le défi levier (déplacer de gros cailloux)	
4.5. L'organisation des séances en classe	
4.5.1. Découpage	
4.5.2. Le timing prévu en classe	
CHAPITRE 2 - MISE A L'EPREUVE DE LA VALISE PEDAGOGIQUE	21
1. Méthodologie	
1.1. Phase 1: Tests exploratoires	
1.1.1. Description du test	
1.1.2. Echantillon	
1.2. Phase 2 : Mise à l'essai du dispositif	
1.2. Priase 2 : Mise a l'essai du dispositif	
· ·	
1.2.1. Méthodologie  1.2.2. Echantillon	23
1.2.1. Méthodologie	23 23
1.2.1. Méthodologie	23 23 24
1.2.1. Méthodologie	
1.2.1. Méthodologie	
1.2.1. Méthodologie  1.2.2. Echantillon  1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats  2.1. Mesures des préconceptions	
1.2.1. Méthodologie  1.2.2. Echantillon  1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats  2.1. Mesures des préconceptions  2.1.1. Question par question	
1.2.1. Méthodologie 1.2.2. Echantillon 1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats 2.1. Mesures des préconceptions 2.1.1. Question par question 2.1.2. Conclusion	
1.2.1. Méthodologie 1.2.2. Echantillon 1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats 2.1. Mesures des préconceptions 2.1.1. Question par question 2.1.2. Conclusion 2.2. Analyse du test proposé aux élèves	
1.2.1. Méthodologie  1.2.2. Echantillon  1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats  2.1. Mesures des préconceptions  2.1.1. Question par question  2.1.2. Conclusion  2.2. Analyse du test proposé aux élèves  Introduction	23 23 24 30 30 30 35 35 36 36
1.2.1. Méthodologie 1.2.2. Echantillon 1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats 2.1. Mesures des préconceptions 2.1.1. Question par question 2.1.2. Conclusion 2.2.2. Analyse du test proposé aux élèves Introduction 2.2.1. Mise en évidence de l'efficacité	23 23 24 30 30 30 30 35 35 36 36 37
1.2.1. Méthodologie 1.2.2. Echantillon 1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats 2.1. Mesures des préconceptions 2.1.1. Question par question 2.1.2. Conclusion 2.1.2. Conclusion 2.2. Analyse du test proposé aux élèves Introduction 2.2.1. Mise en évidence de l'efficacité 2.2.2. Focus sur les questions du test 2.2.3. Comparaison entre les établissements Discussion	23 23 24 30 30 30 30 35 35 36 36 37 38 51
1.2.1. Méthodologie 1.2.2. Echantillon 1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats 2.1. Mesures des préconceptions 2.1.1. Question par question 2.1.2. Conclusion 2.2.2. Analyse du test proposé aux élèves Introduction 2.2.1. Mise en évidence de l'efficacité 2.2.2. Focus sur les questions du test 2.2.3. Comparaison entre les établissements	23 23 24 30 30 30 30 35 35 36 36 37 38 51
1.2.1. Méthodologie 1.2.2. Echantillon 1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats 2.1. Mesures des préconceptions 2.1.1. Question par question 2.1.2. Conclusion 2.2.2. Analyse du test proposé aux élèves Introduction 2.2.1. Mise en évidence de l'efficacité 2.2.2. Focus sur les questions du test 2.2.3. Comparaison entre les établissements Discussion. 2.3. Analyse du questionnaire proposé aux enseignants Introduction	23 23 24 30 30 30 30 35 35 36 36 37 38 51 51 55
1.2.1. Méthodologie 1.2.2. Echantillon 1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats 2.1. Mesures des préconceptions 2.1.1. Question par question. 2.1.2. Conclusion 2.2.2. Analyse du test proposé aux élèves Introduction 2.2.1. Mise en évidence de l'efficacité 2.2.2. Focus sur les questions du test 2.2.3. Comparaison entre les établissements Discussion. 2.3. Analyse du questionnaire proposé aux enseignants. Introduction 2.3.1. Présentation des classes et périodes de passation.	23 23 24 30 30 30 30 35 35 36 36 37 38 51 54 55 55
1.2.1. Méthodologie 1.2.2. Echantillon 1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats 2.1. Mesures des préconceptions 2.1.1. Question par question 2.1.2. Conclusion 2.2.2. Analyse du test proposé aux élèves Introduction 2.2.1. Mise en évidence de l'efficacité 2.2.2. Focus sur les questions du test 2.2.3. Comparaison entre les établissements Discussion. 2.3. Analyse du questionnaire proposé aux enseignants Introduction	23 23 24 30 30 30 30 35 35 36 36 37 38 51 54 55 55
1.2.1. Méthodologie 1.2.2. Echantillon 1.2.3. Outils de recueil de données  2. Analyse des données et résultats 2.1. Mesures des préconceptions 2.1.1. Question par question. 2.1.2. Conclusion 2.2.2. Analyse du test proposé aux élèves Introduction 2.2.1. Mise en évidence de l'efficacité 2.2.2. Focus sur les questions du test 2.2.3. Comparaison entre les établissements Discussion. 2.3. Analyse du questionnaire proposé aux enseignants. Introduction 2.3.1. Présentation des classes et périodes de passation.	23 24 24 30 30 30 30 35 35 36 36 37 38 51 55 55 55 55

1. Les documents pour les enseignants	
1.1. L'introduction générale	78
1.1.1. La partie engrenages	79
1.1.2. La partie plan incliné	
1.1.3. Les annexes	79
1.2. Les documents pour les élèves	80
1.2.1. Les grilles d'autodiagnostic	80
1.2.2. Les fiches d'aide (leviers)	80
1.2.3. Les fiches d'aide (engrenages)	80
1.2.4. Les fiches d'aide (plan incliné)	81
1.2.5. Les fiches d'aide (poulies)	
1.2.6. Les fiches de prolongement	81
1.2.7. Au total	81
1.3. Les lexiques	81
1.4. Le matériel	82
1.4.1. Le défi poulies	82
1.4.2. Les défis engrenages	
1.4.3. Le défi plan incliné	83
1.4.4. Le défi leviers	83
CHAPITRE 4 – CONCLUSION ET PERSPECTIVES	84
CHAPITRE 5 - BIBLIOGRAPHIE	86

# TABLE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 – Démarche mise en place au cours du dispositif	7
Figure 2 - Etapes du dispositif de recherche	8
Figure 3 – Logos concernant les difficultés de construction pour l'enseignement primaire et seco	ndaire
Figure 4. Lagra concernant la chaix du matérial neur l'angeliere ment primaire et concendaire	
Figure 4 – Logos concernant le choix du matériel pour l'enseignement primaire et secondaire	
Figure 5 – Logos de concepts pour l'enseignement primaire et secondaire	
Figure 6 – Logos des faiblesses inhérentes à la maquette construite pour l'enseignement prima	
secondaire Figure 7 – Logos de dépassement pour l'enseignement primaire et secondaire	
Figure 8 – Logos de mesures pour l'enseignement primaire	
Figure 9 – Plan expérimental	
Figure 10 – Situation problème de départ décrites dans le questionnaire et les étapes de résolution	
Figure 11 – Etapes de résolution de la situation de départ de questionnaire	
Figure 12 – Exemples d'aide visuelle pour le questionnaire	
Figure 13 – Exemples d'illustrations du questionnaire	
Figure 14 – Différentes manières de tenir un outil (Question 1)	
Figure 15 – Eléments modélisés par les élèves pour ouvrir le pot de peinture (Question 1)	
Figure 16 – Eléments constitutifs de l'essoreuse à salade (Question 2)	
Figure 17 – Eléments modélisés par les élèves pour l'essoreuse à salade (Question 2)	
Figure 18 – Eléments de définition de force proposés par les élèves à la question 3	
Figure 19 - Trois premières questions du test	
Figure 20 – Proportions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières questions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières questions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières questions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières questions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières questions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières questions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières que stions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières que stions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières que stions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières que stions de reponses de la correcte de la corre	
Figure 21 - Quatrième question du test	40
Figure 22 – Comparaison des types de réponses fournies à la question 4	40
Figure 23 - Exemples de réponses correctes Q4	42
Figure 24 - Cinquième question du test	43
Figure 25 - Sixième et septième question du test	
Figure 26 – Comparaison des types de réponses fournies au prétest et au postest pour les quest	tions 6
et 7	
Figure 27 - Huitième question du test	
Figure 28 - Exemples de réponses incorrectes ou imprécises Q8	
Figure 29 - Exemples de réponses correctes Q8	
Figure 30 - Neuvième question du test	
Figure 31 - Question 10, 11 et 12 du test	
Figure 32 – Comparaison des éléments décrivant une action (ouvrir un pot de peinture) cités au p	
et au postest	
Figure 33 - Moyennes des résultats pour chaque établissement au prétest et au postest	
Figure 34 - Ecarts-type des résultats pour chaque établissement au prétest et au postest	
Figure 35 - Exemple de démarche d'autodiagnostic	80

Tableau 1- Compétences visées en éveil-initiation scientifique	6
Tableau 2 - Compétences visées en éducation par la technologie	6
Tableau 3 - Liste des écoles collaborantes	. 23
Tableau 4 – Répartition des questions	. 25
Tableau 5 - Correspondance Question / Compétence pour le test des élèves	. 28
Tableau 6 - Résultats Q1 (Répondre), 2 (Justifier) et 3 (Choisir une situation)	
Tableau 7 – Types de réponses fournies à la question 4	
Tableau 8 - Proportion de réponses correctes, incorrectes et non-réponses pour la question 5	i au
prétest et au postest	43
Tableau 9 – Proportion des réponses et justifications correctes fournies aux questions 6 et 7	. 44
Tableau 10 – Nombre d'éléments corrects cités à la question 8	. 47
Tableau 11 – Nombre d'éléments corrects représentés à la question 9	. 48
Tableau 12 – Nombre d'éléments représentés dans les représentations des élèves (question 12)	
Tableau 13 - Résultats au prétest par école	. 52
Tableau 14 - Différence de moyennes des résultats au prétest	. 52
Tableau 15 - Résultats au postest par école	. 52
Tableau 16 - Différence de moyennes des résultats au postest	53
Tableau 17 - Description du profil des enseignants	. 56
Tableau 18 - Proportion de l'exploitation des ateliers en classe	57
Tableau 19 - Timing de classe	57
Tableau 20 - Utilisation du matériel pour le défi leviers	. 69
Tableau 21 - Utilisation du matériel pour le défi engrenages (faire tourner la cabane)	70
Tableau 22 - Utilisation du matériel pour le défi engrenages (changement de vitesses du vélo)	71
Tableau 23 - Utilisation du matériel pour le défi plan incliné	. 71
Tableau 24 - Utilisation du matériel pour le défi poulies	. 72
Tableau 25 - Notions théoriques pour le défi leviers	. 72
Tableau 26 - Notions théoriques pour le défi engrenages (faire tourner la cabane)	. 73
Tableau 27 - Notions théoriques pour le défi engrenages (changement de vitesses du vélo)	
Tableau 28 - Notions théoriques pour le défi plan incliné	73
Tableau 29 - Notions théoriques pour le défi poulies	73
Tableau 30 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi leviers)	. 74
Tableau 31 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi engrenages - faire tourne	er la
cabane)	. 74
Tableau 32 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi engrenages - changement	t de
vitesses du vélo)	75
Tableau 33 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi plan incliné)	. 75
Tableau 34 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi poulies)	. 76
Tableau 35 - Répartition des fiches d'aide selon les familles de difficulté et les défis	
Tableau 36 - Confrontation du matériel pour les défis engrenages	. 82

## Introduction

L'amélioration de la transition entre l'enseignement primaire et secondaire compte parmi les dix priorités du Contrat pour l'Ecole (2005). Afin de conduire chaque élève au développement des compétences de base, l'enjeu est d'empêcher la rupture dans leur apprentissage et d'assurer une cohérence entre les élèves les pratiques enseignantes « primaires » et « secondaires ».

La présente recherche vise le public de cycle 4 (5ème et 6ème années primaires) et fait suite à une autre recherche de deux années destinée à des élèves de cycle 5 (1er degré de l'enseignement secondaire). Ces deux recherches ont comme discipline maîtresse l'éveil scientifique et concourent toutes deux aux mêmes objectifs pédagogiques.

L'Institut d'Administration Scolaire et le Carré des Sciences de l'Université de Mons ont développé un dispositif pédagogique, qui, par le biais d'outils adaptés au public concerné, vise le développement de compétences (savoir, savoir-faire et attitudes) en éveil scientifique et en éducation par la technologie. Ces outils sont regroupés dans une valise pédagogique intitulée la Mécanithèque et prévoient une mise en action autonome des élèves au travers de phases de manipulation et d'observation. Lorsque l'élève se trouve face à une difficulté ou un questionnement, un outil aide l'élève à poser lui-même un diagnostic et l'aiguille dans la recherche d'une solution grâce notamment à des fiches réflexives de remédiation.

La recherche se déroulant sur trois années, il est prévu que trois thématiques scientifiques soient exploitées. Cette année de recherche a abouti sur la création d'une valise pédagogique sur la thématique des machines simples (poulies, leviers, plan incliné et engrenages) et au sein de laquelle cinq ateliers sont présentés. Au terme de ces ateliers, les élèves auront vécu – pour chaque atelier – les différentes étapes du dispositif pédagogique de la Mécanithèque au sein duquel :

- les élèves sont actifs et confrontés à la réalisation d'une tâche complexe (Rey, Carette, Defrance et Kahn, 2006) ;
- l'enseignant a le statut d'organisateur de savoirs : il soutient et oriente l'élève dans la réalisation de la tâche proposée ;
- le matériel, mis à la disposition de l'enseignant et des élèves, est conçu de manière à permettre le diagnostic et la remédiation immédiate des difficultés (Demeuse et al., 2007) pouvant survenir lors la réalisation de cette tâche.

L'air et la pression atmosphérique constituent les thématiques de la deuxième année de recherche et enfin, la thématique de la chaleur viendra clore la troisième année de recherche. Afin de parvenir à la mise en place de ce dispositif pédagogique complet, la première année de la recherche est composée de plusieurs phases.

La phase de conception constitue la première phase de la recherche. La définition du dispositif pédagogique utilisé dans la valise et l'intégration des notions de diagnostic et de remédiation immédiate sont les éléments clés du cadre conceptuel tel qu'il est présenté dans le rapport intermédiaire.

Le modèle d'intervention éducative mis en place dans cette recherche se rapproche du MIE¹ (type 4 – méthodes d'interstructuration cognitive) développé par le Centre de Recherche sur l'Intervention Educative de l'Université de Sherbrooke. Ce modèle procédant par investigation spontanée, investigation structurée et structuration régulée privilégie une approche socioconstructiviste de l'apprentissage, notamment grâce au recours à la schématisation qui a pour but de rendre concrètes les représentations mentales. La confrontation à une 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.

Une méthode inspirée du MIE 4 prévoit la création d'un espace lorsqu'une situation problème est proposée aux élèves. Cet espace est considéré comme étant le dispositif pédagogique. Au sein de celui-ci, différentes relations de médiation se mettent en place et influence le dispositif. Celui-ci varie en fonction de ce que l'enseignant met en œuvre (médiation pédagogicodidactique) et de la réceptivité de l'élève (volonté ou non d'entrer dans le dispositif² et médiation cognitive). Ce dispositif conduit l'élève à investiguer de façon libre les pistes de résolution. Le recours à la schématisation et l'utilisation des outils de la valise obligent néanmoins l'élève à structurer ses démarches.

En ciblant lui-même les difficultés dans la mobilisation de ressources, l'élève régule de façon interne son apprentissage. La remédiation immédiate qui suit, comme régulation externe (amenée par l'enseignant) propose une activité complémentaire et conduit l'élève dans un « micro-dispositif » complémentaire en modifiant notamment le modèle d'intervention éducative. La remédiation immédiate porte alors sur la médiation cognitive et sur la médiation pédagogicodidactique. On parle de structuration régulée en ce sens que le diagnostic et la remédiation immédiate doivent conduire l'élève à réajuster ses apprentissages en l'orientant pertinemment.

Une fois le cadre conceptuel délimité, il a fallu déterminer la manière dont les concepts théoriques allaient pouvoir être appréhendés par les élèves. La création d'outils concrets représente la deuxième étape de la phase de conception. Le choix des compétences ciblées par la valise, la création de situations problème accessibles pour les élèves ainsi qu'identifier le type d'outils à proposer aux élèves a été une phase de développement menée conjointement avec des enseignants et leur classe. Le choix d'un matériel adapté et fiable a également constitué un enjeu du développement de la valise.

La deuxième phase de recherche correspond à l'ajustement du dispositif. Des tests exploratoires ont été menés au sein de plusieurs établissements scolaires afin d'identifier les préconceptions des élèves de 5ème et 6ème années primaires. L'analyse des résultats aux tests préliminaires a permis de comprendre les représentations initiales des élèves évaluées et d'orienter la mise en place du dispositif.

2

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> MIE = Modèle d'intervention éducative, concept créé par le Centre de Recherche sur l'Intervention Educative (CRIE) de l'Université de Sherbrooke.

<sup>&</sup>lt;sup>2</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.

L'expérimentation de la valise sur le terrain auprès d'établissements scolaires de tous les réseaux d'enseignement de la Communauté française constitue la dernière phase de recherche. Les enseignants de sept établissements scolaires a collaboré à la recherche, utilisant la valise dans des conditions réelles. Une mesure de prétest et de postest a été réalisée auprès des élèves de chaque école de manière à mesurer la progression de leur apprentissage. Les enseignants ont également pu faire part de leur expérience par le biais d'un questionnaire. La collecte de ces données a permis d'apporter de nouvelles améliorations à la valise pédagogique.

Le rapport final de cette première année de recherche complète le rapport intermédiaire présenté en janvier 2010. Le cadre conceptuel n'y est donc pas repris. Néanmoins, la manière dont le dispositif a été construit ainsi que ses conditions d'utilisation sont présentées, suivi de l'analyse des résultats collectés au cours de la troisième phase de recherche et des dernières améliorations que nous avons apportés à la valise : modification des outils de diagnostic et de remédiation immédiate, approfondissements des défis et situations complexes...

# Chapitre 1 – Elaboration du dispositif pédagogique

Le dispositif didactique se décline selon trois thèmes d'éveil - initiation scientifique :

- les machines simples (année 1 de la recherche) ;
- l'air et la pression atmosphérique (année 2 de la recherche);
- la chaleur (année 3 de la recherche).

Le choix de ces trois thématiques a été encouragé par leur faible exploitation en classe alors qu'ils sont prévus par les Socles de compétences. Ces thèmes sont d'actualité, particulièrement pour les thèmes des années de recherche 2 et 3, et sont régulièrement abordés dans les médias. De plus, il existe chez les élèves de nombreuses préconceptions erronées telles que, par exemple, la confusion entre chaleur et température, « plus on chauffe quelque chose, plus la température augmente »ou « la chaleur est de l'air chaud ».

#### Ces thématiques offrent

- de nombreuses situations d'accroche dans la vie quotidienne des élèves (ex. : comprendre l'installation de chauffage de l'école).
- la possibilité d'étudier différents paramètres et concepts (ex. : Pour la chaleur, il est important de définir clairement des concepts tels que la température, la chaleur, les combustibles, les énergies renouvelables...).
- de nombreux prolongements possibles : isolation thermique, phénomènes météorologiques...

Le présent rapport s'intéresse uniquement à la thématique de l'année 1, à savoir les machines simples. Une valise pédagogique en rapport avec ce sujet a été élaborée et testée dans les classes de l'enseignement primaire, celle-ci a été baptisée la Mécanithèque.

# 1. Le choix de la thématique des machines simples

L'une des préoccupations principales de la recherche est d'offrir aux élèves des situations complexes et concrètes dans lesquelles ils parviendront à enrichir leurs connaissances et développer leurs capacités. Les élèves utilisent quotidiennement nombre de machines qui leur facilitent la tâche et il est intéressant d'attirer leur attention sur la manière dont cela se passe.

L'homme a essayé de rendre possibles des tâches physiquement difficiles voire même impossibles. Ainsi, « *le levier a sans doute été utilisé très tôt, peut-être avant la période historique* »<sup>3</sup>. De nos jours, la plupart des « objets » que nous employons dans notre vie quotidienne sont basés sur le principe des « machines simples ». Beaucoup d'ustensiles de cuisine sont basés sur le principe du levier : la pince à

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> http://www.universalis.fr/encyclopedie/T500821/MACHINES\_SIMPLES.htm

spaghettis, le casse-noix, le décapsuleur, alors que d'autres, comme l'essoreuse à salade et le batteur à œufs manuel, sont composés d'engrenages.

Dans le garage, par exemple, on peut trouver un système de poulies pour suspendre la bicyclette au plafond. Le pied-de-biche ou le cric sont utilisés pour soulever un objet lourd ou débloquer des écrous. Beaucoup de systèmes de levage industriels utilisent aussi des poulies, mais cette fois couplées à un moteur. Le treuil mécanique, très pratique, est utilisé pour déplacer, sur de petites distances, des objets très lourds (voitures, bateaux...). La présence et l'utilisation de ces objets dans notre quotidien nous amènent à penser que leur étude est intéressante afin de mieux les comprendre et d'en tirer le meilleur parti. En plus de cet objectif très pragmatique, il est une notion physique intéressante à faire découvrir, celle de compromis : ce que nous gagnons d'un côté, ici en l'occurrence en force puisqu'il est question de machines, nous le perdons d'un autre côté, dans notre cas en distance, soit nous déplaçons l'objet sur une grande distance, soit nous le déplaçons lentement. Cette notion est importante en physique et nous pensons qu'elle peut être abordée dés l'enseignement fondamental.

## 2. <u>Les compétences visées</u>

#### 2.1. Les savoirs

En matière d'acquisition des savoirs, les machines simples abordent des notions présentées dans des parties différentes des Socles de compétences. On retrouve d'une part les concepts de force, masse et poids ou encore d'équilibre en éveil – initiation scientifique<sup>4</sup> (page 44) ainsi que le pan « *structures et mécanismes* » qui étudie « *les mécanismes de construction simples et/ou complexes, des machines mettant en œuvre des principes mécaniques* » décrits en éducation par la technologie (page 63).

#### 2.2. Les savoir-faire

Le dispositif pédagogique proposé dans la valise pédagogique s'articule autour d'une situation complexe qui est proposée à l'élève et qui nécessite la mobilisation de différentes ressources (savoirs, savoir-faire, attitudes...). Dans la situation problème proposée, les élèves sont conduits à investiguer de façon libre les pistes de résolution, à confronter leurs schèmes à la réalité en vue de les adapter, les modifier ou de les conforter.

La situation problème est proposée en tant que défi à relever. Tout au long du dispositif, les élèves ont pour objectif de résoudre le défi de la situation initiale. La démarche de résolution de problèmes

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Mise en évidence d'une force par ses effets perceptibles (**Ϡ**), approche de la relation masse/poids (**Ϡ**) et si la situation le permet le principe de l'action – réaction (**Ϡ**).

nécessite de passer par différentes étapes, celles-ci permettant à l'élève de développer les compétences visées ainsi que les connaissances ciblées.

Dans les Socles de compétences, les disciplines d'éveil-initiation scientifique et éducation par la technologie sont décrites comme permettant aux élèves « d'être les premiers acteurs de leurs apprentissage en partant de situations qui les incitent à s'impliquer dans la recherche » (Socles de compétences, p. 34) pour l'un et qui « vise l'acquisition de démarches mentales et comportementales grâce à la résolution de problèmes technologiques dans le cadre de la construction des savoirs » (Socles de compétences, p. 62). Elles s'inscrivent, toutes les deux, dans les objectifs poursuivis par la recherche et la démarche proposée à l'élève dans le dispositif didactique.

Les compétences savoir-faire visées par la mallette pédagogique sont, pour les compétences disciplinaires en éveil-initiation scientifique,

Degré de Intitulé certification L'énigme étant posée, rechercher et identifier des indices susceptibles d'influencer la situation envisagée C (C2 - page 35)Concevoir ou adapter une procédure expérimentale pour analyser la situation en regard de l'énigme. C Imaginer et construire un dispositif expérimental simple (C5 – page 37) Comparer, trier des éléments en vue de les classer de manière scientifique (C12 – page 39) C Schématiser une situation expérimentale (C13 – page 39) 7 Confirmer ou infirmer un raisonnement par des arguments vérifiés (C14 – page 40) 7 Valider des résultats de recherche (C15– page 40) C Elaborer un concept, un principe (C16- page 40) C

Tableau 1- Compétences visées en éveil-initiation scientifique

pour les compétences disciplinaires en éducation par la technologie,

Tableau 2 - Compétences visées en éducation par la technologie

Intitulé	Degré de certification
Identifier : définir le problème à résoudre : décomposer le problème principale en sous-problèmes et les organiser les uns par rapport aux autres (page 64)	С
Analyser : repérer les notions non comprises et décider de rechercher une explication (page 64)	С
Planifier : recenser les différentes hypothèses de résolution (page 64)	7
Planifier : choisir l'hypothèse de travail la plus favorable à partir de critères définis (page 64)	С
Modéliser la situation : effectuer un dessin à main levée pour formaliser la situation (page 65)	7
Manipuler : réaliser les opérations nécessaires dans un ordre adéquat pour aboutir à l'objectif fixé (page 65)	7
Manipuler : utiliser des outils, des matériaux et des équipements (page 65)	С
Identifier les erreurs et apporter des corrections ou des améliorations éventuelles (page 65)	7
Formaliser la démarche dans langage oral en utilisant les termes techniques corrects (page 65)	7

et pour les compétences transversales en langue française (pages 8 et 9),

- démarches mentales : saisir, traiter, mémoriser, utiliser et communiquer l'information ;
- manières d'apprendre : réflexion sur la méthode de travail, planifier une activité, utiliser des outils de travail, des documents de référence :

- attitudes relationnelles : se connaître, prendre confiance, connaître les autres et accepter les différences.

## 3. La démarche

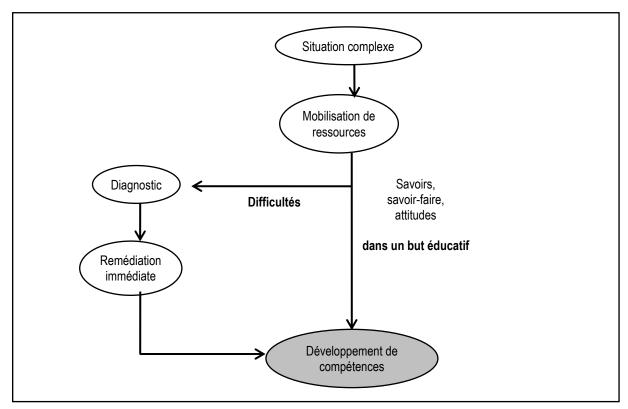


Figure 1 - Démarche mise en place au cours du dispositif

La figure 1 illustre la volonté poursuivie par cette recherche, à savoir l'élaboration d'un dispositif pédagogique confrontant les élèves à la réalisation d'une tâche complexe (Rey et al., 2006), en l'occurrence, la réalisation d'un défi. Cette tâche complexe demande à l'élève de mettre en œuvre des savoirs, savoir-faire et attitudes en vue de développer une série de compétences visées. Cette démarche est régulée par le recours à deux outils développés au cours de cette recherche : une grille d'autodiagnostic et des fiches de remédiation immédiate.

Dans son modèle allostérique<sup>5</sup>, Giordan définit l'acte d'apprendre comme ne se limitant pas à un simple processus de stockage d'informations mais à une élaboration, une construction de savoirs et savoir-

7

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Modèle d'apprentissage développé par Giordan qui repose sur des principes de sciences exactes appliquées aux sciences humaines. En effet, le terme allostérique désigne en biologie une protéine qui se modifie entièrement sous l'action d'un facteur extérieur, celle-ci n'est efficace que pour la fonction qu'elle a à remplir.

faire. L'apprentissage n'est pas automatique chez l'élève et les mécanismes qui se déclenchent lors de l'acte d'apprendre ne sont pas forcément immédiats, ils s'adaptent aux situations et se perfectionnent au fur et à mesure que l'élève développe ses compétences. « *Tout est affaire d'approximation, de concertation, de confrontation, de décontextualisation, d'interconnexion, de rupture, d'alternance, d'émergence, de palier, de recul et surtout de mobilisation »* (Honorez, 2000).

Giordan a identifié ce qui selon lui constituent les principaux obstacles à l'apprentissage :

- 1. l'élève manque d'information;
- 2. l'élève n'a pas envie de changer de conception ;
  - a. le problème accordé ne le concerne pas ;
  - b. les questions posées par l'enseignant ne sont pas celles que l'élève se pose ;
- 3. l'élève ne se pose pas de question car il croît déjà savoir ;
  - a. il pense avoir une explication ou il possède des mots qui lui donnent l'impression de connaître :
  - b. il possède un savoir qu'il a déjà expérimenté avec succès dans d'autres circonstances et il s'en satisfait ;
- 4. L'élève ne possède pas les outils nécessaires pour comprendre et intégrer les nouvelles données (opérations mentales, stratégies à utiliser...);
- 5. L'élève possède des conceptions qui l'empêchent de percevoir la réalité du phénomène ou d'intégrer une nouvelle information qui est en contradiction avec celles qu'il possède.

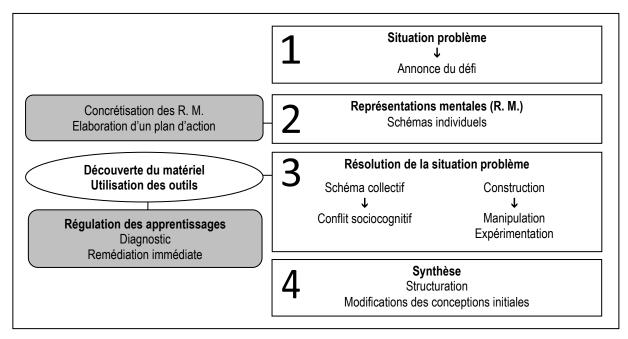


Figure 2 - Etapes du dispositif de recherche

Le dispositif pédagogique se déroule en plusieurs phases, illustrées dans la figure 2.

Etape 1 : Afin de mettre les élèves en situation, une histoire globale est décrite au départ. L'enseignant explique aux élèves qu'ils se trouvent dans une cabane qui est construite en pleine forêt sans électricité

et que différents défis, en rapport avec cette cabane, vous leur être soumis. Cette première situation ne constitue pas une situation problèmatique, elle permet essentiellement de lier les différents ateliers proposés par un scénario commun. Ensuite, lorsque les élèves passent dans les différents ateliers, ils se retrouvent confrontés à des défis complexes qu'ils sont amenés à solutionner :

- Défi sur les poulies: Permettre (aux habitants de la cabane, ne possédant pas l'électricité) de monter, le plus facilement possible, des sacs de provisions
- Défis sur les engrenages :
  - Permettre de faire tourner l'habitacle de la cabane, le plus facilement possible, au gré des heures et des saisons, afin de profiter au maximum des bénéfices du soleil.
  - Les habitants de la cabane utilisent la bicyclette comme moyen de transport et le petit garçon de la famille voudrait comprendre le principe du système plateau-pignon de son vélo.
- Défi sur les leviers : Débarrasser le site où se trouve la cabane des gros cailloux enfoncés dans la terre (Trouve, et utilise correctement, l'outil qui permettra d'enlever, le plus facilement possible, de gros clous profondément enfoncés dans une planche).
- Défi sur le plan incliné : Permettre d'amener, le plus facilement possible, un chariot sur roulettes lourdement chargé jusqu'à la terrasse de la cabane

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 fournit 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.

#### 3.1. Partir d'une situation complexe

Le choix de la situation mobilisatrice de départ, en l'occurrence le défi, proposé aux élèves, doit répondre à un certain nombre de critères. Il est important que l'accroche présente une situation complexe qui permette à l'élève d'ancrer pleinement toute sa démarche dans la réalité. Nous pensons aussi qu'il est important qu'il puisse se familiariser avec les démarches d'autodiagnostic et de remédiation immédiate en vue d'encourager son autonomie. De plus, nous souhaitons que cette situation soit ludique et originale et qu'elle favorise la démarche expérimentale ; qu'elle nécessite un matériel peu coûteux et, bien entendu, soit sans danger pour les enfants.

En tenant compte de ces différents critères, notre réflexion nous a amenés à étudier plusieurs pistes, chacune présentant des avantages mais aussi des inconvénients.

La première situation retenue consistait à proposer aux élèves d'étudier l'objet technique complexe qu'est la bicyclette : identifier le rôle et la place de certains de ses éléments (pédalier, plateaux et roue, freins) ; expliquer le fonctionnement de la partie motrice et découvrir certaines relations mathématiques la concernant. A ces questions pouvaient venir s'ajouter la suspension de la bicyclette au plafond et donc, l'emploi de poulies. Cette approche présentait l'avantage de partir d'un objet familier pour l'enfant mais aussi l'inconvénient de dévoiler l'objet dès le début de l'activité et donc de ne pas être très mobilisatrice.

La deuxième accroche envisagée était de proposer différentes tâches complexes telles que soulever un seau ou un meuble lourd et faire tourner plus ou moins vite un objet. L'avantage certain d'une telle situation est que l'enfant peut sentir physiquement de la différence des intensités des forces physiques à mettre en action avec et sans machine. Cependant, le risque de blessure des élèves voire des enseignants inhérent à une mauvaise manipulation du matériel a justifié l'abandon de cette accroche.

La troisième orientation possible était de demander aux élèves d'imaginer de petites machines un peu farfelues, comme celles présentées dans certains films d'animation comme Wallace et Gromit, ou des chaînes d'actions comme les très jolies TIM (The Incredible Machines- suite de petits leviers, roues, bascules, engrenages, qui à tour de rôle font avancer une petite bille jusqu'à son point final). Cette possibilité, qui bien que très ludique, n'a pas été retenue car elle nous semblait artificielle et s'écartait trop de l'objectif premier des machines : aider l'homme dans la réalisation de tâches trop lourdes physiquement.

La quatrième situation complexe est celle que nous avons retenue. Elle consiste à imaginer la manutention dans une maison très particulière : une cabane perchée dans les arbres et qui ne possède pas l'électricité. Les enfants sont invités à construire les maquettes de différents systèmes permettant par exemple d'amener, le plus facilement possible, les courses dans la cabane par un système de

cordes (et de poulies), de faire tourner la cabane au gré des heures et des saisons pour suivre la rotation du Soleil, ou de débarrasser le site d'énormes cailloux. Ces maquettes doivent répondre à certains critères : être fonctionnelles, permettre aux élèves de comprendre, tout au moins dans les grandes lignes, le principe de la machine correspondante, ainsi que prendre conscience de leurs avantages et inconvénients. Il sera possible de compléter le confort des habitants de la cabane en aménageant par exemple un plan incliné ou d'autres systèmes plus ou moins perfectionnés. Afin que les élèves ne restent pas sur des impressions uniquement subjectives, nous souhaitons également que les enfants puissent faire des mesures, les présenter en tableaux et éventuellement en déduire une règle. Des extrapolations vont aussi être possibles : que faudrait-il modifier au système pour monter un meuble dans la cabane, etc. Tout en faisant appel à de nombreuses compétences intellectuelles et manuelles, une telle situation d'accroche présente des avantages évidents comme son originalité, un mélange de rêve et de « sciences », et la possibilité de faire découvrir des principes physiques qui, bien que régulièrement utilisés, sont souvent cachés et méconnus.

#### 3.2. Prise en compte des représentations mentales des élèves

Le passage par une schématisation ou le dessin<sup>6</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

11

-

<sup>&</sup>lt;sup>6</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)

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>7</sup> (Giordan et al, 1987 ; Larochelle & Désuatels, 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, 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 & Désuatels, 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).

\_

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> Conceptions, interprétations, préconceptions, 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.

## 4. Les outils

La valise pédagogique créée dans le cadre cette recherche s'intitule la Mécanithèque. Elle a été conçue comme une batterie complète d'outils divers. La Mécanithèque ne se limite pas à une simple construction de savoirs par l'élève mais vise le développement de compétences en éveil scientifique et en éducation par la technologie.

Cet outil pédagogique poursuit comme objectif d'accompagner l'élève dans son cheminement intellectuel et dans son apprentissage au travers d'activités individuelles et collectives. Dans la valise, on retrouve l'ensemble du matériel nécessaire aux manipulations et à la construction de maquettes. A ce matériel de construction s'ajoute une grille d'autodiagnostic qui permet à l'élève de structurer sa démarche. En fonction du problème qu'il rencontre (construction, organisation, compréhension, rythme...), la grille lui permet, en toute autonomie, de progresser dans la résolution du problème proposé. Un ensemble de fiches de remédiation sont également proposées. Celles-ci ont été élaborées sur la base de la grille d'autodiagnostic et concourent aux mêmes objectifs : favoriser la réflexion et permettre l'apprentissage autonome de l'élève.

La Mécanithèque pense également à l'enseignant en proposant une série de documents complémentaire. Ces documents se présentent sous la forme de DVD et de dossiers imprimés et reprennent toutes les informations dont doit disposer l'enseignant et expliquent concrètement la manière dont le dispositif peut être développé en classe. Il approfondit les concepts et savoirs qui sont abordés dans chaque thème et présente les différents outils mis à disposition des élèves en situation d'apprentissage.

#### 4.1. La grille d'autodiagnostic destinée aux élèves

L'élève se pose des questions et cherche à identifier la difficulté rencontrée. La grille d'autodiagnostic lui permet de les sérier au moment où elles apparaissent. Nous insistons auprès de l'enseignant, sur le fait important qu'il faut constamment inciter les élèves à consulter cette grille. Cette démarche n'est, a fortiori, pas familière à cet âge.

Afin d'éviter une lecture linéaire, la grille est présentée sous la forme de différentes « marguerites ». Chaque « marguerite » correspond à un type particulier de difficultés susceptibles de poser problème à l'élève. Chaque « fleur » est repérée par un logo spécifique et évocateur de la difficulté et chaque pétale présente une question unique appartenant au type de difficulté ciblée.

Si on compare les grilles d'autodiagnostic de la recherche précédente<sup>8</sup> et celle-ci, on s'aperçoit que les logos utilisés sont différents car ils sont adaptés au public cible. L'intention est de proposer des logos plus ludiques dans l'enseignement primaire.

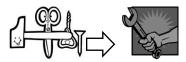


Figure 3 – Logos concernant les difficultés de construction pour l'enseignement primaire et secondaire

Ainsi, si la difficulté est de l'ordre de la construction de la maquette, l'élève situe sa question dans la « marguerite » repérée par le logo « outils » en primaire et « une clé anglaise » pour le secondaire. Les fiches d'aide répondant à la difficulté du même ordre présenteront le même logo, en l'occurrence ici « les outils ».



Figure 4 – Logos concernant le choix du matériel pour l'enseignement primaire et secondaire

Si la difficulté est de l'ordre du choix du matériel (Quelle poulie choisir ?...) ou de la manière de procéder (Comment emboiter les roues dentées ?), l'élève consultera la « marguerite » identifiée par le personnage enseveli sous des piles de documents.



Figure 5 – Logos de concepts pour l'enseignement primaire et secondaire

Si l'élève se pose des questions sur un concept, comme celui de force, ou sur l'identification d'engrenages ou encore de leviers, il consultera la « marguerite » dont le logo central est un enfant perplexe.

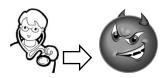


Figure 6 – Logos des faiblesses inhérentes à la maquette construite pour l'enseignement primaire et secondaire

<sup>8</sup> Demierbe, C, Franquet, A., Mélin, S. (2009). *Développement d'outils de diagnostic et de remédiation immédiate au travers d'activités scientifiques au premier degré de l'enseignement secondaire*. Mons : Université de Mons, Institut d'Administration Scolaire et Carré des Sciences, rapport final de recherche (non publié)

14

Si la maquette présente des faiblesses, l'élève cherchera à les identifier dans la « marguerite » repérée par le très jeune médecin.

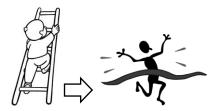


Figure 7 - Logos de dépassement pour l'enseignement primaire et secondaire

Enfin, l'élève qui aurait relevé son défi avant les autres pourra découvrir de nouvelles applications du principe des machines simples dans d'autres outils, classer les leviers... grâce à la « marguerite » identifiable par le logo représentant un enfant qui monte sur l'échelle.



Figure 8 – Logos de mesures pour l'enseignement primaire

La « marguerite mètre » a été créée au cours de cette première année de recherche, lorsque la thématique des machines simples a été exploitée. L'enfant peut rencontrer des difficultés lorsqu'il mesure certaines grandeurs physiques et cette marguerite l'aide à surmonter ces difficultés.

### 4.2. Les fiches de remédiation immédiate – appelées par les enfants « fiches d'aide »

Ces fiches proposent des activités ou réflexions qui permettent à l'élève de remédier à la difficulté rencontrée au moment précis où elle apparaît. De nouveau, comme pour l'emploi de la grille d'autodiagnostic, nous insistons auprès des enseignants sur l'importance de la nécessité de solliciter régulièrement les élèves à consulter ces fiches. Cette démarche n'est pas naturelle pour les enfants et il est nécessaire que l'enseignant la rappelle constamment.

Il est important aussi de noter qu'aucune fiche ne donne LA solution. A chaque fois que cela est possible, les fiches se font référence et se complètent mutuellement de manière à faire rebondir l'élève de question en question et donc lui permettre ainsi de construire son propre cheminement cognitif.

Ainsi les fiches repérées par « les outils » donnent des conseils pratiques comme par exemple « Comment attacher une poulie ? », « Comment emboiter les roues dentées ? »... Les fiches, dont le logo est le « personnage débordé », proposent des exemples d'engrenages, de leviers... Les fiches « mètre » aideront l'enfant à mesurer convenablement les bras de levier, à déterminer des masses et, si l'enseignant le souhaite, à mesurer des forces avec un dynamomètre, ou encore à présenter les résultats sous la forme d'un tableau. Les fiches identifiées par le logo d'un enfant au visage perplexe permettent à l'élève d'appréhender une notion comme celle de force, ou d'objet en équilibre... Les fiches qui proposent des pistes concrètes pour remédier à une faiblesse de l'une ou l'autre maquette sont repérées par « le docteur ». Enfin les fiches présentant le logo de « l'enfant qui grimpe sur

l'échelle » permettent, aux élèves qui ont fini la construction de leur maquette avant les autres groupes, de découvrir de nouvelles connaissances dans des cas différents : soulever un éléphant avec une souris, comprendre le fonctionnement d'un nouvel outil, réfléchir à une situation nouvelle...

#### 4.3. Le dossier destiné à l'enseignant

Le guide pédagogique est destiné exclusivement à l'enseignant. Dans sa version finale, ce guide est composé de six sections distinctes.

La première partie, introductive, expose les différents outils proposés à l'enseignant et à ses élèves, leur utilisation ainsi qu'une organisation possible dans la classe pour une exploitation optimale du dispositif complet.

Les quatre sections suivantes reprennent, chacune, les informations correspondant à un type de machines simples (les engrenages, les poulies, le plan incliné et les leviers), à savoir :

- les informations théoriques de base qui sont nécessaires pour aborder correctement et sereinement les thématiques avec les élèves ;
- des informations complémentaires plus spécifiques (que nous appelons « Pour en savoir plus ») et qui correspondent à des questions plus particulières que des élèves plus curieux pourraient poser et qui pourraient laisser certains enseignants perplexes;
- et enfin la grille d'autodiagnostic et les fiches de remédiation immédiate élaborées pour les élèves ainsi que la correction nécessaire de certaines fiches.

Il est important de remarquer aussi que les deuxième, troisième, quatrième et cinquième parties de ce document peuvent sembler, aux premiers abords, présenter des redites. Cette présentation particulière, mais volontaire, permet à chaque enseignant une utilisation indépendante de chacune des parties, ou encore à plusieurs enseignants d'utiliser, en même temps, différentes parties du guide. Pour une lecture plus facile, ces parties communes seront repérées par le logo :

Enfin la sixième et dernière partie propose différents dossiers complémentaires et un lexique.

#### 4.4. La situation complexe et les différents paramètres

Comme nous l'avons déjà signalé, les élèves découvriront la démarche scientifique à partir d'une situation complexe : améliorer le confort et la manutention de cabanes perchées dans les arbres. Trois défis à relever sont proposés. Chaque défi consiste en la construction d'une maquette de machine simple correspondante.

- Premier défi : Construire une maquette d'un système qui permette aux habitants de ces cabanes de monter facilement les sacs contenant les courses de la semaine. Pour relever ce défi, les élèves sont invités à utiliser au mieux un système de poulies.
- Deuxième défi : Construire une maquette d'un système qui permette aux habitants de ces cabanes de faire tourner l'habitacle, au gré des heures et des saisons, afin de profiter au maximum des bénéfices du Soleil. Le matériel proposé aux élèves est constitué de différents engrenages.

 Troisième défi : Trouver un système permettant de déplacer de gros cailloux qui gênent les déplacements sur le site. L'objectif étant de faire prendre conscience aux élèves de l'utilité et aussi du maniement correct des leviers.

#### 4.4.1. Le défi poulies (monter facilement les sacs de provisions jusqu'à la cabane)

Le premier paramètre à considérer est la charge à soulever. Cette charge doit avoir une valeur suffisamment importante de manière d'une part, à ce que les élèves prennent conscience de l'utilité des poulies, mais aussi pour que les forces de frottements, inévitablement présentes dans le dispositif, n'influencent pas trop les éventuelles mesures. Nous pensons donc proposer aux élèves de travailler avec des petits seaux remplis de sable.

Le deuxième paramètre est le choix des poulies. Après avoir testé des bobines de fil des cannettes de machines à coudre ou encore de vraies poulies, nous avons opté pour l'emploi de ces dernières. Fabriquées grâce à des technologies avancées afin de présenter un minimum de forces de frottements (éventuellement avec des roulements à billes), les poulies sont des « objets » relativement onéreux. Leur utilisation se justifie dans ce contexte par le fait que les élèves peuvent prendre réellement conscience de l'utilité de ce genre de matériel. Les poulies qui ont retenu notre attention sont fabriquées en Italie par une firme qui achalande les magasins d'accastillage (magasins dans lesquels les propriétaires de voiliers vont s'approvisionner en matériel spécifique : cordes, voiles, mousquetons...).

Le dernier paramètre, mis à part le choix de la corde qui ne pose pas de problème d'achat, est celui de la fixation du système complet (poulies, corde et masse à soulever). Dans un premier temps, nous avions retenu le principe du serre-joint à fixer sur le chambranle d'une porte (les élèves auraient pu travailler dans l'ouverture de la porte, le dispositif suspendu près d'eux). Pour des raisons pratiques (l'épaisseur d'un chambranle variant de l'un à l'autre) mais aussi et surtout pour des raisons de sécurité (la chute d'un tel objet pourrait s'avérer dangereuse), nous avons opté pour une solution plus souple et moins coûteuse : le manche de brosse. Le système (poulies, corde et masse à soulever) peut être facilement accroché à un manche de brosse tenu horizontalement. Celui-ci peut être soit posé sur deux chaises qui se tournent le dos (mais alors la hauteur sur laquelle il est possible de soulever la charge est petite), soit sur les épaules de deux élèves de tailles à peu près identiques.

#### 4.4.2. Le défi engrenages (faire tourner la cabane au gré des saisons)

Le seul paramètre à prendre en considération est celui qui correspond au choix des roues dentées. Voici exposé brièvement un résumé des pistes que nous avons explorées.

Il existe une grande quantité de firmes usinant des engrenages de haute qualité pour machines ou outils. Ces engrenages, lorsqu'ils sont fabriqués en plastique, sont peu onéreux. Cependant, mis à part l'aspect peu esthétique et peu attrayant pour les élèves, ces roues fabriquées pour des utilisations spécifiques sont vendues sans support puisqu'elles vont s'adapter à un dispositif déjà existant. Il est, par la suite, difficile de concevoir le système qui les supportera et qui soit parfaitement adapté (les axes des roues dentées doivent être positionnés de manière très précise pour que, d'une part les dents

s'intercalent parfaitement les unes dans les autres, mais aussi que les plans de rotations ne s'inclinent pas les uns par rapport aux autres).

La firme Lego propose des kits, plus particulièrement dans la série Lego Education, qui sont complets, didactiques et ludiques. Malheureusement, ces kits ne sont plus vendus par les magasins classiques de jouets. Comme la firme Lego ne distribue pas, ou plus, directement en Europe, il faut donc passer par des firmes intermédiaires (comme Jeulin) : un kit, pour un groupe de quatre élèves, revient à une petite trentaine d'euros, ce qui dépasse notre budget.

La firme Celda & Asco propose des kits très pédagogiques. Ces kits comprennent un matériel solide, de qualité et très attrayant pour les élèves. Pour ces raisons ce matériel est d'ailleurs utilisé dans certaines classes car il a aussi le mérite de pouvoir être complété en fonction des besoins. Pour des raisons que nous ignorons encore, cette firme s'avère incompréhensiblement difficile à joindre, mais le matériel qu'elle propose retient toute notre attention.

Une deuxième piste possible serait d'utiliser un jeu de la marque Quercetti. Ce jeu de découvertes pour jeunes enfants (plus de cinq ans) se compose d'engrenages très solides, de tailles différentes. L'âge du public cible ne semble pas être un obstacle à son choix. Nous avons en effet pu constater que des enfants d'un niveau de fin de primaire étaient intéressés par son maniement et en extrayaient une multitude d'informations. Nous retenons donc aussi cette deuxième piste.

#### 4.4.3. Le défi levier (déplacer de gros cailloux)

Le matériel nécessaire pour relever ce défi est plus beaucoup plus facile à trouver. Comme nous le savons tous, il est possible de se servir d'une pièce de monnaie ou d'un tournevis pour ouvrir un pot de peinture. La plupart des objets longs, peu épais mais suffisamment solides peuvent parfaitement servir de leviers : alors qu'une latte ou une tige métallique permettent de soulever un objet de quelques centaines de grammes, le pied-de-biche est requis pour soulever plusieurs kilogrammes. Un levier suffisamment long et suffisamment résistant permettrait de soulever n'importe quel objet (comme l'aurait dit Archimède : « Donnez-moi un point d'appui et un levier et je soulèverai la Terre »). Nous utiliserons donc pour ce relevé ce défi du matériel provenant de la vie quotidienne de tout un chacun.

### 4.5. L'organisation des séances en classe

Il est important de noter que les trois défis sont tout à fait indépendants mais leur organisation en classe, et leur présentation sont identiques. Nous exposons donc ci-dessous les lignes directrices de l'organisation générale des séances de travail pour les élèves.

#### 4.5.1. <u>Découpage</u>

#### 4.5.1.1. Présentation du défi par l'enseignant

L'enseignant présente le défi aux élèves en le mettant dans le contexte.

#### 4.5.1.2. Travail individuel

L'enseignant demande à chaque enfant de réaliser un premier dessin individuel de la maquette avant de la construire et de lister le matériel nécessaire à sa construction. Ce premier dessin permet à chaque élève de fixer ses connaissances personnelles avant de commencer cette construction.

#### 4.5.1.3. Travail en groupe

L'enseignant forme les groupes dans la classe et demande aux élèves de trouver un consensus pour produire un dessin qui soit commun et spécifique à chaque groupe. Dans un souci de respect mutuel, les élèves interagissent, discutent et défendent chacun leur propre production. Le dessin commun qui doit convenir à tous ainsi que la nouvelle liste de matériel serviront de base à la construction proprement dite de la maquette. De nouveau nous insistons auprès des enseignants afin que ceux-ci vérifient que ce dessin soit bien la base du plan d'actions pour la construction car une fois réalisé, les élèves ont tendance à le mettre de côté et à ne plus le consulter. Les différentes réalisations des dessins représentent les seules étapes imposées aux élèves; les réflexions, les discussions et le cheminement cognitif sont laissés au libre arbitre de chaque groupe.

L'enseignant présente les outils aux élèves

- Les fiches de travail : Je me pose des questions (la grille d'autodiagnostic) et les fiches d'aide (de remédiation) ;
- Un ou plusieurs dictionnaire(s), le lexique ;
- o L'inventaire et le matériel. Le matériel peut se classer en deux catégories :
  - le matériel <u>spécifique</u> à chaque défi (différentes poulies, roues dentées de différentes tailles...);
  - le matériel <u>commun</u> apporté par les élèves et l'enseignant et déposé au centre de la classe : pince à spaghetti, décapsuleur, agrafeuse, essoreuse à salade, casse-noix, tournevis, pignons et plateaux de vélo démontés, différentes cordes, des photos de systèmes trop grands (grues, appareils élévateurs...).
- O II est important que les élèves puissent garder des traces écrites de leurs dessins successifs, de certaines réflexions, de choix ou de questions. Il est donc bon qu'ils prévoient soit un petit cahier d'expériences (carnet de bord), soit des feuilles qu'ils classeront dans leur farde.

Les élèves manipulent et construisent leur maquette. Chaque défi permet aux élèves de se mettre en situation de « chercheurs » et d'explorer les grands principes de la démarche scientifique en identifiant les paramètres entrant en jeu et en les modifiant afin d'atteindre l'objectif fixé. Au-delà de la construction elle-même, ou de l'utilisation correcte de tel ou tel outil, l'objectif visé est, comme nous l'avons déjà annoncé, que les élèves prennent conscience de l'utilité des machines simples, mais aussi de leurs contraintes. Certaines d'entre elles comme les poulies permettent d'illustrer une notion importante, la notion de compromis : ce que nous gagnons d'un côté, nous le perdons malheureusement mais inévitablement, d'un autre. La construction du système de levage composé de poulies permet aux élèves de constater très pragmatiquement que si la force à exercer diminue avec l'augmentation du nombre de poulies, la longueur de corde à tirer, quant à elle, augmente. Nous pensons qu'il est

intéressant d'attirer l'attention des élèves sur cette notion de compromis à chaque fois qu'elle est perceptible. Bien que de manière moins évidente à visualiser, cette notion est aussi tangible lors de l'utilisation du levier : lorsque le bras de levier augmente, la force à exercer diminue mais la distance (sur laquelle il faut exercer cette force) augmente. L'étude des engrenages, telle qu'elle est présentée ici est une étude qualitative : il est possible de comparer les vitesses de rotation des différentes roues (en comparant les nombres de tours de chacune des roues) mais impossible de comparer les forces en jeu. Cette comparaison peut, par contre, être réalisée subjectivement avec les différentes combinaisons plateau-pignon de la bicyclette.

#### 4.5.1.4. Retour au travail individuel

Une fois la maquette construite, les élèves se séparent et chacun réalise, pour son propre compte, un nouveau dessin. La comparaison des dessins individuels « avant » et « après » permet à l'élève de mesurer si une évolution s'est amorcée dans ses représentations mentales. Si une progression est observée, il pourra examiner dans quel sens ces changements se sont opérés tandis que si aucune évolution n'est constatée, il s'agira de comprendre pourquoi.

#### 4.5.1.5. <u>La synthèse</u>

Cette dernière étape est fondamentale : ayant découvert de nouvelles connaissances, ou approfondi d'anciennes, les élèves vont construire, d'un commun accord, la synthèse. L'enseignant, quant à lui, est là pour guider, réorienter ou corriger les élèves mais en aucun cas pour imposer une synthèse toute faite. La synthèse est donc une production émanant des élèves et validée par l'enseignant.

#### 4.5.2. Le timing prévu en classe

Suivant les disponibilités et l'objectif recherché par les enseignants, nous conseillons de prévoir quatre à cinq périodes pour mener à bien ce module. La première période sera consacrée à l'annonce du défi, le premier dessin individuel des élèves et le dessin de groupe. Les deux périodes suivantes pourront faire l'objet de la présentation des outils (la grille d'autodiagnostic, les fiches d'aide et le matériel) des différents essais et la construction proprement dite de la maquette. Lors de la dernière période chaque élève réalisera le deuxième dessin individuel et le comparera au premier. Pour terminer, tous les élèves, avec l'aval de l'enseignant, construiront la synthèse.

# Chapitre 2 – Mise à l'épreuve de la valise pédagogique

## 1. Méthodologie

Le plan expérimental (figure 9) mis en place dans le cadre de la validation de Mécanithèque se déroule en deux grandes phases : la collecte préliminaire d'informations en vue d'opérationnaliser au mieux l'outil crée, l'utilisation et la validation de l'outil en classe.



Figure 9 - Plan expérimental

Dans un premier temps, les élèves ont été testés via la passation d'un questionnaire afin de cerner au mieux leurs préconceptions sur les machines simples. L'objectif d'une telle collecte d'informations est de proposer aux enseignants un outil didactique cohérent et adaptés aux préconceptions du public visé. L'analyse de ces questionnaires permet notamment de statuer sur les préconceptions erronées des élèves.

Lorsque la valise a été adaptée et jugée apte par les chercheurs à être utilisée en classe, les équipes enseignantes acceptant de collaborer pour cette recherche ont été rencontrées. Ce fût l'occasion de réaliser une présentation complète des objectifs de recherche (conditions de testing) ainsi que des principales caractéristiques de la Mécanithèque : dispositif pédagogique à mettre en place, construction des montages nécessaires pour les ateliers... C'est également à ce moment que le matériel est déposé dans les établissements scolaires de manière à laisser le temps aux enseignants de s'imprégner des différents documents disponibles dans la valise.

Avant que les enseignants utilisent la valise pédagogique dans leur classe, un chercheur se rend dans la classe de manière à effectuer un prétest. Les élèves reçoivent un questionnaire qu'ils doivent compléter. Celui-ci pose à la fois des questions théoriques sur les machines simples et les interrogent sur les démarches à privilégier dans des situations concrètes données.

L'étape suivante du plan expérimental est l'utilisation de la valise pédagogique par l'enseignant et ses élèves. L'intention est de laisser l'enseignant maître de la situation si bien qu'il n'est pas prévu qu'un chercheur prenne en charge la classe lorsqu'elle utilise la valise. Toutefois, un des membres de l'équipe de recherche se rend au moins une fois sur place en soutien, si cela s'avère nécessaire, ou en simple mission d'observation. Cette démarche permettant de consolider la collaboration avec les enseignants.

Lorsque les élèves ont terminé d'utiliser la valise pédagogique, c'est-à-dire qu'ils sont passés par tous les ateliers et qu'une synthèse a été réalisée avec l'enseignant. Une mesure de sortie est réalisée. Elle se pratique de la même manière que pour le prétest (même questionnaire) de manière à comparer pertinemment les résultats de chaque test. Les enseignants reçoivent également un questionnaire qui leur permet d'exprimer leurs remarques quant à l'utilisation de l'outil.

#### 1.1. Phase 1 : Tests exploratoires

De manière à améliorer la grille d'autodiagnostic et les fiches de remédiation déjà construites, nous avons proposé un test exploratoire à des élèves de sixième année primaire afin de cerner au mieux les préconceptions de ces élèves concernant la matière abordée. Les enseignants des deux écoles montoises sollicitées (l'école du Rossignol et l'école du Sacré-Cœur) ont accepté de nous consacrer le temps nécessaire à la passation de ce test dans leurs classes.

Les tests exploratoires constituent la première phase de test auprès des élèves du troisième de gré de l'enseignement primaire. Ils permettent d'identifier et d'étudier les problèmes et obstacles rencontrés par les élèves lorsqu'ils sont confrontés à la thématique des machines simples. Plusieurs objectifs sont poursuivis :

- Recenser et catégoriser certaines difficultés ou certains types d'erreurs commises ;
- Evaluer les préacquis ;
- Mettre en évidence les différences qui peuvent exister entre élèves notamment en fonction du programme suivi par l'établissement scolaire.

Les questionnaires sont actuellement en cours d'analyse. Les résultats de ces analyses seront repris dans le rapport final de cette recherche. Lors de la seconde partie de cette recherche, nous nous attacherons à finaliser, en fonction des résultats des tests exploratoires, les grilles d'autodiagnostic et les fiches d'aide correspondantes ; nous arrêterons notre choix en ce qui concerne le matériel et nous testerons la valise complète dans différentes classes de sixième primaire. Ensuite, nous réajusterons notre dispositif de manière à le présenter dans sa version finale au mois de mai 2010.

#### 1.1.1. Description du test

Le test a été conçu sous la forme d'un questionnaire et comporte trois types de questions.

Deux questions fermées qui interrogent l'élève sur sa connaissance de la thématique : des situations concrètes lui sont proposées. Ces questions permettent de statuer sur le niveau de familiarité que les élèves entretiennent avec les notions qui seront exploitées dans la valise pédagogique. La troisième question porte sur la schématisation : schématiser l'objet du défi et légender la représentation.

#### 1.1.2. Echantillon

L'enquête a été menée la semaine du 23 novembre 2009 auprès de 61 élèves (19 élèves de 5ème année et 42 élèves de 6ème année, soit 23 filles et 38 garçons) de deux établissements scolaires de Mons au troisième degré de l'enseignement primaire :

- L'école communale du Rossignol Rue du Rossignol, 12 7000 Mons
- Ecole fondamentale libre de Saint-Louis Chemin de la Procession 74 7000 MONS

Afin d'éviter le biais de l'aide aux élèves par l'enseignant, un chercheur est présent durant le temps imparti aux élèves. Trente minutes maximum sont accordées aux élèves.

#### 1.2. Phase 2: Mise à l'essai du dispositif

#### 1.2.1. Méthodologie

Sur la base du cadre conceptuel décrit précédemment et de l'analyse des tests exploratoires, la valise pédagogique et le dispositif qui la sous-tend ont été construits. Cette élaboration s'est faite en plusieurs étapes permettant diverses régulations et améliorations.

La méthode qui a guidé cette recherche est reprise et adapté de Van der Maren (2005). Elle consiste en ce que l'auteur appelle « *une chaîne sur prototype initial* » (p. 119). Cette chaîne implique une succession d'essais de prototypes. La mise à l'essai de chaque prototype s'effectue en trois temps : utilisation, évaluation et modification (Van der Maren, 2005).

La partie utilisation consiste à mettre à l'épreuve les dispositifs dans les classes. Il s'agit des périodes durant lesquelles le dispositif est proposé aux élèves de l'échantillon. L'évaluation porte sur l'observation de cette mise à l'essai et comporte un recueil d'informations. Ce recueil s'axe 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 conduisent à réajuster le prototype et à en créer un suivant.

#### 1.2.2. Echantillon

La recherche s'effectue en inter-réseaux. Un total de 20 établissements scolaires (5 établissements par réseau) ont été contactés par courrier afin de les inviter à participer au développement de la valise pédagogique. Pour la sélection des écoles, plusieurs critères ont été retenus. Premièrement, les écoles dont l'adresse électronique étaient communiquées sur le site <a href="www.enseignement.be">www.enseignement.be</a> ont été sélectionnées car elle offre un canal de communication supplémentaire. Ensuite, c'est leur localisation géographique qui a primé.

L'étude sur le terrain a finalement été réalisée en collaboration avec huit établissements scolaires sur une période de trois semaines dans chaque école allant de janvier 2010 à mars 2010.

Nom Réseau Ecole Ouverte d'OHAIN Libre non confessionnel Ecole Internationale Libre non confessionnel "Le Verseau" de BIERGES Ecole fondamentale annexée de SAINT-GHISLAIN Officiel (Communauté française) Ecole communale fondamentale de la Cité Parc (MARCINELLE) Officiel subventionné Ecole communale fondamentale de MONS Officiel subventionné Ecole fondamentale libre de Saint-Louis de MONS Libre confessionnel Ecole primaire libre Sainte-Angèle des Ursulines de MONS Libre confessionnel

Tableau 3 - Liste des écoles collaborantes

#### 1.2.3. Outils de recueil de données

#### 1.2.3.1. Le test pour les élèves

Le recueil de données se fait en deux phases. Une mesure d'entrée est réalisée afin d'établir, pour chaque élève, le niveau de développement des compétences qui sont ciblées par la valise pédagogique. Ensuite, une nouvelle prise de mesure est effectuée lorsque les élèves sont parvenus à l'issue du dispositif pédagogique proposé dans la Mécanithèque. Les élèves passent donc deux tests, un prétest avant et un postest après la mise à l'épreuve des outils. Ces deux tests présentent une structure identique (d'un questionnaire écrit de 17 pages composé de 13 questions), ce qui permet de les comparer efficacement. Ainsi, les indicateurs de progrès sont plus aisément identifiables et comparables.

Hormis dans le cadre des évaluations externes, la plupart des élèves ne sont pas habitués à des questionnaires d'une telle longueur (17 pages). Afin de conserver leur attention jusqu'à la fin du questionnaire, différentes astuces ont été utilisées.



Figure 10 - Situation problème de départ décrites dans le questionnaire et les étapes de résolution

Tout d'abord, il a été décidé de privilégier la résolution d'une seule situation complexe globale dans le test. Le questionnaire débute par une situation problème (figure 10) que l'élève résout au fur et à mesure des questions posées. L'objectif est de ne pas perturber les élèves par des changements constants de contexte (de thématique). Lors des tests préliminaires, trois questions étaient posées et toutes plaçaient l'élève dans un contexte différent. Cela nécessitait que l'élève comprenne à chaque fois la situation qui lui était proposée avant de répondre aux questions. Cette manière de procéder permet donc à l'élève de se focaliser sur le questionnement plutôt que sur la mise en contexte.

<u>Première étape</u> : Sortir le bateau de l'eau et l'amener sur une n	emorque
<u>Deuxième étape</u> : Attacher la remorque à la voiture	:
<u>Iroisième étape</u> : Placer le bateau sur un échafaudage	
Quatrième étape : Peindre la coque du bateau	

Figure 11 - Etapes de résolution de la situation de départ de questionnaire

Les élèves sont également accompagnés dans leur résolution par des étapes de progression. Celles-ci sont indiquées sur le questionnaire à l'aide d'encadrés (figure 11) et correspondent chacune à l'utilisation d'une machine simple (tableau 4). L'élève est ainsi placé dans une situation d'évaluation contextualisée proche de la démarche pédagogique privilégiée dans la Mécanithèque.

Plan incliné Etape de Engrenages Leviers **Poulies** résolution Question de problème 1 2 Etape 1 3 4 5 6 Etape 2 7 8 Etape 3 9 10 11 Etape 4 12 13 Différence entre masse et poids

Tableau 4 - Répartition des questions

Un personnage joue le rôle de guide au fil des pages du questionnaire. Sous la forme de phylactères, il porte à l'attention des élèves les remarques ou détails censés les aider à répondre aux questions posées. Comme accroche visuelle, un système de mise en valeur des questions a également été mise en place c'est-à-dire que lorsque l'élève est censé répondre à une question, la zone de réponse est systématiquement grisée.

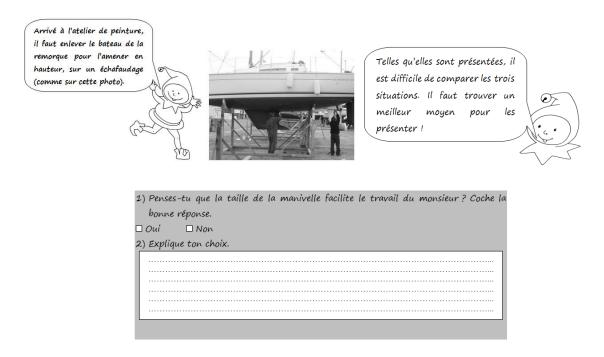


Figure 12 - Exemples d'aide visuelle pour le questionnaire

En plus des questions grisées, de nombreuses photographies et schémas d'illustrations ont été ajoutées pour que les élèves visualisent correctement la situation décrite.

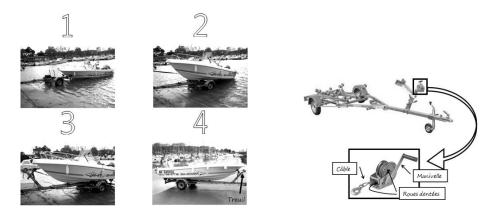


Figure 13 – Exemples d'illustrations du questionnaire

Lors de la conception du test, la difficulté majeure rencontrée a été d'évaluer objectivement et précisément chaque compétence. 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.

#### → Analyser : repérer les notions non comprises et décider de rechercher une explication

Cette compétence est mesurée au travers de la question 13 du test sur la masse et le poids. Il est expliqué aux élèves que ces deux notions sont utilisées dans le cadre des machines simples et il leur est demandé d'expliquer ce qu'ils connaissent de ces deux notions. Ces notions font l'objet de fiches d'aide dans la valise pédagogique. Grâce à la grille de consultation des fiches d'aide, il est possible de mettre en relation une démarche de recherche des élèves (via l'utilisation de ces fiches) et la

progression de la définition des élèves au postest. Voici la manière dont les compétences sont évaluées dans le test :

#### → Planifier : recenser les différentes hypothèses de résolution

A l'étape 4 de la résolution de problème proposé dans le test, l'élève doit ouvrir un pot de peinture. Pour ce faire, il doit lister tous les outils auxquels ils pensent permettant d'ouvrir le pot.

#### → Planifier : choisir l'hypothèse de travail la plus favorable à partir de critères définis

Plusieurs situations sont proposées à l'élève et parmi celles-ci, ils doivent choisir celle qui correspond le mieux à la situation décrite dans la consigne. L'élève doit ensuite justifier les raisons pour lesquelles ils ont choisi une situation.

#### → Modéliser la situation : effectuer un dessin à main levée pour formaliser la situation

Les élèves doivent imaginer un système permettant de soulever le bateau d'une remorque pour l'amener sur un échafaudage. Cette question ne permet pas aux élèves de rédiger une explication, ils doivent parvenir à réaliser un dessin qui permette de comprendre la manière dont ils proposent de procéder.

- → Manipuler : réaliser les opérations nécessaires dans un ordre adéquat pour aboutir à l'objectif fixé
- → Identifier : définir le problème à résoudre : décomposer le problème principal en sous-problèmes et les organiser les uns par rapport aux autres

Un ensemble de données reprenant les informations de plusieurs situations est fourni aux élèves et organisé d'une manière déterminée. La présentation des données n'est pas optimale pour parvenir à comparer les situations. Il est demandé aux élèves de trouver une meilleure manière de classer les données et d'expliquer la manière (étape par étape) dont ils procéderaient.

Deux compétences sont visées dans cet exercice. La compétence *Manipuler* s'intéresse aux différentes étapes de classement que l'élève va proposer et la manière dont ces étapes seront décrites. Pour la compétence *Identifier*, ce sont les critères de classement utilisés par les élèves qui seront observés.

- → Manipuler : utiliser des outils, des matériaux et des équipements
- → Identifier les erreurs et apporter des corrections ou des améliorations éventuelles

Une série de quatre engrenages sont proposés à l'élève avec sur chacun, le sens de rotation de chaque roue. L'élève doit vérifier que toutes les roues des engrenages tournent dans le bon sens et si ce n'est pas le cas, corriger le sens des flèches.

#### → Formaliser la démarche dans langage oral en utilisant les termes techniques corrects

Il est impossible de mesurer la manière dont l'élève s'exprime en langage oral avec un test papier crayon. Cette compétence est donc évaluée lorsque l'élève est amené à justifier son choix ou lorsqu'il doit décrire une procédure. Par exemple, lorsque l'élève doit trouver un moyen pour ouvrir un pot de peinture, il répertorie tous les outils possibles. Ensuite, il en choisit un et doit expliquer la manière dont il utilise cet outil pour ouvrir le pot. La précision des termes employés peut être un indicateur pour évaluer cette compétence.

Q3 Q4 Q5 Q6 Q10 Q11 Q12 Q13 Analyser : repérer les notions non comprises et décider de rechercher une explication Planifier : recenser les différentes hypothèses de résolution Planifier : choisir l'hypothèse de travail la plus favorable à partir de critères définis Modéliser la situation : effectuer un dessin à main levée pour formaliser la situation Manipuler : réaliser les opérations nécessaires dans un ordre adéquat pour aboutir à l'objectif fixé Identifier : définir le problème à résoudre : décomposer le problème principal en sousproblèmes et les organiser les uns par rapport aux autres Identifier les erreurs et apporter des corrections ou des améliorations éventuelles Formaliser la démarche dans langage oral en utilisant les termes techniques corrects

Tableau 5 - Correspondance Question / Compétence pour le test des élèves

#### 1.2.3.2. Le questionnaire pour les enseignants

La Mécanithèque est un outil qui a été développé en collaboration avec des enseignants et testé sur le terrain. Les principaux acteurs de ce développement sont les chercheurs d'une part mais également les enseignants qui participent à l'expérimentation de l'outil. Et donc, quoi de mieux que leur témoignage qui l'ont utilisé en conditions réelles pour contribuer à son amélioration.

Le questionnaire remis aux enseignants se compose de 23 pages et se divise en deux grandes catégories à savoir, les questions d'ordre général et les questions sur les ateliers proprement dit.

La première série de questions est consacré à la description de l'utilisation de la valise en classe. Les enseignants indiquent les ateliers qu'ils ont réalisés dans leur classe, le timing qu'ils ont adopté ainsi que les conditions dans lesquelles cela s'est déroulé (organisation du local, taille des groupes d'élèves formés, progression des groupes d'élèves dans chaque atelier...). Ensuite, la valise en elle-même et tous les outils qui la composent sont évalués : présentation, facilité d'utilisation, suggestions, lisibilité des documents... On interroge également sur la manière dont les enseignants ont abordé les différents outils présentés : les ont-ils lu dans leur intégralité, se sont-ils reporté à la table des matières, les

concepts et notions théoriques sont-elles suffisamment approfondies pour préparer les séquences d'apprentissage, jugent-ils tous les outils proposés utiles, est-ce que les élèves comprennent les outils qui leur sont destinés, les utilisent-ils spontanément ?...

La deuxième catégorie de questions, quant à elle, porte la réalisation des ateliers. Les mêmes questions sont posées pour chaque atelier et les enseignants sont invités à y répondre uniquement s'ils ont réalisé cet atelier en classe. Les enseignants sont interrogés sur les outils propres à chaque atelier (dossier enseignant, grille d'autodiagnostic et fiches d'aides), le défi (est-il réaliste pour les élèves, les enseignants le jugent-ils simple ou compliqué?), le matériel (est-il adapté au public, solide, en quantité suffisante?) et l'aspect disciplinaire (notion découverte par l'enseignant, notion incomprise ou pas assez approfondie dans le dossier enseignant, utilité de la partie théorique pour l'apprentissage des élèves).

# 2. Analyse des données et résultats

### 2.1. Mesures des préconceptions

#### 2.1.1. Question par question

Question 1 : Tu es dans le garage et tu veux ouvrir un pot de peinture que tu ne peux pas ouvrir à la main.

- → Quel outil vas-tu utiliser ?
- → Comment vas-tu l'utiliser ? (comment vas-tu le tenir ?)
- → Fais un dessin clair et suffisamment grand et annote-le pour que l'on comprenne ce que tu veux dire.

A la première question, les élèves se répartissent de manière équitable : une moitié annonce qu'elle utilisera un tournevis alors que l'autre moitié préfère utiliser un autre outil (ouvre-boîte, pied-de-biche, spatule, ...). Ce deuxième choix se porte sur l'ouvre boîte à roulettes qui permet d'ouvrir les boîtes de conserve.

Si le choix de l'outil ne semble pas poser de grandes difficultés aux élèves, il n'en va pas de même pour son utilisation en tant que levier. Comme le montre l'histogramme ci-dessous, seuls deux élèves sur 61 savent qu'il est plus efficace de prendre l'outil par l'extrémité de son manche et qu'il faut le pousser vers le bas.

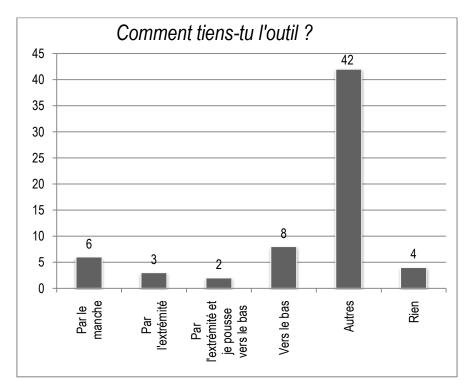


Figure 14 - Différentes manières de tenir un outil (Question 1)

La grande majorité des élèves a une idée vague de l'utilisation possible du tournevis (1er outil cité par les élèves) comme d'un levier et beaucoup expliquent qu'il faut soulever le manche (« *Je lève le manche »*) au lieu de le pousser vers le bas, d'autres encore spécifient qu'il faut le tenir « avec les deux mains » ou faire attention à « ne pas se blesser »...

Pour la troisième partie de la question (phase de modélisation), on constate que plus de 90% des élèves dessinent correctement le pot de peinture ainsi que l'outil mais ils ne sont plus que 63% à dessiner la main qui actionne l'outil. Pour ce qui est de réaliser une légende ou d'annoter le dessin de quelques mots, les pourcentages descendent respectivement à 60% (pot de peinture), 35% (outil) et 10% (main).

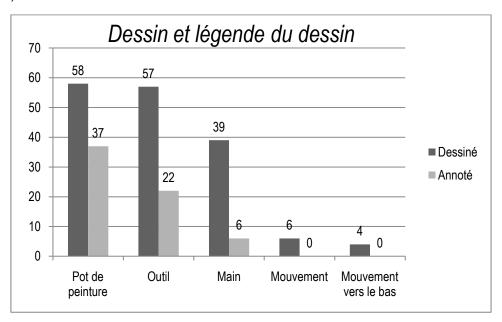


Figure 15 – Eléments modélisés par les élèves pour ouvrir le pot de peinture (Question 1)

Il semble que les élèves hésitent entre deux tendances pour ouvrir le pot de peinture : le tournevis et un autre outil (souvent l'ouvre-boîte). Il est probable que la majeure partie des élèves n'ait jamais fait attention au fait que le couvercle s'emboite dans le pot de peinture et à la nécessité de pouvoir venir l'y réinsérer après usage. Les mauvais scores correspondant à l'utilisation correcte du levier sont prévisibles : le maniement d'un outil reste flou tant que cet outil n'a pas été manipulé concrètement, dans un but précis.

## Question 2 : Dans la cuisine, tu as déjà certainement déjà vu l'essoreuse à salade, mais as-tu réfléchi comment elle fonctionne ?

- → Fais la liste du matériel qu'il te faudrait pour en construire une.
- → Dessine son intérieur (n'oublie pas de pièce) et légende ton dessin.

Pour répondre à cette question, la plupart des élèves concentrent leur attention sur la partie visible de l'objet.

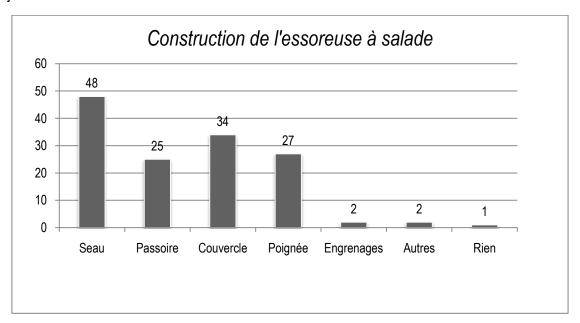


Figure 16 – Eléments constitutifs de l'essoreuse à salade (Question 2)

Près de 80% d'entre eux prévoient un seau dans la liste de matériel, un peu plus de la moitié pense qu'un couvercle sera nécessaire et un peu moins de 50% envisage de placer une poignée. Par contre, les pourcentages chutent à 40% lorsqu'il s'agit de demander une passoire qui permettra à l'eau de s'écouler dans le seau et seulement deux élèves (même pas 1 %) pensent que des engrenages sont présents dans l'essoreuse à salade : ces derniers connaissent le système d'entraînement par ficelle.

Lorsque l'on demande, deuxième partie de la question, aux élèves de dessiner l'intérieur de l'objet, plus de 90 % d'entre eux font un dessin ou une tentative de dessin.

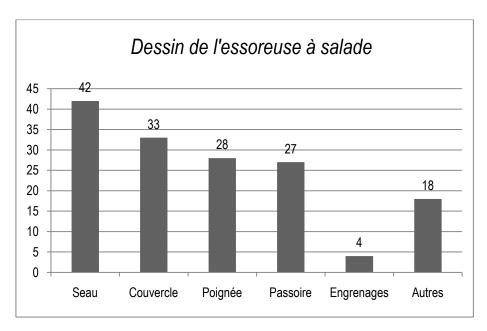


Figure 17 – Eléments modélisés par les élèves pour l'essoreuse à salade (Question 2)

La première constatation est que le seau, le couvercle et la poignée apparaissent dans les dessins des élèves alors que la consigne demande uniquement de représenter l'intérieur de l'essoreuse. Le seau, le couvercle et la poignée sont représentés respectivement par 69 %, 54 % et 46 % des élèves.

Les éléments intérieurs sont peu dessinés : la passoire est un élément pris en compte par les élèves (44%) mais le système d'engrenages n'apparait que sur 6% des copies.

Près d'un tiers des élèves essaie cependant d'imaginer un mécanisme interne. Il s'agit alors de robot électrique, de mixeur, d'hélice, de lame, de pierre qui aplatit la salade, de plateau tournant, voir même de tourne broche dont le l'aspect opérationnel n'est pas prévisible par le dessin.

Les élèves semblent se focaliser sur la partie visible de l'objet (le récipient, le couvercle et la manivelle). Probablement n'en n'ont-ils jamais soulevé et retourné le couvercle car ils auraient vu soit deux roues dentées soit une ficelle permettant de faire tourner le panier à l'intérieur. Pour expliquer la présence assez rare de la légende (alors qu'elle est demandée dans la consigne), il est aussi possible d'envisager qu'il n'est pas naturel pour les élèves d'associer dessin et français ou encore qu'ils estiment que le dessin se suffit à lui-même.

#### Question 3 : Observe attentivement les situations suivantes :



Dans chacune de ces situations, la personne, ou l'objet (visible ou invisible) exerce une force. Voici quelques pistes pour définir ce qu'est une force :

- → Que va faire le pied du footballeur ? Que va faire la balle après son choc ?
- → Que va faire le tennisman ? Que va faire la balle de tennis après son choc ?
- → Que fait la main? Quelle est la conséquence sur la pâte à pain?

A partir des réponses aux trois questions, construis une définition générale de ce qu'est une force.

La dernière question traite du concept de force. Ce concept étant difficile à appréhender, trois situations ainsi que quelques questions s'y rapportant, ont été proposées aux élèves. Sur cette base, l'élève doit construire sa propre représentation :

Certaines réponses à cette question sont surprenantes, d'autres logiques et d'autres intéressantes.

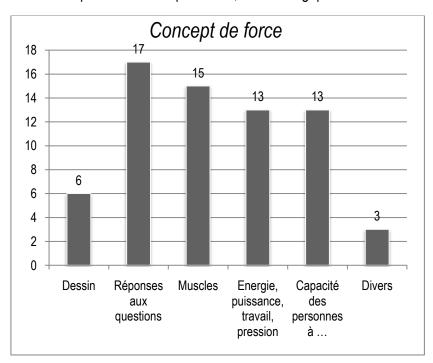


Figure 18 - Eléments de définition de force proposés par les élèves à la question 3

Les réponses d'un tiers des élèves sont surprenantes et démontrent qu'ils une mauvaise compréhension de la question. Alors que chaque photographie, ainsi que les questions qui lui sont associées, était donnée aux élèves pour les aider à se construire une définition générale, ceux-ci ont répondu à chacune de ces questions mais n'ont pas donné de définition générale de ce que représente pour eux le mot « force ».

Un quart des élèves (24,5 %) fournissent une réponse logique à la question 3. Ils associent le mot « force » à l'utilisation des muscles, à notre propre force musculaire. Cette association est tout à fait logique car elle fait référence à notre quotidien (actions dans la vie et vocabulaire courant) et est en accord avec les situations proposées dans le test. Pour un autre quart des élèves, l'association est plus subtile, ces élèves réfléchissent en terme de « capacité des personnes », « faire quelque chose ».

La plupart des réponses des élèves sont intéressantes dans le sens où elles font référence à un vocabulaire employé par les adultes et entendu par les enfants. Il s'agit d'« énergie », de « travail », « puissance », « pression », … tout un vocabulaire qui, parfois (plus particulièrement le terme de travail), n'a pas le même sens dans le langage quotidien et dans le langage scientifique. Enfin, certains élèves utilisent le mode du dessin pour définir le concept de force et d'autres encore emploient des expressions comme « ce que ça va faire à la fin » (le résultat de l'action), « ce qui pousse », « ce qui envoie » (définissent l'acteur de la situation).

La première explication qui vient à l'esprit en examinant les différents classements de réponses des élèves est que la consigne n'était peut-être pas énoncée de manière suffisamment claire. Ce que l'on attendait des élèves n'était pas qu'ils répondent aux questions mais qu'à partir des réponses aux questions posées, ils bâtissent leur propre définition du concept de force. Une deuxième explication, qui justifie cette fois le score important de la réponse « muscle », est que chaque photo fait appel à une action de l'homme. Il est donc naturel que les élèves aient mentionné un exemple de force : la force musculaire pour définir le concept étudié.

## 2.1.2. Conclusion

L'analyse des préconceptions des élèves a offert des pistes pour la suite de la recherche. Si les grands objectifs de la valise étaient déjà établis à l'époque de ces tests, les réactions des élèves ont permis d'améliorer un certain nombre de fiches d'aide.

Ainsi, des fiches insistant sur la façon de tenir correctement l'outil sont apparues, dans la rubrique levier. Plusieurs fiches de prolongement pour les engrenages ont été également construites, l'une d'elles reprend notamment le détail du couvercle de l'essoreuse à salade. Espérant accroître la curiosité des élèves pour des objets déjà construits, de nouveaux montages à imaginer et à construire sont proposés. Les fiches concepts ont, elles aussi, été revues : l'une d'elles aborde le concept de force et une autre met au clair la différence entre les concepts de masse et de poids. Le lexique destiné au maître a aussi été retravaillé, clarifiant des notions telles que *travail*, énergie ou puissance et offrant la possibilité à l'enseignant de mettre en exergue ces termes correctement choisis et d'attirer l'attention des élèves sur le sens différent que peuvent revêtir ces mots en fonction de la situation rencontrée.

Etant donné les difficultés que les élèves ont éprouvées dans la question concernant les leviers et la manière de tenir ceux-ci, une question similaire (ouverture d'un pot de peinture à l'aide d'un outil) a été ajoutée aux pré et postest.

## 2.2. Analyse du test proposé aux élèves

## <u>Introduction</u>

L'efficacité d'un outil se mesure dans la progression des résultats et l'amélioration de l'apprentissage qu'il permet lorsque les élèves l'utilisent. Afin de la mesurer, des données doivent être collectées et analysées permettant ainsi d'évaluer l'efficacité de la valise pédagogique Mécanithèque.

Dans le cadre de cette étude, la méthodologie s'est basée sur deux phases de tests qui mesurent les niveaux d'acquisition de compétences avant et après expérimentation (utilisation de la valise pédagogique Mécanithèque). Le but est de vérifier si les outils proposés dans la valise pédagogique améliorent l'apprentissage des élèves. Plusieurs étapes structurent l'analyse : une comparaison de scores globaux entre le prétest et le postest et une comparaison axée sur le développement de compétences - basées sur les questions des tests. Une comparaison des résultats des élèves regroupés par établissement scolaire a également été réalisée permettant d'identifier l'existence ou non d'un effet école et de constater si l'échantillon aléatoirement constitué forme un groupe homogène ou hétérogène en matière de résultats.

La première étape de l'analyse consiste à mesurer le niveau initial de l'échantillon et à vérifier si l'échantillon, constitué de manière aléatoire, forme un groupe homogène ou hétérogène en matière de résultats. Pour ce faire, les résultats des écoles sont comparés entre eux, permettant de statuer sur un éventuel effet « école » en posant la question de savoir si les sujets démarrent l'expérimentation avec des niveaux statistiquement comparables. Une analyse de variance ANOVA a été utilisée, elle permet de comparer globalement plusieurs moyennes entre elles et de déterminer s'il existe des différences significatives. On associe à l'analyse de variance des tests post-hoc (le Least Significant Difference) dans ce cas-ci) car ils permettent de préciser quelles sont les différences de moyennes significatives.

La deuxième partie de l'analyse consiste à comparer les scores globaux entre les deux tests de manière à fournir une idée générale de la progression des élèves suite à l'utilisation de la Mécanithèque. Le test t de Student (pour échantillons appariés) a été utilisé afin de comparer les moyennes des résultats aux deux tests entre elles et d'estimer alors s'il existe des différences entre le prétest et le postest. Trois indicateurs sont systématiquement utilisés pour ce type de comparaison.

- Les différences de moyenne : une augmentation des scores représente un indicateur d'amélioration de l'apprentissage.
- Les écarts-type : une diminution de la dispersion des résultats au postest (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. Associé 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 prétest et le postest : une forte corrélation signifie que le lien entre les deux tests est important, c'est-à-dire que les scores faibles au prétest demeurent faibles au postest, une certaine hiérarchie entre élèves faibles et élèves forts étant maintenue.

La troisième partie de l'analyse suit la même logique que celle de l'organisation des tests. Les scores des élèves sont analysés question par question ou dans certains cas, groupe de question par groupe de question. L'objectif principal est de mesurer la progression des résultats des élèves ayant participé au prétest et au postest et 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). En effet, en fonction du type de questions, le codage des réponses s'est effectué de deux manières : pour les questions nécessitant une production (dessin) des élèves, c'est la présence ou l'absence d'éléments clés qui a été utilisée et pour les autres questions, le critère « correct » ou « incorrect » a été retenu.

Au niveau statistique, trois techniques sont utilisées pour cette troisième partie de l'analyse :

- le calcul de fréquences permettant de comparer les différents types de réponse pour chaque question (par exemple, la proportion d'élèves ayant fourni une réponse correcte mais dont la justification est incorrecte) au prétest et au postest;
- le test t de Student (pour échantillons appariés) qui permet la comparaison des moyennes entre elles et de statuer s'il y a des différences significatives entre les résultats aux deux tests;
- Le test de McNemar pour échantillons appariés a été utilisé pour les questions dont le codage est dichotomique (1 = correct, 0 = incorrect). Ce test d'homogénéité analyse la distribution des données et permet de vérifier si les résultats sont significativement différents entre les deux tests.

## 2.2.1. Mise en évidence de l'efficacité

Un score global calculé sur la base des huit premières questions a été réalisé pour chaque test. Les questions de représentation n'ont pas été prise en compte car elles ont fait l'objet d'un codage et d'une analyse différente et qu'il est difficile d'apprécier l'évolution positive si ce n'est avec une amélioration de la qualité du dessin (analyse réalisée ultérieurement).

L'efficacité de la valise a été estimée en considérant trois paramètres : la moyenne, la dispersion des résultats avant et après utilisation de la Mécanithèque et la corrélation entre les scores prétests et postest. Pour qu'un outil soit efficace, il doit contribuer à améliorer les résultats (augmentation de la moyenne) de tous les élèves (diminution de l'écart-type au postest) quels que soient leurs résultats de départ (faible corrélation entre scores au prétest et au postest).

La progression des résultats pour les huit premières questions - observée à l'aide d'un test t de Student pour échantillons appariés - est positive entre le prétest (56,27 %) et le postest (70,70 %), on constate une augmentation de 14,43 points. Cette différence de résultats est significative (p < 0,05). L'écart-type se réduit de 5,381 points (18,648 au prétest → 13,267 au postest) et la corrélation entre les deux tests est très faible (indice de corrélation de 0,165). En considérant les trois paramètres cités ci-dessus, on peut donc considérer que la progression des élèves est positive et que l'outil est efficace sur la démarche d'apprentissage des élèves. L'analyse qui suit, question par question, va permettre d'affiner ce constat et d'observer dans quelle mesure les élèves ont progressé entre les deux tests.

## 2.2.2. Focus sur les questions du test

Dans cette partie, les résultats des élèves sont analysés question par question. A chaque fois, un extrait du test rappelant l'intitulé de la question est inséré. La progression des résultats entre le prétest et le postest est examinée en termes de précision de rédaction de l'élève, qualité des représentations, type de réponses privilégié...

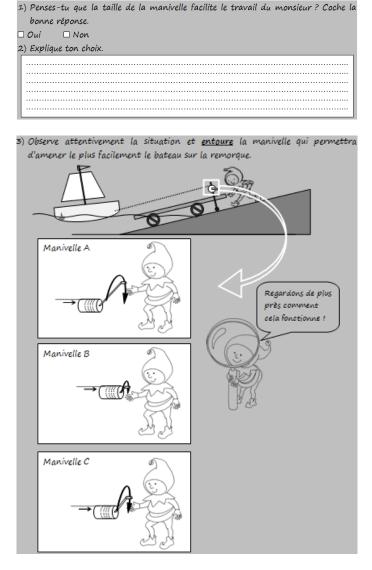


Figure 19 - Trois premières questions du test

Les trois premières questions du test portent sur l'utilisation d'un treuil, on interroge l'élève sur la taille de la manivelle du treuil et sur l'influence de celle-ci lors de son utilisation. Dans un premier temps, l'élève doit prendre position, ensuite expliquer son choix et enfin, appliquer son résonnement à trois situations schématisées en choisissant la plus pertinente. Au travers de ces trois questions, l'objectif est d'observer si la logique adoptée par l'élève lors de la question 1 se confirme lorsqu'on lui demande d'expliquer son raisonnement et de l'appliquer à une situation schématisée.

Le tableau suivant reprend les différentes possibilités de réponses : soit l'élève répond correctement à la question 1 (oui – non) mais ne parvient pas à justifier son choix et ne choisit pas le bon dessin, soit l'élève répond et justifie correctement mais choisit un dessin incorrect, soit l'élève répond correctement, fournit une explication cohérente et choisit le bon dessin.

	Prétest			Postest			Drograssian	
	Effectif	%	Total	Effectif	%	Total	Progression	
Rien de correct	37	23,4	23,4	28	17,7	17,7	`\	
Réponse correcte et justification incorrecte	38	24,1		24	15,2		`\	
Réponse et justification correctes	25	15,8		30	19,0		7	
Réponse et schéma corrects	15	9,5	74,1	9	5,7	76,6	<b>&gt;</b>	
Schéma correct (réponse et justification incorrectes)	9	5,7	74,1	6	3,8		`	
Réponse, justification et schéma corrects	30	19,0		52	32,9		7	
Non-réponse	2	1,3	1,3	8	5,1	5,1	7	
Total	158	100	100	158	100	100		

Tableau 6 - Résultats Q1 (Répondre), 2 (Justifier) et 3 (Choisir une situation)

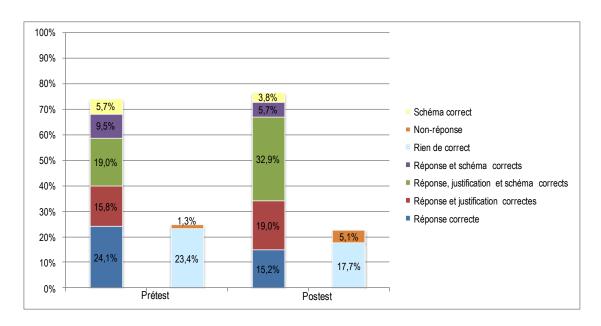


Figure 20 – Proportions de réponses correctes et incorrectes pour les trois premières questions du test

Bien que les résultats soient déjà positifs au prétest, on note globalement une progression de ceux-ci au postest. Les élèves répondent de manière plus complète au postest c'est-à-dire qu'ils parviennent à expliquer leur choix et appliquer leur raisonnement à une situation donnée. En effet, au prétest, la situation la plus fréquente (24,1% des sujets) est une réponse correcte mais la justification apportée n'est pas cohérente avec leur réponse. Dans la plupart des cas, les élèves réaffirment que la taille de la manivelle a une importance, mais ils ne nuancent pas leur réponse - on ne sait pas s'il vaut mieux que la manivelle soit plus petite ou plus grande pour que la tâche soit facilitée. En ce qui concerne le dessin, ils privilégient plutôt une taille intermédiaire de manivelle. Au postest, les élèves sont plus cohérents dans leurs réponses, 32,9 % d'entre eux répondent, justifient et choisissent le dessin adéquat. Et, il y a plus d'élèves qui n'ont pas effectué l'exercice (2 élèves au prétest contre 8 élèves au postest).

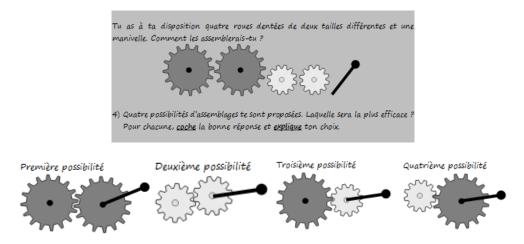


Figure 21 - Quatrième question du test

A la question 4, les élèves doivent choisir parmi quatre engrenages différents celui qui permettra d'effectuer le plus facilement la tâche proposée. Ils sont également invités à justifier leur choix : expliquer les avantages de l'engrenage choisi ainsi que les raisons pour lesquelles les autres propositions n'ont pas été retenues. Au moment du codage, deux engrenages ont été jugés corrects en fonction des justifications des élèves : l'un permet de gagner en effort et l'autre offre à la fois un gain en effort, mais surtout en rapidité.

		Prétest		Postest			Dragrassian
	Effectif	%	Total	Effectif	%	Total	Progression
Rien de correct	75	47,5	47,5	49	31	31	7
Réponse correcte et justification incorrecte	40	25,3	46,2	48	30,4	65,8	7
Réponse et justification correctes	33	20,9		56	35,4		7
Non-réponse	10	6,3	6,3	5	3,2	3,2	`\
Total	158	100	100	158	100	100	

Tableau 7 - Types de réponses fournies à la question 4

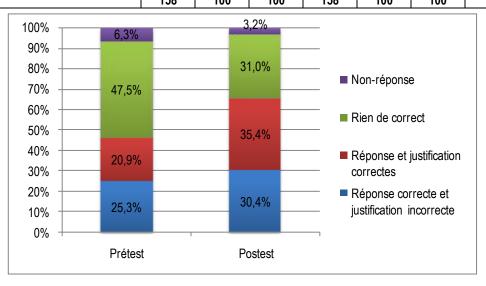
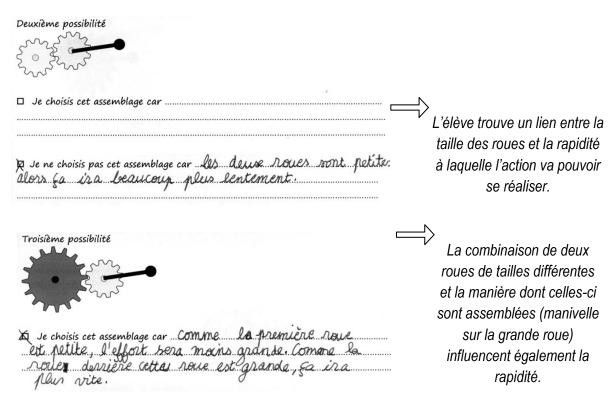


Figure 22 – Comparaison des types de réponses fournies à la question 4

Les résultats au prétest ne sont pas positifs car près de la moitié des élèves (47.5 %) ont choisi un engrenage moins performant. Lorsqu'ils ont choisi le bon engrenage, 20,9% des répondants utilisent une justification imprécise ou incorrecte. Il semble que les élèves répondent de manière intuitive, qu'ils ont déjà rencontré ce type d'assemblage sans l'avoir utilisé. Quand il s'agit de justifier le choix, formuler une phrase d'explication complète est difficile : des formules telles que « ce sera plus facile (plus dur) à tourner » ou « les dents s'emboîtent bien » sont utilisées. Les élèves réaffirment que la combinaison choisie est la plus facile, mais ils n'expliquent pas pourquoi ou les arguments utilisés ne sont pas essentiels (taille des dents, facilité d'imbrication des roues dentées entre elles). La taille des roues, par exemple, n'est pas régulièrement citée. Seulement 20,9% des élèves répondants parviennent à justifier correctement leur réponse.

Au postest, les résultats s'améliorent car 65,8% des répondants répondent correctement et un peu plus de la moitié (53,8 %) d'entre eux justifient de manière cohérente. De plus, les justifications gagnent en précision. Comme le montrent les exemples suivants, la notion d'effort, de proportion ou la taille des roues sont les critères les plus souvent retenus pour justifier le choix.



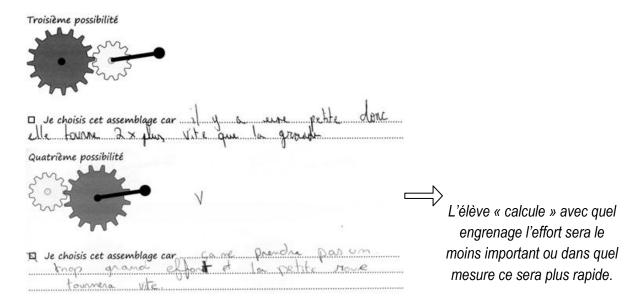


Figure 23 - Exemples de réponses correctes Q4

Le nombre de réponses incorrectes diminue également sensiblement, il passe de 47,5% des répondants à 31 %.

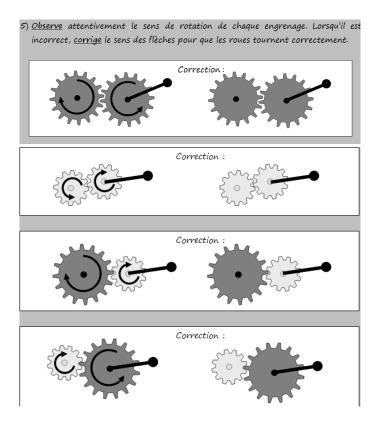


Figure 24 - Cinquième question du test

A l'exercice 5, les élèves doivent vérifier si les engrenages tournent dans le bon sens pour quatre situations et corriger si cela est nécessaire. Les résultats sont globalement très positifs pour cet exercice et s'améliorent au postest. Les différences entre les résultats aux tests sont significatives (test de McNemar) et ne peuvent donc pas être attribuées au hasard. En effet, les deux ateliers sur les engrenages et spécifiquement celui sur la roue de vélo, reproduisent les situations schématisées dans l'exercice. Les élèves montent et démontent à plusieurs reprises la maquette pour comparer les différents tailles d'engrenages et constatent, par eux-mêmes, que les roues ne tournent pas dans le même sens lorsqu'elles forment un engrenage. Les résultats sont toutefois moins positifs pour la troisième combinaison, sans doute parce qu'il s'agit de l'engrenage qui nécessitait une correction.

Tableau 8 - Proportion de réponses correctes, incorrectes et non-réponses pour la question 5 au prétest et au postest

	Prétest				Postest		Niveau de	Progression
	Réponse correcte	Réponse incorrecte	Non- réponse	Réponse correcte	Réponse incorrecte	Non- réponse	signification p < 0,05	des réponses correctes
Engrenage 1	121 (76,6 %)	36 (22,8 %)	1 (0,6 %)	144 (91,1 %)	13 (8,2 %)	1 (0,6 %)	0,000	7
Engrenage 2	122 (77,2 %)	35 (22,2 %)	1 (0,6 %)	144 (91,1 %)	13 (8,2 %)	1 (0,6 %)	0,000	7
Engrenage 3	90 (57 %)	67 (42,4 %)	1 (0,6 %)	113 (71,5 %)	44 (27,8 %)	1 (0,6 %)	0,001	7
Engrenage 4	114 (91,1 %)	43 (27,2 %)	1 (0,6 %)	144 (91,1 %)	13 (8,2 %)	1 (0,6 %)	0,000	7

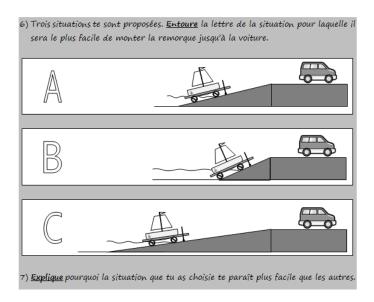


Figure 25 - Sixième et septième question du test

Le plan incliné est la machine simple exploitée aux questions 6 et 7, les élèves sont à nouveau confrontés à une situation qu'ils ont expérimentée. Ils doivent choisir la situation schématique adéquate pour monter le plus facilement possible une remorque sur un plan incliné et justifier leur réponse. Au prétest comme au postest, les élèves n'éprouvent pas de difficulté pour choisir la situation et justifier leur choix. Toutefois, après l'utilisation de la valise, la proportion d'élèves ayant une réponse et une justification correctes augmente (elle passe de  $65.8 \% \rightarrow 82.3 \%$  des élèves répondants) et le nombre d'élèves qui ne parviennent pas à justifier leur choix correct diminue (14,6 % au prétest contre 7 % au postest). Le nombre de mauvaises réponses diminuent également au postest, il passe de 18.4 % des répondants à 7.6 %.

Tableau 9 - Proportion des réponses et justifications correctes fournies aux questions 6 et 7

		Prétest			Poste	Drograssian	
	Effectif	%	Total	Effectif	%	Total	Progression
Réponse correcte et justification incorrecte	23	14,6	80,4	11	7	89,3	,
Réponse et justification correctes	104	65,8		130	82,3		7
Rien de correct	29	18,4	18,4	12	7,6	7,6	Υ .
Non-réponse	2	1,3	1,3	5	3,2	3,2	7
Total	158	100	100	158	100	100	

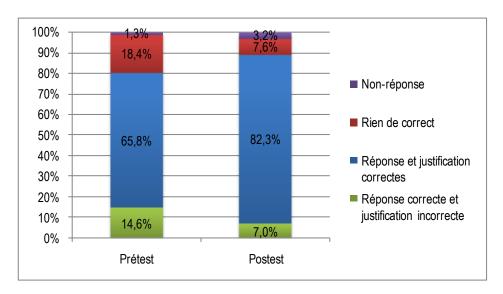


Figure 26 – Comparaison des types de réponses fournies au prétest et au postest pour les questions 6 et 7

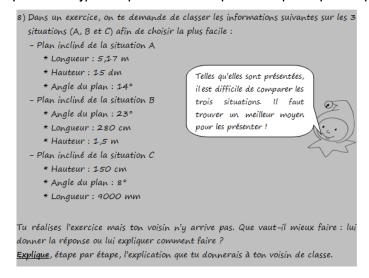


Figure 27 - Huitième question du test

Une situation complexe est décrite dans la question 8 et la consigne est relativement longue : un ensemble de données est fourni à l'élève, celles-ci ne sont pas ordonnées de manière optimale. Il est demandé à l'élève d'expliquer la manière dont il classerait ou transformerait ces données pour les comparer plus facilement. Cette question est sans doute la question la plus difficile du test pour les élèves car elle nécessite la description d'une procédure. Les élèves ne semblent pas habitués à ce genre de question car, lors de la passation des tests, la question 8 est celle qui a suscité le plus de réactions auprès des élèves. De nombreux élèves ont effectué l'exercice (comparer les données) plutôt qu'expliquer la manière dont ils auraient organisé les données de l'exercice.

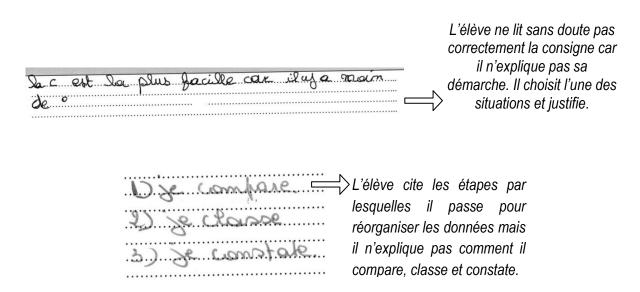


Figure 28 - Exemples de réponses incorrectes ou imprécises Q8

Ce constat peut expliquer les mauvais résultats à cette question aux deux tests. En ce qui concerne les réponses correctes, on retrouve fréquemment les mêmes éléments au pré et au postest : les élèves proposent de regrouper toutes les informations sur la largeur, la longueur ou l'angle du plan. Vient ensuite, la transformation des données en une unité commune suivie de la création d'un tableau à double entrée et le positionnement des données dans un schéma.

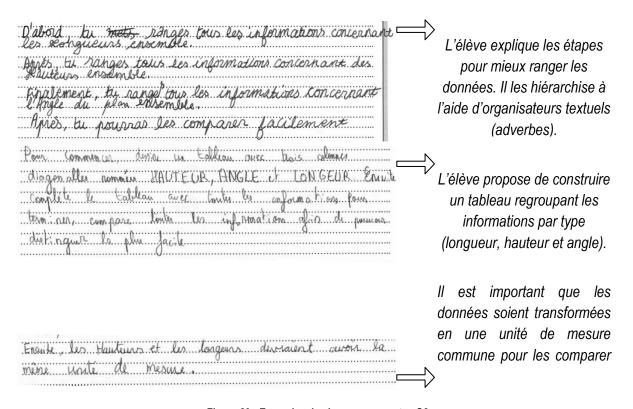
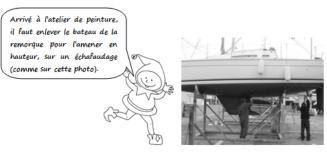


Figure 29 - Exemples de réponses correctes Q8

Nb	Prétest		Poste	est	
d'éléments corrects cités	Effectif	%	Effectif	%	Progression
1	48	30,4	54	34,2	7
2	20	12,7	16	10,1	`
3	1	0,6	1	0,6	$\rightarrow$
Aucun	89	56,3	87	55,1	>
Total	158	100	158	100	

Tableau 10 - Nombre d'éléments corrects cités à la question 8



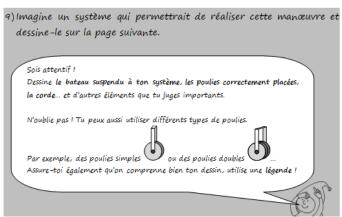


Figure 30 - Neuvième question du test

La question 9 est la première question de représentation du test. Les élèves doivent imaginer et représenter un système permettant de soulever un bateau d'une remorque. Sans qu'elles soient obligatoires, quelques pistes de réponse sont fournies à l'élève telle que la possibilité d'utiliser des poulies dans le système et la nécessité de légender le dessin. Lors du codage, les éléments retenus et considérés comme indispensables sont la présence du bateau, de poulies fixes ou mobiles et de corde. La catégorie « autre » regroupe des éléments tels que des engrenages, un plan incliné, une grue, une manivelle...

Le bateau, les poulies fixes et une corde sont les éléments les plus représentés ensemble dans les dessins des élèves et ce trio est en augmentation au postest. La présence d'un conseil dans la consigne (« Dessine le bateau correctement suspendu à ton système, les poulies correctement placées,

la corde...») permet d'expliquer l'apparition de ces éléments. Une précaution est à prendre quant à ce constat car bien que ces trois éléments soient les plus représentés ensemble dans les productions des élèves, leur score reste faible (29,1 % des répondants au prétest et 46,8 % au postest). Les situations, où un score inférieur à 50 % est obtenu, révèlent que les élèves soit n'ont pas tenu compte des aides et conseils fournis dans le test, soit qu'ils ne parviennent toujours pas à placer correctement ces éléments dans un système si bien qu'ils ne les utilisent pas ou qu'ils n'en voient pas l'utilité. La proportion d'éléments « autres » utilisés dans les dessins des élèves diminuent entre les deux tests, elle passe de 87 élèves (55,1 %) à 58 (36,7 %) sur 158. Dans leur dessin, 63 élèves (39,9 %) ont utilisé une légende au prétest et 78 élèves (49,4%) au postest.

NIE d'élémente représentée	Pré	test	Pos	test	Dragrassian
Nb d'éléments représentés	Effectif	%	Effectif	%	Progression
1	36	22,8	17	10,8	`
2	33	20,9	23	14,6	`
3	47	29,7	74	46,8	7
4	1	0,6	1	0,6	$\rightarrow$
5	4	2,5	19	12	7
	2	1,3	3	1,9	7
Aucun	35	22,2	19	12	`\
Total	158	100	158	100	

Tableau 11 - Nombre d'éléments corrects représentés à la question 9

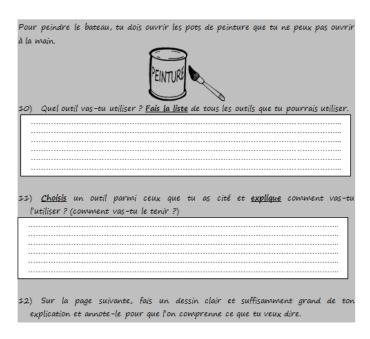


Figure 31 - Question 10, 11 et 12 du test

Les questions 10, 11 et 12 abordent la même situation (quatrième étape de la résolution de la situation problème). Il s'agit d'ouvrir un pot de peinture. Dans un premier temps (question 10), les élèves doivent

lister tous les outils auxquels ils pensent leur permettant d'ouvrir le pot de peinture. Ensuite (question 11), ils choisissent un outil et expliquent la manière dont ils vont procéder et enfin (question 12), ils réalisent un dessin illustrant la procédure décrite à la question précédente.

Si on additionne tous les outils cités par les élèves à la question 10 et qu'on effectue une moyenne pour le prétest et pour le postest, on s'aperçoit qu'il y a une légère progression dans les résultats, mais celleci n'est pas significative (p = 0,067). En effet, on obtient une moyenne de 2,15 au prétest et de 2,34 au postest. Quatre outils ressortent dans l'analyse des outils cités par les élèves : le tournevis, le couteau ou cutter, le pied-de-biche et le marteau. Une catégorie « autre » a été créée rassemblant les outils moins souvent cités ; parmi ceux-ci, on retrouve l'ouvre-boîte, la fourchette, la cuillère...

Au prétest, deux combinaisons d'outils sont privilégiées par les élèves : le couteau et un outil « autre » (22,8 % des répondants) et le tournevis et un outil « autre » (9,5 % des répondants). Viennent ensuite l'association du couteau et du tournevis et d'un outil « autre » pour 8,9 % des élèves répondants. Les résultats sont plus distribués au postest car les combinaisons privilégiées sont le couteau et un outil « autre » pour 12 % des réponses ainsi que le tournevis, le pied-de-biche et le marteau pour 11,4 % des répondants.

Quant au choix d'un seul outil (question 11), le tournevis arrive en tête avec 34,2 % des répondants suivi d'un outil « autre » et du couteau au prétest ; au postest, le pied-de-biche (31,6 %) est l'outil privilégié par les élèves. Le changement d'outil entre le prétest et le postest s'explique par la présence systématique d'un pied-de-biche dans l'atelier sur les leviers (dans la valise pédagogique, un pied-de-biche est fourni et le choix d'autres outils à tester est laissé à l'appréciation de l'enseignant pour arracher un clou d'une poutre en bois).

La procédure d'ouverture du pot de peinture est très peu décrite par les élèves dans la question 11. Les élèves privilégient la réalisation d'un dessin illustratif (question 12). Toutefois, les descriptions varient entre le prétest et le postest. 41 élèves (26 %) mentionnent l'utilisation de la main dans leurs explications au prétest contre 44 élèves (27,9 %) au postest. Parmi eux, au prétest, seulement 5 élèves (3,2 %) précisent qu'il est préférable de placer la main à l'extrémité de l'outil pour réaliser l'action contre 24 élèves (15,2 %) au postest. L'importance de coincer l'outil entre le pot de peinture et son couvercle et d'appuyer vers le bas pour l'ouvrir sont deux éléments qu'on retrouve de manière similaire dans les deux tests (24,1 % des répondants au prétest et 23,4 % au postest pour l'un et 14,5 % répondants au prétest contre 15,2 % au postest). L'action de levier telle qu'elle est observée dans l'atelier de la Mécanithèque est signalée par 2 élèves (1,3 %) au prétest et 11 (7 %) au postest.

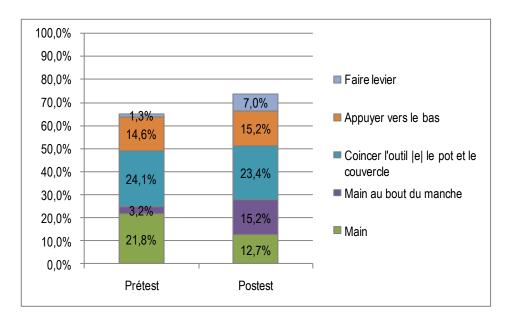


Figure 32 – Comparaison des éléments décrivant une action (ouvrir un pot de peinture) cités au prétest et au postest

Au niveau du dessin de la procédure, le premier constat lorsqu'on compare les résultats au prétest et au postest est le nombre de non-réponses qui croît fortement au postest. Ceci s'explique sans doute du fait qu'il s'agit de la dernière question du questionnaire et aussi que les tests ont été passés en fin d'année pour certains, pendant les jours blancs. Parmi les dessins du postest, on note une amélioration des éléments utilisés dans le dessin. Alors qu'au prétest, la plupart des dessins se limitait au pot et à l'outil. La procédure et la présence de la main dans les dessins s'ajoutent aux éléments les plus représentés avec le pot et l'outil. La compréhension du dessin semble être mieux représentée dans les intentions des élèves au postest.

NIb d'élémente représentée	Préte	est	Poste	est	Drawrasian
Nb d'éléments représentés	Effectif	%	Effectif	%	Progression
1	4	2,6	0	0	<
2	57	46,1	1	0,6	,
3	66	41,7	24	15,2	`
4	12	7,6	24	15,2	7
Aucun	19	12	109	69	`\
Total	158	100	158	100	

Tableau 12 – Nombre d'éléments représentés dans les représentations des élèves (question 12)

Lorsqu'on fait la somme des éléments représentés au prétest et au postest, on constate qu'il y a une augmentation significative (p > 0) des résultats : on passe d'une moyenne de 2,79 éléments significatifs par dessin pour l'ensemble des prétests à 3,48 au postest. Ces résultats démontrent que la qualité et la précision des dessins s'améliorent entre les deux tests. Au cours du dispositif pédagogique de la Mécanithèque, les élèves sont confrontés aux enjeux de précision et de clarté car, lors de la phase de représentation individuelle, les élèves doivent produire une représentation de leur « déjà-là » suffisamment claire et explicite pour qu'elle soit comprise et acceptée par les autres membres du groupe.

#### 2.2.3. Comparaison entre les établissements

Avant de comparer les résultats de l'échantillon, il est important d'examiner sa constitution. Bien que l'échantillon ait été constitué de manière aléatoire, il convient 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 ».

Pour éviter toute stigmatisation d'un établissement scolaire, les écoles sont identifiées par une lettre plutôt que par leur nom. Rappelons que la comparaison des établissements n'a pas pour objectif de réaliser un classement des écoles (ou une hiérarchisation) en fonction des résultats des élèves. La variable « école » créée a pour objectif principal une mise en évidence de sous-groupes, découpant ainsi l'échantillon en plus petits segments et permettant une comparaison entre eux.

Une analyse de variance (ANOVA) entre les écoles a été effectuée pour chaque score global et on observe des résultats significativement différents entre quatre établissements scolaires (p < 0,05). Les tableaux suivants reprennent les résultats respectifs de chaque établissement scolaire, les écarts-type pour l'un (tableau 12) et les différences de moyennes des résultats entre les écoles et le degré de significativité pour l'autre (tableau 13).

Tableau 13 - Résultats au prétest par école

Ecole	N	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Α	14	64,84	16,991	31	92
В	25	60,00	21,066	31	100
С	3	51,28	16,013	38	69
D	15	54,36	16,566	23	85
E	7	42,86	12,449	31	62
F	18	49,57	20,644	8	85
G	29	50,66	17,983	15	77

Tableau 14 - Différence de moyennes des résultats au prétest

	Α	В	С	D	E	F	G
Α		4,835	13,553	10,476	21,978	15,263	14,172
В	-4,835		8,718	5,641	17,143	10,427	9,337
С	-13,553	-8,718		-3,077	8,425	1,709	0,619
D	-10,476	-5,641	3,077		11,502	4,786	3,696
E	-21,978	-17,143	-8,425	-11,502		-6,716	-7,806
F	-15,263	-10,427	-1,709	-4,786	6,716		-1,090
G	-14,172	-9,337	-0,619	-3,696	7,806	1,090	

<sup>\*</sup> La différence moyenne est significative à 0,05

Le tableau 6 présente les différences de moyennes des résultats pour l'ensemble de l'échantillon. Les cases bleutées correspondent aux moyennes significativement différentes (p < 0,05). Les élèves A présentent donc un niveau de performance différent par rapport aux écoles E, F et G qui obtiennent des résultats inférieurs. De même, les élèves de l'école E présentent des résultats significativement inférieurs à l'école B.

Si on compare les résultats entre établissements au postest, on constate que plus d'écoles ont des moyennes de résultats significativement différentes. Le tableau 7 présente les résultats de chaque école et les écarts-type et le tableau 8 reprend les différences de moyennes des résultats entre écoles et le degré de significativité pour l'autre.

Tableau 15 - Résultats au postest par école

Ecole	N	Moyenne	Ecart-type	Minimum	Maximum
Α	14	73,30	14,162	46	100
В	25	76,07	9,135	54	92
С	3	51,92	17,057	31	69
D	15	68,46	13,873	38	100
E	7	52,31	23,958	15	77
F	18	63,19	16,298	31	85
G	29	69,23	14,426	38	100

	Α	В	С	D	Е	F	G
Α		-2,765	21,380	4,842	20,995	10,116	4,072
В	2,765		24,145	7,607	23,761	12,882	6,838
С	-21,380	-24,145		-16,538 <sup>*</sup>	-0,385	-11,264	-17,308
D	-4,842	-7,607	16,538		16,154	5,275	-0,769
E	-20,995	-23,761	0,385	-16,154		-10,879	-16,923
F	-10,116	-12,882	11,264	-5,275	10,879		-6,044
G	-4,072	-6,838	17,308 <sup>*</sup>	0,769	16,923	6,044	

Tableau 16 - Différence de moyennes des résultats au postest

Les cases bleutées représentant les différences de moyennes significatives, on constate que de nombreux établissements présentent des différences. Les écoles C et E obtiennent respectivement des résultats significativement différents de 4 autres écoles : les écoles A, B, C et G. Par ailleurs, les écoles A et B présentent également des résultats différents de l'école F.

Les différences observées au prétest se confirment entre les écoles A, B et l'école E et entre l'école A et F. Par contre, la différence de résultats entre les écoles A et G n'est plus significative. Les figures 18 et 19 permettent de mieux se rendre compte de la différence entre les établissements en termes de moyenne et d'écart-type au prétest et au postest.

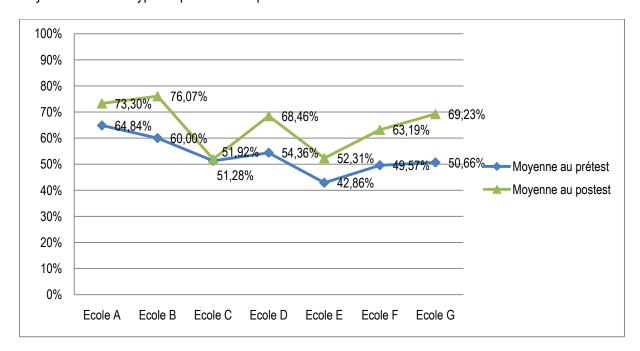


Figure 33 - Moyennes des résultats pour chaque établissement au prétest et au postest

Tous les établissements scolaires améliorent leurs résultats au postest excepté l'école C. Au postest, plus aucune école ne présente de résultats en dessous de 50%, valeur qui est utilisée comme seuil de réussite dans l'enseignement primaire. On constate également que les écoles C et E présentent des résultats inférieurs au postest par rapport aux autres écoles.

<sup>\*</sup> La différence moyenne est significative à 0,05

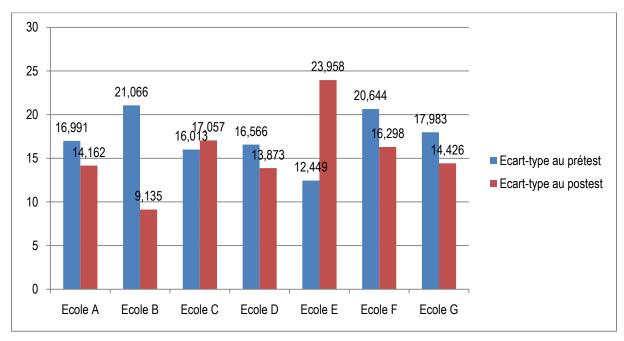


Figure 34 - Ecarts-type des résultats pour chaque établissement au prétest et au postest

En ce qui concerne l'écart-type, la situation la plus favorable pour que la valise pédagogique soit considérée comme efficace serait une diminution de celui-ci au postest pour chaque établissement scolaire accompagnée d'une augmentation de la moyenne des résultats. Le graphique de la figure 19 démontre une augmentation des résultats au postest pour l'ensemble des établissements scolaire. L'écart-type, par contre, ne progresse pas de la même manière entre le prétest et postest pour chaque établissement.

Les écoles B et E présentent les plus grandes variations dans la dispersion des résultats entre le prétest et le postest. La moyenne des résultats s'améliore pour l'école B (meilleurs scores au postest) et son écart-type se réduit considérablement (accompagné d'une amélioration des résultats). L'école E améliore plus raisonnablement ses résultats mais surtout, la dispersion des résultats de ses élèves double pratiquement. En d'autres mots, les élèves de l'école B améliorent leurs résultats et ceux-ci s'homogénéisent tandis que les résultats de l'école E sont plus hétérogènes au postest.

Hormis pour l'école C (augmentation de 1,044 points), toutes les écoles améliorent et homogénéisent leurs résultats.

#### **Discussion**

En vue de tester l'efficacité de la valise pédagogique, un dispositif expérimental a été mis en place mesurant le niveau des élèves avant et après expérimentation. Une tendance générale d'amélioration des résultats se dégagent lorsqu'on se base sur les moyennes des élèves au prétest et au postest.

Le changement d'écart-type fournit également des renseignements importants. Entre le prétest et le postest, l'écart-type se réduit : les élèves obtiennent des résultats plus proches de la moyenne générale et les scores extrêmes sont plus rares. Les scores au postest sont plus homogènes. Les différences

entre apprenants s'amoindrissent, l'utilisation des outils fournis dans la valise peut être considérés comme un facteur d'influence.

Le calcul des scores globaux ne tient pas compte de la capacité des élèves à représenter une situation. Lorsqu'on compare les productions des élèves au prétest et au postest, on note une amélioration de la qualité des dessins c'est-à-dire que le nombre d'éléments clés représentés augmente et on compte plus de dessins illustrant la réalisation d'une action. Au prétest, les dessins présentent déjà des éléments clés tels que, par exemple, des poulies dans un système de levage mais ils sont souvent juxtaposés les uns à côté des autres. L'intention de décrire une situation en mouvement apparaît plus nettement au postest. Cette amélioration en termes de précision de la représentation démontre l'importance que la valise accorde aux phases de manipulation. Au cours des ateliers, les élèves fonctionnent par essaierreur, utilisent le matériel et constatent d'eux-mêmes la mise en action des éléments retrouvés dans les dessins des élèves au postest.

La plupart de ces interprétations se basent sur une analyse globale des tests. Lorsque l'on s'intéresse au parcours des établissements scolaires, on constate qu'il y a également une progression des résultats dans chaque école mais elle n'est pas si nette partout. Les enseignants des établissements présentant des performances moins grandes ont répondu au questionnaire sur la valise pédagogique. On se rend compte qu'ils suggèrent quelques approfondissements méthodologiques et améliorations des outils proposés dans la valise. La partie qui suit apporte des informations plus complètes à ce propos.

En ce qui concerne le développement de chaque compétence, on s'aperçoit que les résultats sont globalement positifs pour l'ensemble des compétences. 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 semble se confirmer.

#### 2.3. Analyse du questionnaire proposé aux enseignants

## Introduction

Les enseignants ayant mis à l'épreuve la valise *Mécanithèque*, ont été invités à répondre à un questionnaire les interrogeant sur différents aspects de la valise : présentation générale, méthodologie, faisabilité en classe, contenu théorique, ... Parmi ces enseignants, sept ont complété le questionnaire.

Ce retour a été précieux car il a permis d'améliorer sensiblement la méthodologie proposée ainsi que les documents déjà existants. L'analyse qui suit reprend l'essentiel des informations fournies par les formulaires de réponses complétés par les enseignants. Afin de rendre sa lecture plus simple, les sept enseignants ont été identifiés par des numéros allant de 1 à 7. Dans un souci d'honnêteté, les commentaires des enseignants, qu'ils soient positifs ou négatifs, non jamais été interprétés mais ont été retranscrits, tels quels, entre guillemets. Tout comme pour les questionnaires répertoriant les préconceptions des élèves, il faut être prudent quant aux conclusions à tirer.

## 2.3.1. Présentation des classes et périodes de passation

Les sept enseignants qui ont répondu au questionnaire ont été identifiés par des numéros allant de 1 à 7. Le tableau ci-dessous reprend deux caractéristiques (année scolaire et nombre d'élèves par classe) des classes de ces enseignants ainsi que la période pendant laquelle s'est déroulée l'expérimentation :

Tableau 17 - Description du profil des enseignants

Enseignants	Élèves (âge)	Elèves (nombre)	Période de l'année pendant laquelle s'est déroulée l'expérimentation
1	6e	26	Prétest : mars Expérimentation : avril Postest : avril
2	6 <sup>e</sup>	17	Pré test : mars Expérimentation : avril Post test : avril
3	6e	20	Pré test : mars Expérimentation : mars Post test : avril
4	5º et 6º	15	Pré test : mars Expérimentation : mars Post test : mars
5	6e	20	Pré test : mars Expérimentation : avril-mai Post test : mai
6	6e	20	Prétest : février Expérimentation : mars Postest : avril
7	4e 5e 6e	14	Demi-journées parmi les jours blancs

La majorité des enseignants a exploité la valise pendant la période allant de mars à mai. La dernière enseignante a, quant à elle, travaillé dans des conditions un peu particulières : l'expérimentation a été réalisée pendant les jours blancs de fin d'année et, l'expérience n'a duré qu'une demi-journée dans cette classe. Il est bon de savoir que, vu leurs jeunes âges (première année d'enseignant), mais aussi afin de profiter d'un maximum d'informations pragmatiques sur le terrain, il a été décidé d'accompagner deux enseignantes (3 et 7) lors de l'exploitation de la valise en classe.

#### 2.3.2. Le questionnaire

### 2.3.2.1. Les questions d'ordre général

## 2.3.2.1.1.Les thématiques utilisées par les enseignants

Tableau 18 - Proportion de l'exploitation des ateliers en classe

Enseignants	Poulies	Plan incliné	Leviers	Engrenages- cabane	Engrenages- vélo	
1	<b>√</b>	<b>✓</b>	✓	✓	✓	
2	✓	✓	✓	✓		
3	✓	✓	✓	✓	✓	
4	✓	✓	✓	✓	✓	
5		✓	✓	✓		
6	✓	✓	✓	✓		
7	✓		✓	✓		

Il est important de signaler que le symbole ✓ signifie qu'au moins un groupe a effectué l'atelier thématique lors de l'exploitation de la valise en classe. Ce tableau permet aussi de constater que toutes les classes n'ont pas réalisé tous les défis, par exemple le défi engrenages sur le principe du changement de vitesses du vélo n'a pas été réalisé dans les classes 2, 5, 6 et 7.

## 2.3.2.1.2.Le découpage du temps

Tableau 19 - Timing de classe

Dácouna dos momento	Enseignants								
Découpe des moments	1	2	3	4	5	6	7		
Annonce du défi	20 min	10 min		5 min	15 min	10 min	10 min		
Schéma individuel	5 min	25 min		10 min	15 min	30 min	20 min		
Formation des groupes		5 min		5 min	2 min	15 min	5 min		
Présentation de l'outil		10 min	50 min	5 min	15 min	15 min	10 min		
Découverte du matériel	50 min	5 min	30 111111	10 min	5 min	15 min	10 min		
Manipulations	4 x 2 x 50 min	30 min	4 x50 min	45 min	5x2 x50	50 min	60 min		
Synthèse	2 x 50 min	10 min	2 x50 min	20 min	min	50 min	20 min		
Total (périodes)	11	2	7	3	11	3	2		

Le temps consacré aux « préparatifs » (annonce du défi, formation des groupes, présentation de l'outil) varie entre 35 et 85 minutes.

La phase de manipulation proprement dite a été étalée sur des temps très variables d'un enseignant à un autre. Les durées minimales (30, 45 ou 50 min) s'expliquent par le fait que les enseignants n'ont proposé qu'un seul atelier à leurs élèves (différents ateliers pour la classe mais parfois un seul par groupe) et que donc les groupes d'élèves ne sont pas passés d'un atelier à un autre. Pour l'une des enseignantes que nous avons accompagnée (3), une période moyenne de 40 min a été nécessaire pour chaque atelier. Deux autres enseignantes ont consacré deux périodes de 50 minutes à chaque atelier. L'une de ces deux enseignantes a utilisé la valise durant une période relativement « creuse », (tout de suite après la présentation de la valise au mois de mars) et reconnaît avoir eu tout le temps

nécessaire à une bonne exploitation. La deuxième enseignante a exploité la valise afin d'enrichir un projet déjà en construction dans la classe depuis le début de l'année : « les chefs-d'œuvre de Freinet ».

Le temps consacré aux synthèses a varié dans les mêmes proportions. Les élèves des classes 2, 4 et 6 ont réalisé la synthèse assez rapidement (10 à 50 min). Le peu de temps consacré à cette phase peut paraître paradoxal pour les classes dans lesquelles les élèves ne passaient pas par tous les ateliers. Dans ce cas de figure, les élèves se basaient sur la présentation des autres groupes pour découvrir les ateliers et principes inhérents à la thématique abordée. Les autres enseignants ont passé avec leurs élèves deux périodes pour structurer les idées des élèves et construire une synthèse.

## 2.3.2.1.3.Les conditions de travail en classe

## → Les élèves ont-ils travaillé dans le local habituel ? Si non, pourquoi ?

Tous les enseignants ont travaillé dans leur local habituel soit parce qu'il était suffisamment grand, soit pour que les élèves restent dans une ambiance de travail connue. Une seule enseignante, n'ayant pas pu répondre au questionnaire, qui enseigne à des élèves de 5ème et 6ème années a pu scinder sa classe en deux groupes et aller dans un autre local pendant qu'une collègue s'occupait de l'autre moitié de la classe.

## → La disposition habituelle des bancs a-t-elle été modifiée ? Pourquoi ?

Trois enseignants ont modifié la disposition des meubles (tables et chaises) pour pouvoir créer des groupes de 4 à 5 élèves. Les quatre autres enseignants avaient déjà l'habitude de disposer les bancs en petits groupes.

#### → Est-ce que des améliorations pourraient être apportées ? Lesquelles ?

Deux enseignants aimeraient travailler dans un local plus grand comme le réfectoire pour que les élèves ne se gênent pas mutuellement lors des déplacements. Une autre enseignante propose d'aménager des « *alcôves* » ou de disposer des paravents entre groupes pour isoler les espaces de chaque groupe des autres. Enfin, un enseignant trouve que l'idéal serait de travailler en atelier avec un adulte par groupe car pour lui, un enseignant pour 5 ateliers est impossible à gérer. Cet enseignant a d'ailleurs partagé ses élèves en deux groupes : l'un des groupes travaillait avec la valise pendant que l'autre moitié de la classe travaillait de manière « plus classique ».

# → Combien groupes ont été formés dans la classe ? Combien y avait-il d'élèves dans chaque groupe ?

Les classes comptaient environ 20 élèves et la répartition a été de 5 groupes de 4 ou 5 élèves.

## → Les manipulations se sont-elles faites dans de bonnes conditions (calme, respect de l'autre,...) ? Est-il possible d'améliorer ces conditions ? Si oui, comment ?

D'une manière générale, la réponse est positive. Les enseignants signalent que les élèves ont apprécié cette façon de travailler. Cependant, le travail n'est de qualité qu'en insistant sur l'importance des consignes à respecter et sur les limites à imposer. Un enseignant reconnaît que la première période a été assez bruyante, les élèves découvraient les expériences mais que « par la suite, le calme est revenu et que les élèves parvenaient à discuter tout en manipulant. ».

#### → Les groupes d'élèves sont-ils passés successivement par tous les ateliers ? Pourquoi ?

La moitié des enseignants reconnaît ne pas avoir pu, souvent à cause du manque de temps, faire tourner tous les groupes d'élèves dans tous les ateliers. Une seule enseignante a réellement fait tourner tous les ateliers dans tous les groupes. Les groupes ont, en moyenne, relevé quatre défis sur cinq. D'autres enseignants précisent que certains ateliers ont été réalisés en petits groupes alors que d'autres par la classe entière. Une enseignante n'a pas du tout fait tourner les groupes, chaque groupe a eu son défi à relever et le défi *engrenages-vélo* qui fut relevé collectivement.

## 2.3.2.1.4.L'aspect relationnel

## → Quel(s) sont les point(s) positif(s) ou négatif(s) dégagés (en tant qu'enseignants)?

Les avantages de cette façon travailler relèvent de l'implication réelle des élèves : « Chaque enfant a pu proposer ses idées, la manipulation a permis à certains élèves de s'impliquer plus qu'à l'habitude » et des échanges entre pairs : « Les élèves aiment travailler en gr classe. La manipulation est très enrichissante pour tous. Permet d'échanger des idées, des infos » « L'expérimentation et l'entraide pour parvenir à un résultat commun. ». L'attrait de la nouveauté est aussi souligné : « Les élèves sont placés dans une situation nouvelle, très fonctionnelle. Ils ont beaucoup apprécié et ont très souvent réclamé de poursuivre les ateliers. » Les enseignants découvrent certains de leurs élèves sous un nouveau jour, avec de nouvelles compétences : « Voir que certains élèves sont plus motivés pour ce genre de choses et assez adroits de leurs mains. ». Deux enseignantes reconnaissent l'intérêt de l'expérimentation : « Certains élèves cherchent, sont intéressés, posent des questions. Ils ont retenu beaucoup de choses, uniquement en manipulant cela s'est vu lors de la synthèse. Ils étaient attentifs, savaient répondre aux questions. » ; « Le plaisir de chercher par la manipulation. »

Les inconvénients semblent moins nombreux, mais présents. Le premier point faible, qui était prévisible, est que tous les élèves ne réagissent pas de la même manière : « Beaucoup de découragement pour certains, plus envie de travailler et donc bavardages. » ou encore « Certains se « laissent vivre » et attendent que les autres trouvent ou au contraire, d'autres sont un peu envahissants. ». Le second est d'ordre organisationnel : « Le bruit, les disputes, le stress de perdre du matériel. », « Cela prend énormément de temps (+/- 10h de cours). », dans une autre classe encore, la fin de l'année approchant, l'enseignante a dû enchainer les séances pour terminer le projet : « Trop de périodes en peu de temps donc se sont lassés. ». Enfin une autre enseignante (classe de 4e, 5e, et 6e années confondues) a constaté que ses élèves ont eu des « Difficultés dans la gestion des fiches d'aide. »

## 2.3.2.1.5.<u>La synthèse</u>

## → Est-ce qu'une synthèse a été réalisée ? Comment a-t-elle été construite ? Comment était-elle présentée ?

Les sept enseignants ont réalisé une synthèse avec leurs élèves. Trois classes ont réalisé la synthèse oralement, les quatre autres classes l'ont réalisée par écrit.

Les synthèses ont été construites suivant trois logiques différentes. Suivant la première logique, « Chacun a présenté son atelier, sa réalisation et sa « conclusion » (chaque groupe n'ayant fait qu'un seul atelier), suivant la seconde : «Je (l'enseignante) posais une question, ils répondaient, on notait » (chaque groupe été passé par tous les ateliers), et enfin suivant la troisième logique : « Etant donné qu'ils (les élèves) ont écrit une synthèse personnelle dans leur carnet de bord, j'ai repris la même structure pour la synthèse finale. ».

## → Quelle était la participation des élèves dans sa construction?

La synthèse a été construite soit à partir des constations notées en classe : « C'est à partir de ce qu'ils ont noté dans leur carnet que la synthèse a été conçue. », « Ce sont les élèves qui ont présenté leurs constatations et je leur ai demandé de mettre sur papier les éléments qui leur semblent importants à retenir. » soit en manipulant à nouveau : « Ils ont manipulé à nouveau le matériel collectivement, ils ont expliqué ce qu'ils avaient découvert. »

## → Quelles notions essentielles devraient, selon vous, y figurer?

Les notions que certains enseignants voulaient voir figurer dans la synthèse sont de l'ordre du détail comme « Sens de rotation des engrenages », « Les différents types de leviers », « L'intérêt du plan incliné » ou plus globales « L'explication de chaque principe, une illustration, des exemples et la notion de compromis ». Une enseignante propose de joindre des photographies des maquettes dans la synthèse : « Les différentes notions physiques avec leurs explications sans pour autant pousser trop loin dans un premier temps. Insister sur les schémas et, pourquoi pas y insérer des photos réalisées par les enfants. ».

Grâce aux appréciations des enseignants concernant les notions que semblent avoir acquises les élèves, il est possible d'estimer (tableaux 25 à 34) dans quelle mesure ceux-ci sont parvenus à prendre un peu de recul, à avoir une vue d'ensemble des ateliers, ou quelles sont les notions retenues lors de ces ateliers.

## 2.3.2.1.6. Et si c'était à refaire ?

## → Seriez-vous susceptible de participer à nouveau à une recherche de ce type ?

Tous sont unanimes, la réponse est : « oui ».

## → Que changeriez-vous ?

Pour améliorer le travail en classe, les propositions visent uniquement l'organisation. Deux enseignants consacreraient d'avantage de temps au projet afin que chaque élève puisse réellement manipuler : « Je (l'enseignante) trouve que chaque enfant doit pouvoir réaliser les expériences ». Par contre, un troisième enseignant reconnait qu'il changerait (mais ne dit pas comment) « Le travail en classe avec les élèves. Celui-ci prend trop de temps et le temps nous est compté. ». Une enseignante partagerait sa classe en deux sous-groupes (l'un des deux expérimenterait pendant que l'autre travaillerait de manière plus classique : exercices de math, ...). Une autre se propose de « Faire acheter du matériel supplémentaire afin de pouvoir exploiter en plus petits groupes tous ensemble » et de « Commencer plus tôt dans l'année afin d'exploiter un atelier en profondeur à la fois. ». L'enseignante ayant des élèves de 4e, 5e et 6e années imagine qu'elle pourrait « Préparer les élèves à ce genre d'outils afin qu'ils soient le plus autonomes possible » et voudrait palier aux « Difficultés de synthétiser 3 ateliers alors que les groupes en ont réalisé un seul. »

## 2.3.2.2. La valise (farde - grille d'autodiagnostic - fiches d'aide - lexique - annexes et matériel)

## → Sa présentation et sa facilité d'utilisation

La valise dans son ensemble séduit tous les enseignants ayant répondu à ce questionnaire. Voici reproduit textuellement leurs commentaires : «Contenu vraiment très complet, présentation très agréable et facilement compréhensible » ; « Tout le matériel est fourni et expliqué dans la farde, ce qui facilite son utilisation La partie théorique pour l'enseignant est très utile. » ou encore « Impeccable ». Une enseignante met un bémol sur le matériel de manipulation : « Assez facile à déplacer sauf les planches assez imposantes ».

#### → Les suggestions pour l'améliorer

Une enseignante demande de « détailler un peu plus la manière de présenter le défi au départ afin de ne « pas trop en dire » mais quand même suffisamment ». La présentation de la méthodologie a été complétée dans ce sens dans le dossier destiné à l'enseignant.

#### 2.3.2.2.1.Le dossier de l'enseignant

## → Ce dossier a-t-il permis aux enseignants de découvrir de nouvelles notions ? Lesquelles ?

En exploitant la valise, les enseignants semblent tous avoir découvert au moins une notion exploitable dans leur enseignement de l'éveil scientifique. Il peut s'agir de notions théoriques précises comme celles de *roue motrice* ou *entraînée*, de *gain mécanique*, de *travail* (de compromis entre deux apports) ou même la découverte complète de la matière : « toutes, c'est ma première année d'enseignement »

mais aussi de la manière de travailler en classe : « J'ai pu appréhender la matière d'une manière plus scientifique. ».

## → Faudrait-il ajouter d'autres notions, informations, concepts ? Lesquels ?

Même si tel n'est pas le cas pour l'instant, avec le recul les enseignants souhaiteront probablement des compléments d'informations dans le futur.

#### → Que pensez-vous de sa présentation ? Que pensez-vous de sa facilité d'utilisation ?

Les enseignants ont apprécié la présentation du dossier et plus particulièrement : « J'ai apprécié la structure. La partie « notre quotidien » permet de donner des exemples simples aux enfants et la théorie utilise des mots compris par tous. Elle n'est pas trop longue donc pas ennuyeuse. ». Des commentaires comme « TB » ou « Beaucoup d'informations utiles » sont aussi notés.

## → Les enseignants proposent-ils des suggestions pour l'améliorer ?

Il y a des demandes spécifiques comme « Éclaircir la méthodologie, la mise en place pratique du déroulement » ou « J'ajouterais des exemples complets de la maquette réalisée par l'enfant → où doivent-ils arriver ? » ou encore « J'aurais aimé trouver des exercices d'application (comme ceux qui se trouvent dans le prétest ou le postest. ». La réponse à toutes ces demandes se trouve maintenant dans le dossier de l'enseignant.

## 2.3.2.2.Les grilles d'autodiagnostic

#### → Leur présentation

Les avis sont partagés, la moitié des enseignants disent qu' « Elles sont lisibles » et que leur utilisation n'a « pas posé de problème aux enfants » ; d'autres ont constaté qu'elles sont « Suffisamment lisibles mais un mot d'explication a été nécessaire ». L'autre partie des enseignants émet des restrictions : une enseignante signale qu'elle a eu des soucis dans la duplication de ces fiches « Lorsqu'on les photocopie, certaines questions ne sont presque plus lisibles ? Si on réduit la feuille, les bulles se mélangent et ce n'est plus très clair. ». Pour remédier à ce souci, il est préférable de garder les fiches telles qu'elles sont présentées (en format A3) mais de penser à les plastifier de manière à ce qu'elles soient utilisables sur le long terme.

#### → Les élèves en comprennent-ils l'utilité ?

Mis à part une enseignante qui répond par l'affirmative, les autres pensent que, non, les élèves ne comprennent pas l'utilité de ces fiches. Certains élèves, on s'en doute « préfèrent expérimenter tout de suite. », d'autres passent directement aux fiches d'aide : « Mes élèves ne les ont pas beaucoup utilisées. Ils allaient directement aux fiches d'aide et recherchaient l'information. » ; d'autres encore ont eu du mal à comprendre les symboles figurant sur ces fiches « Non, ils n'ont pas compris les symboles ni où ils devaient aller juste en lisant la grille ».

## → Sont-elles adaptées à l'âge des élèves ?

Malgré les problèmes de lisibilité cités plus haut, la grande majorité des enseignants trouve que ces grilles d'autodiagnostic sont adaptées aux élèves. Une enseignante insiste cependant sur le fait que « les dessins dans les bulles centrales ne parlent pas aux élèves. Ils ne voient pas le rapport avec les questions ».

#### → Les élèves les utilisent-ils ?

Afin de mesurer la fréquence d'utilisation des grilles d'autodiagnostic par les élèves, une l'échelle a été proposée aux enseignants. Les degrés étaient : « les élèves utilisent *couramment*, *parfois*, *jamais* ».

La possibilité « couramment » n'a jamais été cochée ; deux tiers des enseignants ont coché la possibilité « parfois » et un enseignant reconnaît que jamais ses élèves n'ont consulté ces grilles.

Les justifications sont de trois types : les enfants ont une réelle envie de manipuler, essaient d'abord en tâtonnant et ne consultent les fiches que si le défi s'avère impossible à relever. Les élèves n'ont pas non plus l'habitude de travailler de cette façon, cette démarche est nouvelle et peu naturelle. Enfin, les élèves qui ont consulté ces grilles n'en n'ont pas compris les symboles (voir paragraphe précédent). Une enseignante dit : « Les enfants ont eu du mal à l'utiliser, ils ne prenaient pas le temps de l'analyser. ».

## → Suggestions d'amélioration

L'enseignante propose de « Remplacer le dessin par un mot qui parlera plus aux élèves, utiliser une présentation sous forme de grille. ». La solution de remplacer le logo par du texte (un seul mot ne serait probablement pas plus percutant que le logo) n'a pas été retenue car elle alourdirait la présentation, déjà complexe. La proposition qui consisterait à présenter les questions sous la forme d'une grille classique (lignes et colonnes) n'a pas été retenue non plus car lors d'une recherche antérieure il s'est avéré que la lecture qu'en faisaient les élèves était linéaire : les élèves commencent par la première ligne et descendent naturellement d'une ligne à l'autre. Ces deux raisons justifient le fait que la présentation en marguerites a été maintenue mais agrémentée d'une page explicative offrant ainsi une meilleure lecture et l'utilisation plus aisée de la grille.

#### 2.3.2.2.3.Les fiches d'aide et leurs corrections

### → Leur présentation, leur facilité d'utilisation ?

Aucun problème n'est signalé pour ces fiches : « TB », « Tb, La question écrite au-dessus entre les dessins leur permet de choisir la fiche adéquate. Les images les aident beaucoup également. Attention : les astérisques perturbent les élèves. » ; « Présentation claire et lisible ». Une enseignante reconnait que ces fiches l'ont aidée dans la préparation du travail : « Tb. Elles m'ont beaucoup aidée pour faire avancer les enfants. Je m'en suis servie aussi pour les aider dans la construction de la synthèse. ».

Un autre enseignant signale qu'il faudrait « Éviter qu'il y ait 4 fiches n° 1, 4 fiches n° 2 » (la numérotation des fiches recommence à zéro à chaque nouveau défi).

#### → Les élèves en comprennent l'utilité ?

Contrairement à l'utilité des marguerites d'autodiagnostic, celle des fiches d'aide ne pose pas problème particulier. Tous les enseignants ont constaté que leurs élèves, même s'ils ne vont pas spontanément les chercher, les consultaient. Les enseignants justifient cela « *Car ils (les élèves) y trouvent des réponses aux questions qu'ils se posent »*.

Une autre justification nous semble particulièrement intéressante : « Car les thèmes travaillés apportent beaucoup de questions et l'enseignante ne sait pas être partout donc les fiches la remplacent ». Cela tendrait à prouver qu'avec un peu d'entrainement, les élèves pourraient réellement travailler en autonomie avec cet outil.

La deuxième justification importante est la suivante « Au début je leur suggérais régulièrement d'aller voir les fiches. Ils ont compris leur utilité lors de la récolte des infos pour les constats. ». Dans la suite du questionnaire, on comprend que lorsque l'enseignante parle de « constats », elle parle des tableaux de synthèse des mesures. Ces élèves ont donc mesuré certaines grandeurs physiques et essayé d'en tirer des conclusions. Ce qui est très important car l'expérimentation ne s'arrête bien évidemment pas à l'observation mais doit mener autant que possible à certaines conclusions que l'on ne peut tirer qu'après comparaison des mesures obtenues.

## → Sont-elles adaptées à l'âge des élèves ?

La réponse est unanime : oui. Un enseignant précise que « Le vocabulaire est précis et très bien adapté ».

#### → Les élèves les utilisent-ils ?

Comme lors de la comparaison des utilités des marguerites d'autodiagnostic et fiches d'aides, les fréquences d'utilisation sont aussi différentes : les fiches d'aides sont d'avantage consultées que les fiches d'autodiagnostic. Un tiers des enseignants reconnaît que les élèves utilisent les fiches d'aides « couramment » et deux tiers « parfois ». Il faut cependant toujours nuancer le constat : « Il faut leur (aux élèves) rappeler. Ils préfèrent manipuler le matériel (« jouer ») que découvrir sur papier. Je pense aussi que c'est difficile pour eux de jongler entre les manipulations et le papier. Pendant qu'un élève va chercher une fiche, les autres, eux, « jouent » « manipulent » ».

Si certaines fiches sont indispensables « *Ils ont besoin de réponses pour avancer dans la manipulation.* Les fiches sont là pour ça. », leur consultation va d'ailleurs de soi, d'autres, les fiches « concept » restent peu consultées, « *Uniquement lorsqu'ils en ont besoin », « Il y a des fiches qui n'ont jamais été utilisées, notamment celles qui donnent des définitions ».* 

## → Des suggestions pour les améliorer ? D'autres fiches à ajouter ? Des fiches superflues ?

Les avis sont contradictoires certains enseignants ajouteraient de nouvelles fiches de concept « Peutêtre ajouter une fiche vocabulaire pour que les élèves comprennent bien chaque phénomène physique », d'autres supprimeraient certaines fiches concept existantes : « Superflues : théorie : force, masse-poids, objets en équilibre, objets pas en équilibre » ; un enseignant reconnaît même « Trop compliqué pour les élèves de 6ème. Je ne leur ai pas présenté ».

Dans la version finale ces fiches sont toujours présentes. Elles seront bien évidemment proposées aux élèves suivant l'appréciation de l'enseignant.

Une enseignante demande : « Il faudrait une fiche pour montrer la structure à obtenir à la fin des manipulations. ». En réponse à sa demande, une ou plusieurs photographies ainsi que des commentaires, des mises en garde, des suggestions ont été ajoutées dans la partie destinée aux enseignants et cela pour chaque défi (sauf le défi des leviers qui ne le nécessitait pas). Il n'était pas possible de mettre de telles photographies directement dans les fiches d'aide des élèves car cela aurait été équivalent à leur donner la solution du défi. Cependant plusieurs fiches d'aide proposent des pistes aux élèves : notamment une « ossature » pour construire la base de la maquette engrenages-faire tourner la cabane ou encore des idées pour fixer et coupler les poulies.

Au problème de numérotations identiques certains enseignants ont eux-mêmes trouvé la solution : photocopier les grilles et les fiches d'aides de chaque défi sur les feuilles de couleurs différentes (une couleur par défi). Une enseignante classe les fiches de manière très pragmatique : « Je les ai plastifiées et rangées dans une boite particulière de l'atelier. Je les ai photocopiées sur papier couleur ce qui permettait de les classer plus facilement. ».

Un enseignant raconte : « La fiche n°3 « comment présenter les résultats ? » a posé problème aux Es. Elle renvoie automatiquement à 2 autres fiches pour mesurer la longueur. Il serait bon de tout écrire sur la même fiche. ». Il a été décidé de ne pas changer ces fiches « Comment présenter les résultats » car un des objectifs de cette méthodologie est que les élèves apprennent rebondir de questions en questions, à naviguer parmi les informations, les chercher et les utiliser le moment venu.

Deux autres enseignants témoignent : « La fiche « les roues dentées tournent-elles librement ? » (changement de vitesses de la bicyclette) est un peu vide. Les élèves ne vont pas se référer aux fiches proposées ». Comme nous venons de le dire, il s'agit pour les élèves d'un travail constant d'allers et retours et il faut les motiver constamment.

Enfin une enseignante suggère que les fiches de prolongement soient aussi présentées avec les corrections : « Correctif des jumelles (pour aller plus loin) → il serait intéressant que les élèves se corrigent seuls quand ils ont terminé. ». Ces corrections se trouvent maintenant dans le dossier de l'enseignant.

## 2.3.2.2.4.<u>Le lexique</u>

## → Sa présentation ? Sa facilité d'utilisation ?

Le lexique, tel qu'il était proposé, présentait deux problèmes. D'une part, il était mal placé dans la farde (dans les annexes), deux enseignants signalent qu'ils ne l'ont pas trouvé et qu'il est « *Mal placé dans la farde. Je ne l'ai pas exploité* ». D'autre part, il était peu attrayant, uniquement constitué des définitions, et trop long : « *Il est simple à utiliser mais pas tellement attirant. Nous avons plus travaillé avec le dictionnaire.* ». Il a donc, même si le dictionnaire est bien présent dans les classes, été complètement revu (voir paragraphe suivant).

## → Son utilité ? La fréquence de ses consultations ? Des suggestions pour l'améliorer?

Le lexique est utile mais les élèves consultent aussi le dictionnaire de la classe. Une enseignante suggère de le proposer sous un format plus petit et de le mettre au milieu des ateliers. Le lexique initial a donc été complètement retravaillé. Il a été scindé en cinq lexiques plus courts (chaque lexique correspond à un défi différent) et simplifié (chaque lexique reprend uniquement le vocabulaire spécifique au défi correspondant). Les cinq lexiques ont aussi, à chaque fois que possible, été illustrés.

## 2.3.2.2.5.<u>Les annexes</u>

## → Ont-elles été consultées par les enseignants ?

La moitié des enseignants n'a pas attaché d'importance à ces annexes. A leur décharge, il est vrai que le dossier enseignant est assez conséquent; une directrice d'école qui s'est intéressée à l'outil, reconnaît que le travailler de manière complète nécessite beaucoup de temps. L'autre moitié des enseignants reconnaît utilité des annexes mais aussi leur difficulté: « La présentation est simple et claire. Peut-être un peu trop théorique. ».

#### → Les élèves utilisent-ils les annexes ?

Les annexes n'ont pas été proposées aux élèves. Un enseignant dit que « Cette partie est trop théorique pour eux. Ils ont déjà beaucoup de contenu avec les fiches d'aide » de plus il est vrai que les élèves ont déjà suffisamment d'outils (les marguerites d'autodiagnostic, les fiches d'aide et tout le matériel) à gérer. Un enseignant propose d'en supprimer : « Les annexes 4,5 et 6 sont un peu « longues », trop théoriques. Elles ne m'ont pas parues indispensables ». Nous avons cependant fait le choix de laisser ces annexes de manière à proposer un dossier qui soit le plus complet possible.

#### 2.3.2.2.6.Le matériel utilisé par les élèves lors des manipulations

## → Le matériel est-il adapté aux élèves ? Dangereux, suffisamment solide ?

Le matériel peut se diviser en deux catégories distinctes : le matériel destiné à trois défis (levier, poulies et plan incliné) d'une part et le matériel destiné aux deux défis engrenages d'autre part. Le premier ne pose pas de problème : « Le matériel fourni était très bien choisi. Ils (les élèves) ont pu le manipuler sans ma présence directe. ». Le deuxième présente des contraintes : « Les engrenages sont fragiles et peut-être trop petits. ». Nous en étions bien conscients avant de commencer les tests en écoles mais il

s'agit du prix à payer pour que les élèves puissent manipuler un matériel de qualité, sans trop de frottements. Le dynamomètre est aussi fragile et nécessite d'être manipulé avec précaution.

#### → Le matériel est-il en nombre suffisant ?

Certains enseignants ont trouvé le matériel du défi « levier » un peu pauvre. L'idéal, et nous insistons maintenant davantage dans le dossier de l'enseignant, est que l'enseignant et les élèves apportent différents outils provenant de la maison de manière à compléter le matériel. Il serait trop couteux et déraisonnable de mettre ce matériel dans la valise alors qu'il se trouve dans l'équipement basique d'une maison.

Une autre enseignante aimerait voir plus de roues dentées et de fixations de manière à ce que les élèves puissent imaginer d'avantage de combinaisons. Il est donc probable que ce matériel sera ajouté à celui déjà existant.

D'autres enseignants ont trouvé le matériel insuffisant pour que tous les élèves puissent travailler un seul défi en même temps : « Pour exploiter une matière à la fois et permettre aux enfants de tous manipuler. ». Pour des raisons de coûts financiers trop importants cela n'est malheureusement pas possible : il faudrait multiplier tout matériel par un facteur cinq.

## → Les élèves ont-ils apporté du matériel supplémentaire ? Lequel ?

Oui, enseignants et élèves ont apporté du matériel supplémentaire et cela ne semble pas avoir posé de problème : « Oui car la consigne donnée était qu'ils viennent avec tout le matériel nécessaire ! Outils, Knex, planches de toutes sortes, carton, ...même un vélo » ; « Une voiture pour le plan incliné, dans laquelle on a installé un poids d'1 kg. Des leviers différents, marteaux, pinces ».

#### 2.3.2.7.Le cahier de traces des élèves

## → Les enfants avaient-ils un cahier de traces, cahier de bord, feuilles volantes,... ? Comment était-il présenté ?

Les élèves de six classes avaient l'habitude de travaillé avec un carnet de classe, ils l'ont donc utilisé dans ce projet aussi : « Ils se sont fabriqué un petit carnet » ; « Ils ont construit leur carnet de bord composé d'une page de présentation et de petites feuilles de bloc » ou l'enseignante leur a donné un petit carnet : « 5 feuilles A4 coupées en 2 → 10 A5 agrafées ». La septième classe est la classe constituée des élèves de 4ème, 5ème et 6ème années, l'enseignante qui n'en était qu'à sa première année d'enseignement reconnaît les « Difficultés de gérer ce genre d'outils avec des élèves de trois niveaux différents. » Les protocoles d'expériences, schémas, constations, mesures éventuelles ... ont donc été soigneusement consignés dans les autres classes. Une enseignante, n'ayant pas participé au questionnaire, a elle-même réalisé cinq carnets correspondant chacun à un des cinq défis. Un de ces carnets a été ajouté, comme exemple, dans le dossier de l'enseignant.

# → Les élèves ont-ils reçu un (des) document(s) supplémentaire(s) que ceux proposés dans la valise ? Si oui, lesquels ?

Une enseignante signale un numéro de la revue Artiscope : le n° 19. L'outil fait la force de 1987. Bien qu'étant assez ancien, la référence de ce numéro figure aussi maintenant dans la bibliographie.

## 2.3.2.3. <u>Les ateliers</u>

Les cinq défis sont très différents les uns des autres. Le défi *levier*s est le défi le plus rapide au niveau des manipulations, mais l'un des plus riches au niveau des notions théoriques sous-jacentes. Les défis *engrenages* (faire tourner la cabane et changement de vitesses du vélo) sont difficiles au niveau de la conception des maquettes mais simples dans leur étude théorique. Le défi *plan incliné* est simple dans la conception de la maquette mais permet des mesures assez variées (mesures de longueurs, d'angles et éventuellement de forces). Enfin le défi *poulies* est, de loin, le défi le plus difficile dans la construction (combiner les poulies et faire passer la corde de l'une à l'autre) mais aussi dans la compréhension des avantages et inconvénients du système ; les enseignants le disent : « C'est l'atelier qui a posé certains problèmes », « J'ai eu quelques difficultés pour raccorder les poulies, j'ajouterais quelques schémas en plus. »

# → Que pensent les enseignants des différents défis ? Sont-ils réalistes ou artificiels ? Simples ou compliqués ?

#### Défi leviers :

Trois enseignants trouvent ce défi simple « *Il est un peu simple mais amène les élèves à une bonne manipulation donc très facile en classe* », « *On ne peut plus simple* », « *Simple : Oui mais trop rapide par rapport aux autres.* ». Comme il a été signalé à plusieurs reprises, il est important que les élèves manipulent plusieurs outils, et essaient de comprendre le principe du levier (où place-t-on la main, pourquoi ?...).

#### Défi engrenages (faire tourner la cabane) :

Une enseignante souligne que « Les enfants ont trouvé que ce défi était un peu «bizarre ». Ils se limitaient à mettre la grande roue dentée au-dessus avec la cabane. Ils m'ont parlé des roues situées dans les rollers (Tipp-Ex) ». Une autre propose de « construire un moulin à eau ».

## Défi engrenages (changement de vitesse du vélo) :

D'une manière générale les enseignants trouvent ce défi adapté aux élèves : « Ce défi est très bien car le vélo est un moyen de transport que les élèves connaissent très bien. Beaucoup ont déjà chipoté au pédalier. »

## Défi plan incliné :

Le défi plan incliné ne pose pas de problème particulier : « Le défi est très bien choisi. Ils ont tout de suite accroché. », « Tb++Expérience simple à réaliser. Les conclusions se tirent facilement. Aucun problème pour les élèves », « Simple et adapté aux enfants », une enseignante pense vernir les planches avant la prochaine utilisation !

#### Défi poulies :

Les enseignants sont mitigés : parmi ceux qui ont proposé l'atelier en classe, deux répondent par l'affirmative, un autre le trouve trop compliqué. Une enseignante le trouve réaliste et parle du déménagement d'un de ses élèves.

#### → Le matériel utilisé par les élèves

Afin d'avoir une meilleure vue d'ensemble sur la perception des enseignants à propos des questions suivantes, les réponses sont présentées sous la forme de tableaux.

#### Défi leviers :

Tableau 20 - Utilisation du matériel pour le défi leviers

Enseignant	Le matériel est-il adapté pour les élèves ?	Le matériel est-il suffisamment solide ?	Le matériel est-il en nombre suffisant ?	Les élèves ont-ils apporté du matériel supplémentaire ? Lequel ?
1	Oui	Oui	Oui	Oui : des clous, des planches, des marteaux, des tenailles, J'ai rajouté un décapsuleur, un casse-noix et une pince à épiler. Je leur ai demandé de m'expliquer en quoi ces leviers étaient différents. Nous avons pu ainsi découvrir les 3 types de leviers. Ce matériel a été ajouté à la « Mécanithèque » mais, n'est utilisé que dans un second temps.
2	Oui	Oui	Pas assez de clous	L'enseignant : différentes pinces
3	Oui	Oui	Oui	Oui : les clous, un marteau, un arrache-clou
4	/	Oui	/	J'ai apporté des pinces, clous, vis, marteau
5	Oui	Oui	Pas assez de clous	Oui, des marteaux de toute grandeur et différentes sortes de pinces

Les enseignants ont bien compris que, pour que ce défi soit formateur, il faut que les élèves et euxmêmes complètent le matériel contenu dans la valise.

## Défi engrenages (faire tourner la cabane) :

Tableau 21 - Utilisation du matériel pour le défi engrenages (faire tourner la cabane)

Enseignant	Le matériel est-il adapté pour les élèves ?	Le matériel est-il suffisamment solide ?	Le matériel est-il en nombre suffisant ?	Les élèves ont-ils apporté du matériel supplémentaire ? Lequel ?				
1	Oui (matériel Quercetty)	Oui	Oui	Oui : des Knex, de belles réalisations ont été (voir photos)				
2	Assez difficile (matériel Quercetty)	Oui	Oui	Non				
3	Peut-être un petit peu petit (matériel Buki)	Fragile (matériel Buki)	Oui	Non				
4	Le matériel est très bien pensé. Ils ont compris en manipulant. Les roues se placent correctement et facilement TB ++ (matériel Buki)	/	/	/				
5	Le problème qui s'est posé, c'est que parfois, les roues étaient bien placées mais le « système » ne fonctionnait pas convenablement (matériel Quercetty)							
6	Pour un petit groupe et non un groupe classe en fonction du nombre. Adapté et solide (matériel Quercetty)							
7		TB (matériel Que	ercetty)	TB (matériel Quercetty)				

Des roues dentées provenant de deux marques différentes ont été testées : la marque Buki et la marque Quercetty et les avis semblent partagés quant au type de matériel à utiliser pour relever les défis.

La marque Buki propose des petites pièces qui sont, il est vrai, parfois fragiles et faciles à perdre mais qui permettent des combinaisons variées et offrent des engrenages de qualité (enseignant 4). La marque Quercetty propose des pièces de bonne taille pour des enfants mais qui ne permettent de construire que des engrenages de moins bonne qualité (enseignant 5).

Comme toujours il s'agit de choix ! A l'heure de la rédaction de ce rapport, la précision supérieure (Buki) l'a emporté sur la solidité (Quercetty). La marque Buki retient donc, pour l'instant, toute notre attention.

## Défi engrenages (changement de vitesses du vélo) :

Tableau 22 - Utilisation du matériel pour le défi engrenages (changement de vitesses du vélo)

Enseignant	Le matériel est-il adapté pour les élèves ?	Le matériel est-il suffisamment solide ?	Le matériel est-il en nombre suffisant ?	Les élèves ont- ils apporté du matériel supplémentaire ? Lequel ?
1	Oui (matériel Quercetty)	Oui	Oui	Oui : un vélo
3	Petits (matériel Buki)	Fragile	Oui	Non
4	Ils n'ont pas bien réussi à placer les roues, la chaine, donc ils ont eu besoin d'aide mais une fois en route, le matériel est très bien prévu (matériel Buki)	/	/	/
6	Tb II manque juste un vélo ! (matériel Quercetty)	/	/	/

Les remarques sont identiques à celles du défi précédent (faire tourner la cabane).

## Défi plan incliné:

Tableau 23 - Utilisation du matériel pour le défi plan incliné

Enseignant	Le matériel est-il adapté pour les élèves ?	Le matériel est-il suffisamment solide ?	Le matériel est-il en nombre suffisant ?	Les élèves ont-ils apporté du matériel supplémentaire ? Lequel ?
1	Oui	Oui	Oui	Oui : des planches, des livres, un chariot,
2	Oui	Oui	Oui	Non
3	Oui	Oui	Oui	Oui : une voiture
4	Le matériel est très bien pensé. La plaque noire n'est pas toujours assez lourde s'ils mettent les planches assez haut.	/	/	J'ai amené une petite voiture « lourde » pour remplacer le chariot.
5	Oui	Oui	Oui	Une voiture dans laquelle nous avons posé 2 poids de 500g
7	Les élèves ont parfois du mal à trouver l'utilité de chaque objet. (objets inconnus)	/	/	/

Même si l'élément « statif » n'a pas été reconnu comme pouvant représenter l'arbre (enseignant 7 – classe de 4e, 5e et 6e), dans l'ensemble le matériel de ce défi ne pose pas de problème.

## Défi poulies :

Tableau 24 - Utilisation du matériel pour le défi poulies

Enseignant	Le matériel est-il adapté pour les élèves ?	Le matériel est-il suffisamment solide ?	Le matériel est-il en nombre suffisant ?	Les élèves ont-ils apporté du matériel supplémentaire ? Lequel ?	Autre
1	Oui	Oui	Oui	/	Il faudrait apporter un support fixe pour y attacher la ou les poulies
2	Oui	Oui	Oui	Non	/
3	Pas toujours	Oui	Oui	Non	/
4		La corde fine n'est pas assez solide. Les élèves me l'ont dit plusieurs fois.	/	Mettre un 2ème morceau de corde blanche pour leur permettre plus de manipulations	/
6	Oui	Oui sauf le dynamomètre	Convient à un petit groupe mais pas à un groupe classe		/
7	TB. Parfois, il faut les aider car ils ne savent pas l'utiliser (le serre- joint)	/	/	/	/

Suite aux suggestions émises par les enseignants, une longueur de corde supplémentaire et plus solide sera disponible dans les valises.

# → Pour les enseignants, quelles sont les notions théoriques qui ont été découvertes ou quelles sont celles qui n'ont pas été comprises ?

Dans les cinq tableaux ci-dessous, de manière à mettre l'accent sur l'essentiel, seules les remarques constructives ont été prises en considération; les « TB », « OK » et « positif » ainsi que les redondances ont été volontairement écartés.

#### Défi leviers :

Tableau 25 - Notions théoriques pour le défi leviers

Enseignant	Positif : (par ex : j'ai découvert la notion de)	Négatif : (par ex : je n'ai pas compris)
4	Le tableau de la page 7 est très bien fait. Il résume tout.	Je n'ai pas compris la formule de la page 6

## Défi engrenages (faire tourner la cabane) :

Tableau 26 - Notions théoriques pour le défi engrenages (faire tourner la cabane)

Enseignant	Positif : (par ex : j'ai découvert la notion de)	Négatif : (par ex : je n'ai pas compris)		
4	La notion de compromis m'était connue mais je n'y avais iamais pensé	/		
7	J'éprouve des difficultés à répondre à cette question car je n'ai pas vu la matière en profondeur, il s'agis.  pour moi d'une première approche			

## Défi engrenages (changement de vitesses du vélo) :

Tableau 27 - Notions théoriques pour le défi engrenages (changement de vitesses du vélo)

Enseignant	Positif : (par ex : j'ai découvert la notion de)	Négatif : (par ex : je n'ai pas compris)
4	J'ai découvert l'explication concrète du système pignon-pédalier	/
6	Je ne savais pas que c'était différentes roues de + en + petites et de + en + grandes	

## Défi plan incliné:

Tableau 28 - Notions théoriques pour le défi plan incliné

Enseignant	Positif : (par ex : j'ai découvert la notion de)	Négatif : (par ex : je n'ai pas compris)
4	Le compromis est très bien expliqué et m'a éclairée	La page n°7 avec le tableau « sin α » est un peu
4	pour guider les élèves.	compliqué pour moi

## Défi poulies :

Tableau 29 - Notions théoriques pour le défi poulies

Enseignant	Positif : (par ex : j'ai découvert la notion de)	Négatif : (par ex : je n'ai pas compris)
2	J'ai découvert. Je sais manipuler	/
4	J'ai découvert le rapport entre le nombre de brins attachés au seau et la force décuplée.	Je n'ai pas vraiment compris les « palans »
6	J'ai approfondi beaucoup de notions sur les poulies. Cependant, la théorie est fort axée secondaire.	I

Comme l'indiquent les cinq tableaux précédents, une enseignante (4) insiste à plusieurs reprises sur l'importance des exemples concrets et sur le fait que, même illustrée par un dessin, une formule, parle moins qu'un exemple de la vie quotidienne. Cette enseignante a découvert des applications de la notion de compromis, ou le principe des poulies mais ne parvient pas encore à l'extrapoler à celui du palan. Une autre enseignante ayant approfondi la théorie des palans trouve que le niveau d'explication de celle-ci relève plus du secondaire que du primaire. De nouveau, est cependant présente dans le dossier de l'enseignant de manière à ce que ce dernier soit le plus complet possible.

## → Pour les enseignants, quelles sont les notions théoriques appréhendées par les élèves ? Quelles mesures les élèves ont-ils réalisées ?

## Défi leviers :

Tableau 30 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi leviers)

Enseignant	La notion de levier est- elle découverte par les élèves ?	Les élèves ont-ils mesuré la longueur des différents des bras de levier ?	Ont-ils estimé et comparé l'efficacité des différents outils ?	Ont-ils compris la notion de compromis (ce que l'on gagne en force on le perd en distance) ?
1	Oui : levier inter-appui	Non	Non	Non
2	Superficiellement	Non	plus ou moins	/
3	Oui	Non	Oui	Oui
4	Oui	Oui	Oui	Oui
5	Oui	Certains n'y sont pas arrivés	Oui	Oui

Seuls 20% des élèves ont effectué des mesures. Ce score est faible mais tout à fait explicable : pour faire des mesures il faut que la notion de bras de levier soit intégrée mais cette notion ne peut se mettre en place qu'avec du temps et un adulte accompagnateur. Cependant, même sans mesure, il est normal que 60 % des élèves aient pu prendre conscience de la notion de compromis car la différence de force à fournir, suivant l'outil utilisé ou suivant la manière (correcte ou non) d'utiliser l'outil, est sensible physiquement – musculairement. Cet atelier permet donc, avec ou sans mesure, de prendre connaissance de l'utilité du levier.

#### Défi engrenages (faire tourner la cabane) :

Tableau 31 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi engrenages - faire tourner la cabane)

Enseignant	La notion d'engrenages est-elle découverte par les élèves ?	Les élèves ont-ils repéré les sens de rotation ?	Les élèves ont-ils mesuré les vitesses de rotation ?	Les élèves ont-ils compris la notion de compromis (il faut faire des choix) ?
1	Oui	Oui	Oui (plus l'engrenage est petit, plus ça tourne vite)	Oui : dans le cas du vélo (chaine avec pignon ou engrenages)
2	Oui	Oui	Non	Oui
3	Oui	Oui	Mesuré non, observé oui	Oui
4	Oui	Oui	Non	Oui
5	Oui	Oui	Non	Oui
6	Oui	Oui	Oui	Superficiellement
7	Superficiellement	Oui	Non	Oui

Dans cet atelier, 64 % des élèves ont pu attacher une certaine importance à l'observation : tous ont pu identifier les sens de rotation des roues et presque la moitié (43%) a pu qualifier les vitesses mutuelles des roues : « la petite roue tourne plus vite que la grande », « les roues tournent dans le même plan, dans des plans différents ». Seuls 51 % des élèves ont pu en tirer des conclusions sur l'intérêt d'utiliser telle ou telle combinaison.

## Défi engrenages (changement de vitesses du vélo) :

Tableau 32 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi engrenages – changement de vitesses du vélo)

Enseignant	La notion de plateau et pignon est-elle découverte par les élèves ?	Les élèves ont-ils comparé les différentes combinaisons ?	Les élèves ont-ils compris pourquoi le choix de telle ou telle combinaison est important ?	Les élèves ont-ils compris la notion de compromis (il faut faire des choix) ?	
1	Oui	Oui	Oui : ce que l'on gagne d'un côté, on le perd de l'autre	/	
3	Non	Non	Oui (taille de la chaine)	) /	
4	Oui	Oui	Oui	Oui	
6	Oui	Oui	Oui	Superficiellement	

Les trois quarts des élèves ont exploité l'atelier jusqu'à la description et la comparaison des différentes combinaisons d'engrenages. Que 100% des élèves aient compris l'importance du choix de cette combinaison semble un peu optimiste sauf si l'on songe que la pratique de la bicyclette dans la vie quotidienne a peut-être permis à certains d'entre eux de faire la connexion entre la maquette construite en classe et la réalité.

## Défi plan incliné:

Tableau 33 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi plan incliné)

Enseignant	La notion de plan incliné est-elle découverte par les élèves ?	Les élèves ont-ils mesuré des angles ?	Les élèves ont-ils comparé des forces avec le dynamomètre ?	Les élèves ont-ils compris la notion de compromis (ce que l'on gagne en force on le perd en distance) ?
1	Oui	Non : juste constaté que l'angle était différent	Non	Oui
2	Oui	Non	ont essayé mais ne connaissaient pas les newton	superficiellement
3	Oui	Non	Oui	Oui
4	Oui	Oui	Oui	Oui
5	Oui	Oui	Oui	Oui
7	Oui	Non	Oui	Oui

La moitié des élèves a prolongé l'observation par des mesures. Parmi ceux-ci 33 % ont mesuré les angles d'inclinaisons des plans et 66 % se sont servis du dynamomètre pour mesurer les forces en action. Ce dernier score semble particulièrement élevé vu le fait que cette mesure ne fait pas partie des objectifs annoncés dans l'enseignement primaire. Il faut peut-être y voir là un effet de la curiosité des élèves qui, trouvant dans leur matériel un objet inconnu ont voulu s'en servir. Il est à remarquer que les résultats des mesures effectuées par les élèves qui nous sont parvenus, bien que peu précis, étaient d'un ordre de grandeur tout à fait correct et allaient dans le même sens que la théorie.

#### Défi poulies :

Tableau 34 - Notions théoriques appréhendées par les élèves (défi poulies)

Enseignant	La notion de poulie est-elle découverte par les élèves ?	Les élèves ont-ils mesuré des longueurs ?	Les élèves ont-ils comparé des masses ?	Les élèves ont-ils compris la notion de compromis (il faut faire des choix) ?
1	abordée	Non	Non	Non
2	Oui	Oui	Oui	Oui
3	Oui	Non	Non	Oui
4	Oui	Oui	Oui	Oui
5	Oui	Non	Oui	Oui
7	Oui	Oui	Oui	Oui

Un peu moins de soixante pour cent (58%) des élèves ont mesuré à un moment ou un autre de leur expérimentation une grandeur : la longueur de corde ou les masses suspendues aux deux extrémités de la corde. Ce défi est, nous l'avons signalé dans ce rapport à plusieurs reprises, de loin le plus difficile à relever. Cependant parmi les élèves qui l'ont relevé, 83% ont, selon les dires de leurs enseignants, compris la notion de compromis.

#### **Conclusion**

L'analyse des réponses des enseignants fournit de nombreuses pistes de réflexion et d'amélioration concernant la Mécanithèque et l'évaluation de la valise est globalement positive du point de vue des enseignants.

Un élément qui ressort de manière très positive est la démarche de travail proposée par le dispositif pédagogique de la Mécanithèque. Bien que les élèves aient besoin d'un temps d'adaptation pour que les ateliers se mettent en place et que le dispositif fonctionne correctement, les enseignants jugent la méthode adaptée à l'éveil scientifique et propice à une implication réelle des élèves dans leur tâche. Cependant, pour que les élèves puissent véritablement se familiariser avec la démarche proposée, l'idéal serait que les élèves puissent utiliser la valise dès le début de l'année et que le dispositif pédagogique s'applique à d'autres domaines scientifiques.

Le dossier fourni aux enseignants pour l'utilisation de la valise est perçu comme un coach qui accompagne l'enseignant dans sa démarche didactique. Le développement théorique est envisagé comme un réel apport, il est qualifié de complet et enrichissant. En ce qui concerne la partie méthodologie, certains enseignants aimeraient quelques approfondissements comme, par exemple, pour la présentation des défis aux élèves. Ils ont été réalisés; toutefois, il est important que l'enseignant conserve une part de liberté didactique dans l'utilisation de la valise et la présentation des défis en fait partie de manière à s'adapter à chaque situation de classe.

Les outils proposés dans la valise sont décrits comme étant bien conçus bien que leur emploi paraît déconcertant lorsque les élèves les utilisent pour la première fois. Les enseignants reconnaissent qu'il est difficile de statuer sur l'utilisation d'un outil et de son efficacité lorsqu'il est utilisé dans un cadre si restreint et ils recommandent de l'élargir à d'autres domaines. De prime abord, la grille d'autodiagnostic

semble poser plus de problème dans son utilisation que les fiches d'aide car les élèves sont plus souvent familiariser aux formats des fiches d'aide plutôt qu'à celui de la grille. Et, bien que leur utilisation soit décrite comme astucieuse, il est, dans la plupart des cas, nécessaire que les enseignants incitent les élèves à les utiliser. On ne note que très peu d'utilisation spontanée. Le lexique a très peu été utilisé par les enseignants, ils ne l'ont que très rarement distribué aux élèves. Ils le trouvent certes complet mais sa présentation n'é pas été jugée des plus optimale.

Un constat qui ressort de l'utilisation de la valise est sans doute la disparité des conditions d'utilisation de la valise. La plupart des enseignants ont adaptés l'utilisation de la valise au contexte de leur classe tel qu'il est recommandé dans le dossier enseignant. Cependant, ils ont modifié les conditions dans lesquelles les ateliers sont censés se réaliser. La façon de faire tourner les défis au sein d'une même classe a aussi varié d'une classe à une autre : dans certaines classes, chaque groupe n'a réalisé qu'un seul défi (les ateliers n'ont donc pas tourné), dans d'autres classes, les groupes ont tourné sur trois ou quatre ateliers et enfin, dans d'autres classes les groupes ont relevé tous les défis.

Il convient de s'interroger sur les raisons de cette disparité dans les conditions d'utilisation de la valise. L'une des pistes de réponse est la lecture du dossier enseignant. Bien que celui-ci utilise déjà des icônes pour attirer l'attention des enseignants sur les éléments clés de la valise, le texte a été retravaillé à de nombreux endroits pour que les enseignants comprennent bien la nécessité de respecter les étapes du dispositif pédagogique tel qu'il a été conçu. Une autre piste de réponse est sans doute la période pendant laquelle les enseignants ont utilisé la valise. Tous les enseignants ont reçu la valise pédagogique entre le début du mois de février et la fin du mois de mars pour une utilisation le mois qui suivait. De nombreux enseignant ont reconnu avoir été « à l'essentiel » dans la lecture du dossier enseignant et affirment qu'ils le reliraient dans son intégralité lorsqu'ils utiliseront à nouveau la valise.

La construction de la synthèse est également une étape qui varie également d'un enseignant à l'autre. Certaines synthèses ont été réalisées oralement, d'autres par écrit. La construction elle-même a aussi varié d'une classe à une. Il n'y a pas de document de synthèse, à proprement parler, proposé dans le dossier enseignant. Nous avons fait le choix de ne pas en proposer afin d'éviter une utilisation inadéquate de celle-ci comme distribuer le document aux élèves sans aucun accompagnement pédagogique. Nous en avions fait l'expérience lors d'une recherche précédente (sur la valise pédagogique Energithèque) et c'est une erreur que nous ne voulions pas reproduire. La présentation de la dernière étape de la valise a donc été approfondie et enrichi de conseils et de pistes didactiques pour la réalisation d'une synthèse cohérente avec le cadre conceptuel guidant cette recherche.

Néanmoins, les enseignants semblent satisfaits de l'expérience. Ils ont apprécié, moyennant certaines petites modifications ou ajouts qui ont été apportés dans la dernière version, les documents leur étant destinés ; ils sont convaincus que, même si les grilles d'autodiagnostic n'ont pas été suffisamment consultées, les fiches d'aide ont été précieuses aux élèves pour relever les défis. Ils pensent aussi que ces défis ainsi que le matériel nécessaire sont, dans leur ensemble, adaptés aux élèves. Ces enseignants pensent aussi que leurs élèves ont découvert certaines nouvelles notions comme celle de « machines simples ». Ils ont constaté que les élèves ont, dans certaines situations, mesuré différentes grandeurs physiques et sont arrivés alors à une toute première approche de la notion de compromis.

## Chapitre 3 - Amélioration de la valise pédagogique

## Introduction

Sur la base des conseils d'amélioration formulés par les enseignants et des visites réalisées dans les classes au cours de l'expérimentation de la valise, plusieurs modifications ont été apportées aux différents documents destinés aux enseignants et aux élèves.

Afin que certaines informations ne semblent pas redondantes par rapport à celles déjà fournies dans l'analyse des questionnaires adressés aux enseignants, les modifications apportées aux différents documents sont reprises ici assez brièvement.

## 1. Les documents pour les enseignants

La plupart des documents destinés aux enseignants ont été revus ou complétés par de nouveaux dossiers.

## 1.1. L'introduction générale

- Une enseignante ayant des difficultés pour présenter les différents défis a demandé de « Détailler un peu plus la manière de présenter le défi au départ afin de ne « pas trop en dire » mais quand même suffisamment » une présentation concise de chaque défi se trouve maintenant dans l'introduction (p4).
- Pour répondre à une enseignante qui, sur le terrain, se trouvait démunie par rapport à l'organisation du travail dans son ensemble (phase de travail individuel, en groupe, place les fiches dans le local,...) une présentation pragmatique de la méthodologie figure maintenant dans l'introduction (p6 à 8).
- Au début de l'atelier engrenages (faire tourner la cabane), les élèves, et même les adultes en cours de formation, commencent le défi en essayant de construire une cabane. Afin de court-circuiter cette étape qui n'apporte rien de plus au défi, l'enseignant trouvera dorénavant dans l'introduction (p12) deux modèles de cabanes en papier. Il lui suffit de les photocopier et de les donner aux élèves, ceux-ci les découperont et auront ainsi à leur disposition une « cabane » fictive.
- La construction du support lui-même (qui symbolise l'arbre et le plateau sur lequel se trouve la cabane) n'étant pas facile à débuter, un exemple de support est présenté aux enseignants dans l'introduction (p11).
- Plusieurs pages ont aussi été ajoutées à l'introduction (p11 à 14) afin de présenter de manière plus complète le matériel disponible dans la valise.
- L'attention des enseignants est maintenant particulièrement attirée (p13) sur l'importance d'apporter différents outils provenant de la maison pour relever le défi *leviers*. Ce matériel supplémentaire est nécessaire car il permet aux élèves de comprendre concrètement l'utilité de la longueur du bras de levier.

- Une partie purement théorique (p15 à 23) a été ajoutée de manière à rendre ce dossier tout à fait autonome. Certaines notions peuvent sembler ardues à la première lecture mais elles peuvent s'avérer utiles pour des enseignants qui souhaiteraient aller plus avant dans l'approche théorique.
- Enfin, la bibliographie a été complétée par les références d'un numéro de la revue Artiscope données par une enseignante. Cette référence est ancienne mais peut ouvrir la recherche bibliographique vers d'autres horizons.

## 1.1.1. La partie engrenages

Des photographies des montages complets (terminés) ont été ajoutées en fin de dossier. Celles-ci sont accompagnées de conseils et l'attention du lecteur est attirée sur des points importants à prendre en considération lors de la construction.

## 1.1.2. La partie plan incliné

Comme pour les engrenages, des illustrations ont été insérées ; ce dossier se termine (p 4 à 6) également sur la photo d'un exemple de maquette. Des mesures de forces, de longueurs de plans inclinés et d'angles sont données à titre indicatif pour deux séries de trois planches de longueurs différentes. Une exploitation possible de ces résultats est aussi détaillée. Des notions plus spécifiques montrant le lien qui existe entre le sinus de l'angle et le rapport des forces sont développées. Il est bien évident que chaque enseignant ira jusqu'où il le souhaite dans la démarche. De nouveau, ce dossier se veut le plus complet possible et prévu pour répondre à un maximum de questions.

## 1.1.3. Les annexes

- Une enseignante qui avait apprécié les exercices proposés lors des tests en classe demande :
   « J'aurais aimé trouver des exercices d'application (comme ceux qui se trouvent dans le prétest ou le postest). ». Ces applications se trouvent maintenant dans l'annexe n°1.
- De manière à ce que les enseignants puissent identifier plus facilement les difficultés que rencontrent leurs élèves pendant la manipulation, des fiches de fréquence de consultation des fiches d'aide sont maintenant disponibles dans l'annexe n°2. Il suffit que l'enseignant les photocopie et les donne à ses élèves pour que ceux-ci les remplissent au fur et à mesure de l'avancement de leur travail. En fin de travail, l'enseignant pourra constater quelles sont les fiches qui ont été les plus consultées par l'élève et donc identifier ses faiblesses.
- Le lexique destiné au maître (Annexe n°9) a été retravaillé. Il permet à l'enseignant de clarifier des notions précises en physique telles que celles de travail, d'énergie ou de puissance. Il permet aussi à l'enseignant de prendre conscience des sens différents que peuvent revêtir ces mots en fonction des situations dans lesquelles ils sont employés (dans la vie quotidienne ou dans le cours de physique).

#### 1.2. Les documents pour les élèves

## 1.2.1. Les grilles d'autodiagnostic

- La lecture des marguerites posait des problèmes à certains élèves qui ne comprenaient pas le sens des logos. Afin de remédier à ce problème une feuille d'explications a été ajoutée à chaque grille d'autodiagnostic. Cette feuille est présentée sous la forme de quatre colonnes.
  - → La première colonne donne un exemple de guestion que peut se poser l'élève ;
  - → La deuxième colonne suggère à l'élève de consulter la marguerite présentée par tel ou tel logo ;
  - → La troisième colonne montre le logo correspondant ;
  - → La quatrième colonne attire l'attention de l'élève sur des fiches importantes.

## En voici un exemple :

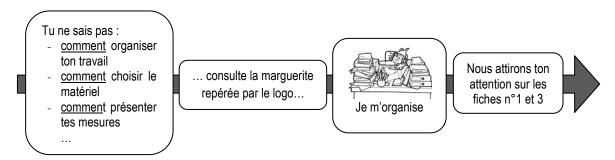


Figure 35 - Exemple de démarche d'autodiagnostic

### 1.2.2. Les fiches d'aide (leviers)

- Le défi leviers étant un des plus rapides à relever, trois fiches (1,2 et 3) de prolongements ont été imaginées.
- Une fiche (3- logo *concept*) a aussi été ajoutée de manière à présenter clairement les différentes parties d'un levier très simple : le pied-de-biche.

Les élèves disposent maintenant de 15 fiches pour mener à bien le défi leviers.

## 1.2.3. Les fiches d'aide (engrenages)

- Le choix (voir ci-dessous paragraphe matériel) du matériel s'étant porté sur le matériel Buki (matériel relativement petit mais permettant de construire des engrenages de qualité), toutes les photos montrant le matériel Quercetty (matériel plus gros mais de moins bonne qualité) ont bien évidemment été enlevées.
- Afin que les élèves ne perdent pas trop de temps lors de la construction d'un support pour la cabane, et pour répondre à la demande d'une enseignante qui disait : « Peut-être que la structure de la cabane soit déjà construite pour que le temps de l'atelier, ils n'aient plus qu'à tester les roues dentées. » la première fiche (logo organisation) présente maintenant la photo d'un support possible.

Les élèves disposent de 34 fiches d'aide pour construire les deux maquettes permettant de comprendre le fonctionnement d'un engrenage et celui du changement de vitesses de la bicyclette.

## 1.2.4. Les fiches d'aide (plan incliné)

- Les élèves sont démunis pour trouver une manière stable d'incliner la planche, une fiche (1-logo construction) propose maintenant deux possibilités pour la positionner.
- Les mesures d'angles et de forces ne sont pas faciles à réaliser, deux fiches (2 et 3 logo *mesures*) montrent exactement comment procéder.

15 fiches d'aide sont maintenant à la disposition des élèves pour relever le défi proposé.

## 1.2.5. Les fiches d'aide (poulies)

Les observations faites sur le terrain ont confirmé que ce défi est l'un des plus difficiles. Des fiches d'aide ont donc été ajoutées (fiches 1, 2 et 3 - logo *construction*) aux fiches déjà présentes. Ces fiches donnent des conseils pratiques et concrets pour palier aux difficultés liées à la construction proprement dite. Ces fiches sont illustrées par des photos et expliquent la fixation du serre-joint, des poulies, du passage de la corde...

Pas moins de 17 fiches sont à la disposition des élèves pour construire et comprendre le principe du palan.

## 1.2.6. Les fiches de prolongement

Les fiches de prolongements ont aussi été complétées en effet une enseignante suggère qu'elles soient aussi présentées avec les corrections correspondantes « Correctif des jumelles (pour aller plus loin) > il serait intéressant que les élèves se corrigent seuls quand ils ont terminé. ». C'est maintenant chose faite!

#### 1.2.7. Au total

Ce sont donc maintenant 81 fiches d'aide qui sont mises à la disposition des élèves pour relever les cinq défis proposés. Ces fiches se répartissent comme suit :

Défis	Nombre de fiches						
	Construction	Concept	Organisation	Mesures	Faiblesses	Prolongements	Total
Leviers	0	5	3	2	2	3	15
Engrenages (cabane)	1	4	5	3	1	2	16
Engrenages (vélo)	2	5	3	3	3	2	18
Plan incliné	2	5	3	3	1	1	15
Poulies	3	5	3	2	2	2	17

Tableau 35 - Répartition des fiches d'aide selon les familles de difficulté et les défis

#### 1.3. Les lexiques

Suite aux remarques émises par les enseignants lors de l'expérimentation, le lexique initialement imaginé a été scindé, retravaillé, et illustré. En effet, le premier lexique s'est avéré, lors de son

utilisation, trop long et peu attrayant pour les élèves. Il a donc été scindé en cinq lexiques distincts et plus petits. Chaque lexique fait référence à un défi précis, et est agrémenté de photographies ou de dessins à chaque fois que possible.

#### 1.4. Le matériel

#### 1.4.1. Le défi poulies

- Le choix des poulies a été assez vite arrêté. Il s'agit de poulies qui présentent un bon rapport qualité/prix et qui proviennent d'Italie.
- Suite aux suggestions émises par les enseignants, une corde plus longue et plus solide fera aussi partie de la valise.

## 1.4.2. Les défis engrenages

 Le choix des engrenages est plus délicat. Les élèves et les enseignants ont testé deux types de matériel : celui de la marque Buki et celui de la marque Quercetty. Ces deux firmes proposent des jouets ayant des qualités et des défauts spécifiques. En voici un rapide aperçu :

Tableau 36 - Confrontation du matériel pour les défis engrenages

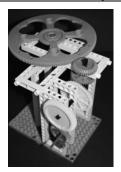
Matériel Buki

Qualités : les pièces sontfaciles à manipuler ;de bonne solidité.

#### Défauts : les roues

 ne tournent pas toujours de manière fiable (surtout quand les roues tournent dans des plans perpendiculaires).

#### **Matériel Quercetty**



#### **Qualités** : les pièces

- permettent de multiplier les combinaisons et de construire des engrenages qui transmettent parfaitement le mouvement.

#### Défauts :

les pièces sont petites et peuvent être rapidement perdues.

Pour l'instant le matériel Buki, plus petit mais plus performant retient toute notre attention.

 Si le budget le permet, quelques roues dentées ainsi que leurs systèmes de fixation seront ajoutés au matériel de manière à ce que les élèves puissent imaginer et construire davantage de combinaisons.

## 1.4.3. Le défi plan incliné

Mis à part l'utilisation du dynamomètre, aucune remarque particulière n'a été émise pour ce défi. Il est bien évident que la manipulation du dynamomètre ne fait pas partie des objectifs de l'enseignement primaire mais, ayant observé qu'elle ne pose pas de problème pratique aux élèves, nous suggérons de laisser cet appareil de mesure dans la valise afin que les élèves qui le souhaitent puissent, avec précaution, le manipuler.

## 1.4.4. Le défi leviers

Comme annoncé déjà à plusieurs reprises dans ce rapport, le matériel nécessaire pour relever ce défi et donné dans la valise, un petit pied-de-biche, n'a rien de particulier. Il doit cependant être complété par du matériel apporté par les élèves et l'enseignant.

## **Chapitre 4 – Conclusion et perspectives**

Le dispositif pédagogique mis en place lors de l'utilisation de la valise pédagogique Mécanithèque a comme pierre angulaire le socioconstructivisme et accorde une place prépondérante aux représentations mentales des élèves. L'exploitation de celles-ci constitue le point de départ pour le développement de compétences. En effet, la connaissance des conceptions initiales des élèves conduit l'élève mais également l'enseignant à mieux appréhender les erreurs commises et ainsi à mieux diagnostiquer les difficultés rencontrées.

La réalisation de tests préliminaires s'est axée sur la représentation de situations et sur la perception des notions théoriques inhérentes aux machines simples. Cela a permis de prévoir une série de difficultés regroupées dans une grille d'autodiagnostic et de proposer des remédiations – par l'intermédiaire de fiches d'aide – adaptées aux besoins réels des élèves.

Le dispositif pédagogique utilisé dans la Mécanithèque reprend les principes méthodologiques de l'Energithèque, valise pédagogique sur l'énergie développée dans le cadre d'une recherche précédente. Les expérimentations menées au cours de cette précédente recherche ainsi que les collaborations mise en place cette année ont vu l'essai de plusieurs prototypes permettant de démontrer la faisabilité du dispositif sur le terrain.

La méthodologie privilégiée pour mesurer l'efficacité de la valise pédagogique a prévu un plan expérimental simple basé sur une mesure d'entrée et de sortie (avant et après utilisation de la valise), à l'aide d'un test administré aux élèves et un questionnaire remis aux enseignants.

L'efficacité des outils de la Mécanithèque a été mesurée sur base de trois indicateur : la moyenne et la dispersion des résultats avant et après utilisation des outils et la corrélation entre les scores prétests et ceux au postest. Pour qu'il y ait efficacité, il faut qu'une augmentation de la moyenne au postest soit observée pour tous les élèves (diminution de l'écart-type au postest) quels que soient leurs résultats de départ (faible corrélation entre scores au prétest et au postest dans les groupes expérimentaux).

Lorsqu'on regarde si les élèves ont amélioré leur moyenne générale entre le prétest et le postest, on constate qu'il y a une augmentation de celle-ci. L'inconvénient d'une moyenne est qu'elle est fortement influencée par les scores extrêmes. Une moyenne générale élevée ne signifie pas que tous les élèves possèdent de hauts scores. Il faut donc considérer d'autres indicateurs pour mesurer l'efficacité d'un outil afin d'éviter une interprétation biaisée. L'écart-type est un bon paramètre 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 au prétest et au postest ont été calculés. Au postest, il est plus faible que celui du prétest pour les scores globaux (les questions évaluant les représentations des élèves ne sont pas prises en compte). L'utilisation des outils de la valise conduirait à une meilleure homogénéisation des résultats. 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 des résultats pour un grand nombre d'élèves.

Le faible indice de corrélation entre les scores au prétest et postest montrent que le lien entre ceux-ci est très faible. Des scores faibles au prétest ne le restent pas forcément au postest. Ce lien conforte l'intérêt pour les outils de la Mécanithèque. En effet, le dispositif pédagogique et la coordination des outils de la valise contribue à mettre les élèves en action, ils sont placés en condition d'expérimentation tout en développant leur propre gestion de leur apprentissage. La grille d'autodiagnostic et les fiches de remédiation immédiate mettent à l'épreuve les compétences des élèves tout au long de l'activité, ce qui semble contribuer à pérenniser les acquisitions et le développement des compétences.

Lors de la phase d'expérimentation de la valise pédagogique en classe, une mesure n'a pu être prise car l'outil de recueil de données n'a pas été utilisé par les élèves. Il s'agit de la grille de consultation des fiches d'aide. Il est important de trouver une alternative à cet outil en vue d'affiner l'analyse des résultats. De cette manière, il sera possible d'établir un lien direct entre l'utilisation des fiches d'aide, le développement des compétences et la progression des résultats au postest. La confrontation des résultats collectés dans le cadre de cette recherche à celle d'un groupe contrôle est également une perspective pour cette recherche.

## **Chapitre 5 - Bibliographie**

- Anderson, R. C., Osborn, J., Tierney, R. J. (1984). Learning to Read in American Schools: Basal.
- Beckers, J., Paquay, L., Coupremanne, 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.
- 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., Derobertmasure, 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).
- 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.
- Demierbe, C., Franquet, A. et Mélin, S. (2009). Développement d'outils de diagnostic et de remédiation immédiate au travers d'activités scientifiques au premier degré de l'enseignement secondaire. Mons : Université de Mons, Institut d'Administration Scolaire et Carré des Sciences, rapport final de recherche (non publié).
- Deschaux, J. (2003). Aider à apprendre par la remédiation : un pari pour réussir et comprendre à l'école primaire. Biennale Education, Formation.
- 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.
- 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).

Montangero, J. & Maurice-Naville, J. (1994). Piaget ou l'intelligence en marche. Liège : Mardaga.

Rey, B., Carette, V., Defrance, A. & Kahn, S. (2006). Les compétences à l'école : apprentissage *et évaluation*. Bruxelles : De Boeck.

Van Der Maren, J.-M. (2005). La recherche appliquée en pédagogie. Des modèles pour l'enseignement. Bruxelles : De Boeck.