Apprentissage du concept de force

Théo Becker

▶ **To cite this version:**

Théo Becker. Apprentissage du concept de force. Education. 2022. dumas-03810516

HAL Id: dumas-03810516
https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03810516

Submitted on 11 Oct 2022

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

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

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Université de Franche-Comté

INSPÉ – Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation – Besançon

MÉMOIRE DE RECHERCHE

Présenté pour l'obtention du Grade de

MASTER

Master MEEF – Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation

Mention « 2nd degré, PLC Professeur des Lycées et Collèges »
Parcours « Physique-Chimie »

* * * * * * *

Apprentissage du concept de force

* * * * * * *

Mémoire réalisé par Théo BECKER

Année universitaire 2021 – 2022

Directeur de mémoire :

Kien PHAN HUY, Maître de conférences, Département d'Optique, Institut FEMTO-ST.

MÉMOIRE DE RECHERCHE : APPRENTISSAGE DU CONCEPT DE FORCE

« Quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune.
Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés. »

Gaston Bachelard,
La Formation de l'esprit scientifique (1938)

Sommaire

TABLE DES MATIÈRES

Déclaration de non-plagiat 2

Sommaire 3

Remerciements 4

1. INTRODUCTION GÉNÉRALE 5

2. LE CADRE THÉORIQUE DU MÉMOIRE. 5

2.1. Le concept de force en physique. 5

2.2. Les conceptions initiales ou préconceptions des élèves. 6

2.2.1. Des difficultés liées aux conceptions initiales. 6

2.2.2. Les conceptions initiales erronées sur le concept de force. 10

2.3. Des difficultés liées à l'enseignement du concept de force en physique. 12

2.3.1. L'exemple de la force de frottement. 13

2.3.2. L'exemple de l'inertie. 13

2.4. Le rôle des registres sémiotiques dans la compréhension du concept. 14

2.4.1. Notion de registre de représentation sémiotique. 15

2.4.2. L'importance des registres sémiotiques en mécanique. 18

3. L'ÉLABORATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE. 19

3.1. Le choix du sujet et les motivations initiales. 19

3.2. L'élaboration de la question de recherche. 20

4. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE. 20

4.1. Échantillon. 21

4.2. Objectifs et procédure de traitement des données. 21

4.3. L'élaboration du questionnaire. 24

4.4. Traitement et analyse des données. 28

4.4.1. Analyse de la partie 1 du questionnaire n°1 : QCM. 28

4.4.2. Analyse de la partie 2 des questionnaires n°1 et 2 : Définitions. 29

4.4.3. Analyse de la partie 2 du questionnaire n°2 : Représenter des forces. 29

5. LES RÉSULTATS. 30

5.1. Présentation et analyse des résultats. 30

5.1.1. Première partie : Identification des conceptions initiales via le QCM et influence des registres sémiotiques. 30

5.1.2. Identification des conceptions initiales 32

5.1.3. Deuxième partie : Évolution des conceptions chez les élèves et influence des registres sémiotiques. 34

5.2. Les limites de notre étude. 41

5.3. Quelques perspectives d'amélioration de notre étude. 42

6. CONCLUSION. 42

7. BIBLIOGRAPHIE. 43

8. ANNEXE N°1 : Activité Type 1. 46

9. ANNEXE N°2 : Activité Type 2. 48

10. RÉSUMÉ 50

Remerciements

Je tiens à remercier très sincèrement Monsieur Kien PHAN HUY, enseignant-chercheur au département d'Optique de l'Université de Franche-Comté, en tant que directeur de mémoire, à m'avoir guidé dans la rédaction de ce dernier.

Je souhaite également à adresser mes remerciements à Madame Géraldine BOIVIN-DELPIEU, pour ses nombreux conseils sur la rédaction de ce travail.

Enfin, je tiens à exprimer ma reconnaissance et ma profonde gratitude à l'ensemble des personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire de recherche.

MÉMOIRE DE RECHERCHE : APPRENTISSAGE DU CONCEPT DE FORCE

1. INTRODUCTION GÉNÉRALE

Ce mémoire porte sur **l'apprentissage et la compréhension du concept de force en physique chez les élèves dans l'enseignement secondaire.**

Dans un premier temps, nous allons présenter le cadre théorique support de ce mémoire de recherche. Après avoir énoncé quelques définitions préliminaires et défini le concept de force, nous présenterons les différents concepts évoqués dans notre sujet. En effet, nous définirons les notions de conceptions initiales (*ou de préconceptions*) ainsi que de registre de représentation sémiotique. Nous étudierons, les difficultés liées aux conceptions initiales erronées dans l'apprentissage du concept de force mais aussi celles qui sont liées à l'enseignement de celui-ci.

Dans une deuxième partie, nous allons voir quelques éléments relatifs à l'élaboration de ce mémoire, en partant des motivations initiales jusqu'à la question de recherche.

Ensuite, dans un troisième temps, nous présenterons la méthodologie de recherche. Après avoir présenté l'échantillon sur lequel l'étude sera réalisée, nous exposerons la procédure de traitement des données ainsi que l'élaboration des questionnaires.

Enfin, dans une dernière partie, nous présenterons les résultats obtenus que nous analyserons par la suite. Enfin, nous aborderons les limites de notre étude et nous proposerons des pistes d'amélioration de ce travail.

2. LE CADRE THÉORIQUE DU MÉMOIRE.

2.1. Le concept de force en physique.

Tout d'abord, *Le Petit Robert*, dictionnaire de référence de la langue Française, définit le mot « concept » comme une représentation abstraite d'un objet ou d'un ensemble d'objets ayant des caractères communs. Cependant, en Physique et en Sciences d'une manière générale, on parle de concept lorsqu'il s'agit des **éléments fondamentaux d'une théorie.** Ainsi, on parle de concept de mouvement et de concept de force, qui sont les éléments de base de la théorie de la mécanique Newtonienne. À noter, que le concept de force est également présent dans quasiment toutes les branches de la Physique (cf. *Électromagnétisme, physique des fluides, etc.*).

C'est Issac Newton dans les *Principia* (Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, 1687) qui a donné pour la première fois une définition rigoureuse du concept de force et a précisé la distinction entre force et inertie.

On peut définir le concept de force comme un outil conceptuel qui permet de **modéliser l'interaction d'un système sur un autre.** En effet, une action mécanique provient d'une interaction mutuelle entre deux corps et cette action est modélisée sur chacun des corps par un « vecteur force » possédant un point d'application, une direction, un sens et une norme (i.e. *une valeur*).

On peut distinguer les **forces internes** qui s'exercent réciproquement entre les différentes parties du système étudié afin d'assurer sa cohésion et les **forces extérieures**

qui sont les forces qu'exercent le milieu extérieur sur différentes parties du système, à l'origine de l'évolution éventuelle du mouvement du système et/ou de sa déformation.

Il en existe deux catégories de forces :

- Les **forces à distance** qui agissent sans contact, peuvent attirer ou repousser (i.e. *la force gravitationnelle ou la force Coulombienne, par exemple*).
- Les **forces de contact** localisées, agissent ponctuellement ou sur une surface (i.e. *la force de frottements ou la force de pression, par exemple*).

Deux postures peuvent être utilisées pour aborder le concept de force. La première est une **interprétation empirique du concept**. On définit alors la force à partir de la notion d'interaction (i.e. *attraction ou répulsion entre des systèmes*). C'est celle qui est actuellement abordée dans l'enseignement secondaire. La seconde est une **interprétation logique** où le concept de force est considéré comme directement relatif au principe d'inertie. Dans cette interprétation, c'est la définition des mouvements de référence à partir desquels toute déviation est interprétée en termes de force. (Fanjoux, 2022).

Le concept de force comme modélisation d'une interaction est difficile à concevoir pour les élèves notamment parce qu'on donne à ce terme, un très grand nombre de significations différentes dans le langage courant. De facto, le terme de « force » est employé dans une grande variété de contextes tels que force de police, force économique, force d'un argument, force physique d'un sportif, etc. À ce titre, certains dictionnaires donnent plus de dix définitions différentes pour le mot « force » (Larousse en ligne, s. d.).

De plus, les **spécificités de ce concept physique,** le rend difficile à comprendre et à appréhender pour les élèves. Par exemple, le fait que les effets d'une force sont perceptibles mais pas la force en elle-même, peut créer de nombreuses confusions. De même, il ne s'agit pas d'une propriété ou d'une caractéristique intrinsèque d'un corps (puisqu'un objet n'a pas de force en lui-même, comme nous allons l'étudier plus en profondeur dans les prochaines sections de ce travail). Il s'agit donc des premiers obstacles à franchir pour les élèves.

De plus, la force est une grandeur physique qui ne possède pas les mêmes propriétés que celles qu'on apprend sur les autres grandeurs physiques. En effet, une force n'est ni transférable, ni conservable. Ainsi, cela est en antagonisme avec les grandeurs du type énergie, quantité de mouvement qui possèdent quant à eux ces propriétés.

Au final, le concept de force est très mal compris par les élèves et cela se remarque très rapidement par le vocabulaire qu'ils emploient pour parler de ce concept. En effet, on remarque qu'ils utilisent un **vocabulaire très approximatif** pour parler de force (i.e. *énergie*, *puissance*, *impulsion* (Viennot, 1989)). Cela illustre donc bien les confusions faîtes par les élèves et cette difficulté à comprendre ce que représente physiquement le concept de force. D'ailleurs, cette imprécision de vocabulaire peut les conduire à l'écriture de relations inhomogènes…

2.2. Les conceptions initiales ou préconceptions des élèves.

Dans cette section, nous allons désormais nous intéresser, aux difficultés liées aux préconceptions qu'éprouvent les élèves dans leur apprentissage du concept de force.

2.2.1. Des difficultés liées aux conceptions initiales.

Tout d'abord, il faut rappeler que l'on a considéré, pendant très longtemps, que les élèves entraient en classe sans aucunes connaissances et que le professeur allait tout leur transmettre.

En effet, le philosophe E. Bonnot de Condillac (XVIII^{ème} siècle), disait à ce titre, que « *l'enfant n'est qu'une cire molle qu'il s'agit d'imprégner* » (Cautinat, 2016). Ainsi, dans cette conception, l'enseignant ignore totalement l'existence d'éventuelles conceptions préliminaires chez ses élèves et n'en tient pas compte. Ainsi, il dispense un enseignement de **transmission purement vertical.**

Il faudra attendre jusqu'à la fin de la première moitié du XX^{ème} siècle pour que quelques intellectuels remettent en cause cette vision. Ils vont mettre en évidence le fait que l'enseignant doit modifier une structure conceptuelle chez les élèves qui a été préalablement construite.

En effet, le philosophe G. Bachelard énonce en 1938, dans son célèbre ouvrage *La Formation à l'esprit scientifique* :

> *« Ils n'ont pas réfléchi au fait que l'adolescent arrive en classe de physique avec des connaissances empiriques déjà constituées : il ne s'agit pas d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale, de renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne. » (Bachelard, 1938).*

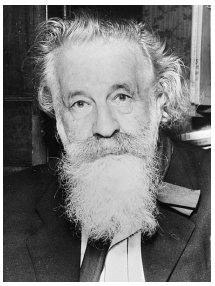


Figure 1 – Gaston Bachelard (1885-1962)
(Collection Anefo, 917-9599)

Effectivement, en entrant à l'École, un enfant s'est déjà construit des représentations sur un très grand nombre de notions qui vont lui être enseignées en classe : c'est ce que les didacticiens appellent les **conceptions initiales** (ou les préconceptions) des élèves. À ce titre, pour Tiberghien et Vince (2005), il s'agit d'un « *ensemble de connaissances ou de procédures hypothétiques qu'on attribue à l'élève dans le but de rendre compte des conduites de l'élève* ». Cette définition permet de mettre en lumière le fait que l'identification de ces conceptions initiales ne sont qu'une reconstruction faite de la part des enseignants et/ou des chercheurs à partir de leurs observations des erreurs typiques qui se retrouvent chez les élèves.

De plus, de façon triviale, plus une notion est présente dans la vie courante, plus elle sera sujette à la construction de conceptions chez les élèves.

C'est d'ailleurs le cas en **mécanique** où une grande majorité des notions abordées, telles que le mouvement, la vitesse, l'accélération, les forces et même l'inertie, font partie intégrante du vocabulaire courant et des situations de la vie quotidienne. Ainsi, très rapidement, ils vont interpréter à leur manière ses différentes notions, avant leur introduction en cours de sciences physiques. Ces interprétations sont des propositions de réponses simples et logiques, à partir d'observations de la vie quotidienne dans l'objectif de résoudre une tâche, un problème et/ou de trouver des explications simples aux phénomènes qui les entoure.

D'après Astolfi et Develay (1998), il y a **plusieurs origines possibles à ces préconceptions :**

- **Une origine individuelle** qui est causée par la curiosité intellectuelle de l'enfant qui va chercher à comprendre et à expliquer des phénomènes courants par l'observation.

- **Une origine sociale** où l'enfant va admettre comme la vérité, les croyances partagées par un groupe social. Cela dépend donc directement de l'environnement culturel, religieux, socio-économique ou encore politique dans lequel évolue le jeune.

Par conséquent, les préconceptions peuvent s'expliquer en partie par l'environnement de l'enfant mais elles relèvent aussi d'un inachèvement du développement cognitif, d'ambigüités dans le langage courant ou dans des analogies faîtes dans la vie quotidienne par une majorité de la population. Elles sont donc à la fois personnelles mais dépendent également du niveau de connaissance mais aussi des expériences vécues et donc du milieu socio-culturel dans lequel l'enfant va évoluer.

Ces préconceptions sont profondément enracinées chez élèves car elles sont à la fois très anciennes mais elles sont tout à fait pertinentes dans la vie courante parce qu'elles proposent des explications simples et cohérentes du Monde et sont maintes fois soutenues par la majorité !

En d'autres termes, **les enfants viennent en cours avec une physique et il s'agit de leur enseigner la Physique !** Or, l'élève préfère parfois rester dans sa « *zone de confort* » avec ses interprétations logiques du Monde plutôt que d'accepter de les remettre en question et d'aller adhérer à une idée qui aille, parfois, à l'encontre de son raisonnement initial et spontané.

Or, le **développement de la pensée scientifique nécessite le dépassement de ces préconceptions** qui constituent un véritable obstacle à l'apprentissage et donc à la compréhension d'un concept.

Dès lors, il s'avère nécessaire de faire franchir ces obstacles aux élèves. Gaston Bachelard (1938) figure parmi le premier, à avoir identifié l'importance et le rôle de ces conceptions dans le processus d'apprentissage : il parle d'ailleurs « d'**obstacle épistémologique** » puisqu'il s'agit de raisonnements spontanés de la part des élèves et qui font barrage à la bonne compréhension d'un phénomène.

On distingue deux types d'obstacles épistémologiques :

- Les **obstacles lexicaux** qui sont liés à la polysémie du terme.
- Les **obstacles tautologiques** qui sont liés à sa compréhension (Astolfi & Peterfalvi, 1993).

Le concept de force se classe dans les deux catégories d'obstacles, ce explique en partie la grande difficulté que constitue la compréhension du concept de force pour les élèves.

Ainsi, un simple processus de transmission verticale des connaissances du sachant (*l'enseignant*) vers l'apprenant (*l'élève*), ne permet pas de faire franchir ses obstacles. Les conceptions erronées se maintiendront alors durablement chez les élèves (au même titre d'ailleurs que si l'enseignant décide de ne pas les prendre en considération).

Afin de franchir un tel obstacle, Astolfi et Peterfalvi (1993) ont proposés une méthode en trois étapes de **« Repérage, fissuration et franchissement ».**

Cf. Figure 2 ci-après.

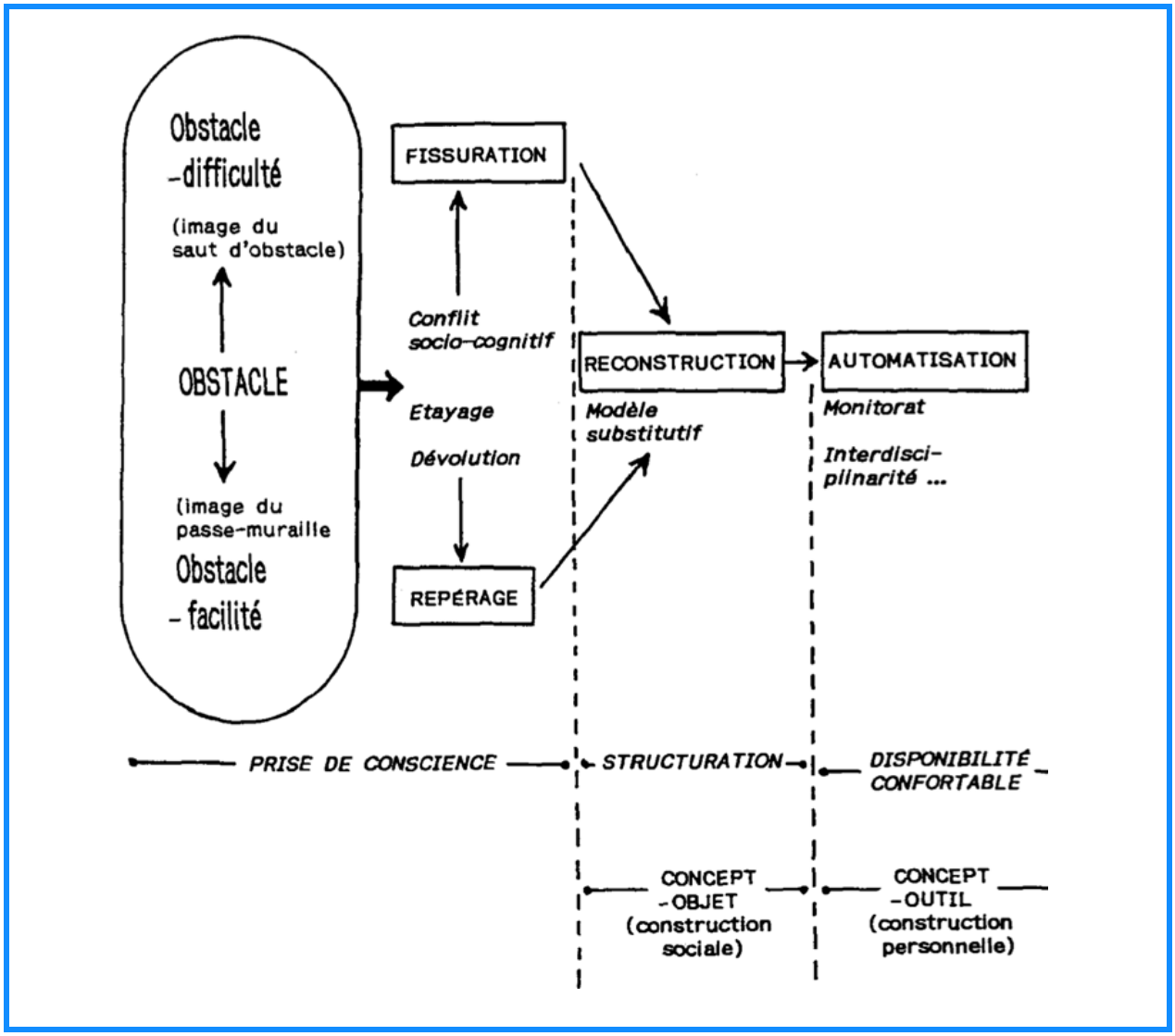


Figure 2 – Franchissement d'un obstacle
(Astolfi & Peterfalvi, 1993)

➲ Premier niveau : Étape de repérage.

Il s'agit pour l'enseignant de repérer les préconceptions des élèves, souvent implicites, qui vont être des obstacles dans les apprentissages. C'est pourquoi, il s'agit de les faire **émerger** afin de pouvoir travailler sur la conception en elle-même mais aussi sur ses origines et ses fondements.

Cependant, cette première étape peut déjà poser quelques difficultés d'un point de vue de l'enseignant. En effet, cette étape de repérage nécessite que l'enseignant possède une bonne connaissance des différentes préconceptions des élèves afin qu'il puisse identifier les notions ou les concepts qui s'y opposent dans sa séquence pédagogique.

➲ Deuxième niveau : Étape de prise de conscience et de fissuration.

Il s'agit de réaliser une **déstabilisation conceptuelle** en faisant se confronter les différentes conceptions des élèves au sein d'un même groupe. Ici, l'objectif est de leur faire prendre conscience que « quelque chose cloche » (Astolfi & Perfalvi, 1993) dans les préconceptions.

Cela peut passer par des questions où l'on demande aux élèves d'expliquer des situations de la vie quotidienne ou des résultats d'une expérience et/ou d'une vidéo.

On peut également mettre en place des débats contradictoires au sein même de la classe afin de mettre les élèves devant des faits contradictoires et/ou de confronter une classe à une conception émise par un élève et les faire discuter et argumenter.

Quelques propositions de pistes de travail :

Organisation de débats contradictoires, mise en place de démarches d'investigation (où les élèves vont construire eux-mêmes la conception correcte), d'activité d'histoire des Sciences ou de situations problèmes (où les élèves vont émettre des hypothèses, des stratégies de résolution, concevoir et/ou réaliser des expériences pour vérifier les hypothèses, les analyser et conclure quant à la véracité de l'hypothèse émise…).

➲ **Troisième niveau : Étape du franchissement.**

Il s'agit de l'étape de la construction d'une nouvelle conception. Or, afin que l'élève arrive à changer durablement de conception, il faut qu'il soit intimement persuadé du caractère erroné de sa conception mais aussi que l'enseignant soit capable de lui proposer un **modèle explicatif alternatif qui soit mentalement satisfaisant.**

2.2.2. Les conceptions initiales erronées sur le concept de force.

Nous avons vu qu'étant donné qu'on rencontre de nombreux concepts associés à la mécanique dans la vie quotidienne, les élèves ont donc construit très rapidement des conceptions sur ces différentes notions. C'est cela qui va les conduire à établir des **raisonnements erronés.** Il s'agit, dans cette section, d'identifier les principaux raisonnements erronés chez les élèves concernant le concept de force (*remarque : cette liste n'est pas exhaustive, il s'agit d'un panorama des principaux raisonnements rencontrés chez les élèves*).

Tout d'abord, on remarque d'une manière générale que les élèves ont tendance à considérer que les **forces ne se transmettent que via l'intermédiaire d'objets** (Coppens, 2008).

En effet, bien souvent, d'après les élèves une interaction ne peut exister entre deux objets que par l'intermédiaire d'un troisième objet et il s'agit alors d'une interaction à distance (Dumas Carré & Goffard, 1997). Il en découle un autre raisonnement erroné, qui consiste à dire que les **forces ne peuvent pas se transmettre dans le vide** (en raison d'une absence de corps intermédiaire…). On comprend ainsi pourquoi, ils ont des difficultés à distinguer les actions mécaniques de contact et les actions mécaniques exercées à distance. Ainsi, les interactions à distance ne sont pas forcément comprises par tous les élèves et le poids peut ainsi être oublié par certains d'entre eux dans le bilan des forces exercées sur un objet posé sur un support (Maarouf & Kouhila, 2001).

Deuxièmement, on observe une **ré-émergence de la doctrine de « l'impétus »** dans les raisonnements des élèves. Pour rappel, il s'agit d'une doctrine qui a été élaborée à l'École Néoplatonicienne d'Athènes au V^{ème} siècle, puis qui s'est considérablement développée au Moyen-Âge, notamment par l'intermédiaire de Jean Buridan dans sa critique des travaux d'Aristote afin d'expliquer le mouvement des corps.

L'**impétus** serait une force intrinsèque aux corps qui leur permet de conserver leur mouvement.

> *« Quand une personne met un corps en mouvement elle lui communique un certain impetus, c'est-à-dire une certaine force le rendant capable de se déplacer dans la direction où la personne l'a engagé : vers le haut, le bas, sur le côté ou bien en cercle. C'est grâce à cet impetus qu'une pierre continue à se mouvoir après que le lanceur a cessé de l'accompagner. »*
>
> McCloskey (1983), *L'intuition en physique*, p.70.

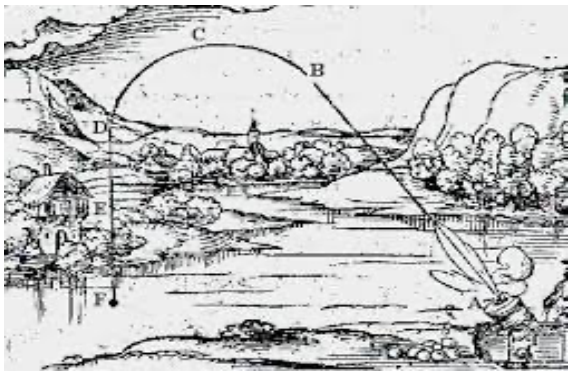


Figure 3 – Théorie de l'impetus
(Impetus Theory in the Field,
Walther H. Ryff, 1582)

Analysons, par exemple, le dessin ci-dessus extrait de l'édition de 1582 de *Bawkunst Oder Architectur aller fürnemsten* de W.H. Ryff.

- Lors de la première phase (i.e. entre les points **A** et **B**), selon cette théorie, l'impétus fourni par le canon. Trajectoire rectiligne.
- Puis, lors de la deuxième phase (i.e. entre les points **B** et **D**), l'impétus s'épuise petit à petit et le poids du projectile incurve alors la trajectoire de ce dernier vers le bas.
- Enfin, lors de troisième phase (i.e. entre les points **D** et **F**), l'impétus du canon est totalement épuisé et le projectile tombe au sol à la verticale.

Dans le cadre de cette doctrine, un système est alors vu comme capable de contenir une certaine quantité d'impétus. Or, bien que cette théorie soit désuète et fondamentalement incompatible avec les lois de Newton, on observe des raisonnements analogues chez les élèves.

Effectivement, ils évoquent généralement une **capitalisation de la force dans un objet** ce qui lui permet alors de se mouvoir. Puis, lorsque cette quantité de force stockée s'épuise, l'objet s'arrête instantanément. Ainsi, on retrouve en particulier les justifications suivantes dans les copies d'élèves : « *la force du projectile vers le haut* » ou « *la force de tel objet* » plutôt que « *la force exercée par … sur l'objet* » en question (Viennot, 1979). Ainsi, tout comme dans la doctrine de l'impétus, ils considèrent le concept de force comme une **propriété intrinsèque d'un objet** et possédant la capacité de se stocker et/ou conserver (erreurs certainement liées à un mauvais usage du terme « force »). Il s'agit d'un raisonnement par **causalité matérielle**, c'est-à-dire que ce qui est « interne » à l'objet est la cause de ses propriétés (Givry, 2003). C'est un type de **raisonnement par causalité simple** qu'on retrouve très régulièrement chez les élèves.

Dans la continuité du raisonnement précédent, les élèves considèrent souvent qu'**uniquement les corps en mouvement peuvent exercer une force.** Par exemple, dans le cas du lancer d'un projectile contre un mur : s'ils considèrent qu'indéniablement le mur peut stopper ou modifier le mouvement du projectile, en revanche, il ne peut pas exercer une force sur celui-ci. De la même manière qu'un projectile posé sur une table, ne subit pas de force de la part de la table. Ipso facto, le **repos implique l'absence de force** pour certains…

De plus, il existe également une conception chez certains élèves, qui consiste à **considérer une adhérence force-vitesse** (Viennot, 1979). En effet, cela est causé par le fait qu'ils considèrent qu'il y a un lien entre le mouvement et une cause motrice et donc entre la vitesse et la force.

Ces raisonnements erronés peuvent trouver leur origine dans **une expérience élémentaire de la vie courante** : il faut appliquer une force pour prolonger le mouvement d'un objet. Par conséquent, il en découle que tout mouvement implique une force dans sa direction et son sens et que la vitesse d'un corps est proportionnelle à la force appliquée sur celui-ci. Cela se retrouve alors à travers des raisonnements du type « *si on double la norme d'une force exercée sur un objet, alors celui-ci va deux fois plus vite* » (Coppens, 2008).

Ensuite, de nombreuses conceptions erronées sont présentes chez les élèves et même dans une grande majorité dans la vie quotidienne (ce qui signifie qu'elles ont résistées à l'issue des enseignements de Physique) concernant les **caractéristiques de la force de frottement.** En effet, il y a une tendance générale à attribuer une caractéristique spécifique aux frottements : il s'agirait d'une force dont le sens est obligatoirement opposé à celui du mouvement du système étudié.

À ce titre, les travaux de Richoux (1996) et de Caldas (2000) montrent que les élèves n'arrivent pas à considérer qu'une force de frottement puisse être motrice et seulement une infime partie de la population testée dans les travaux d'Hélène Richoux, accepte l'idée qu'une force de frottement puisse être soit motrice, soit opposée au mouvement en fonction des cas. Par conséquent, cela soulève une autre difficulté, qui est celle de comprendre que le mouvement d'un corps peut avoir différentes causes. D'une manière générale, il est relativement rare de trouver des raisonnements d'élèves envisageant une pluralité de causes à un effet (Givry, 2003).

Nous reviendrons, dans la section suivante, sur le problème de la force de frottement en mécanique dans l'enseignement secondaire.

Il faut noter qu'à travers les conceptions initiales des élèves, on retrouve de nombreuses similitudes avec les raisonnements des philosophes pré-galiléens. En effet, on retrouve de très nombreux éléments de la conception du Monde d'Aristote (i.e. *force appartenant à l'objet, notion d'impétus, nécessité d'avoir une force dans le sens du mouvement ou encore le fait que les corps lourds tombent plus vide que les corps légers*…). D'une certaine façon, cela semble logique puisque cette vision du Monde a perduré pendant plus de 2000 ans et était basée sur l'observation. C'est seulement avec Galilée et Newton qu'arrive la mécanique au sens moderne du terme avec une démarche mathématisée, conceptualisée et décontextualisée (Fanjoux, 2021).

Au final, afin de considérer qu'un concept physique est assimilé, il ne faut plus que l'élève possède ce type de préconceptions. Ainsi, c'est tout l'art de l'enseignement de les utiliser comme un appui et une aide, à partir de laquelle l'élève va construire de nouvelles connaissances.

2.3. Des difficultés liées à l'enseignement du concept de force en physique.

Cependant, l'enseignement peut parfois conduire à créer de **nouvelles difficultés** chez les élèves qui vont venir faire à nouveau obstacle à la compréhension du phénomène (*notamment dans le cas de l'appropriation par les Mathématiques de l'enseignement de la Mécanique*) ou peut également **renforcer certaines difficultés.**

2.3.1. L'exemple de la force de frottement.

Tout d'abord, reprenons l'exemple précédent sur la **force de frottement**, qui est source de nombreuses préconceptions erronées chez les élèves et qui persistent durablement.

On constate de prime abord, que cette notion est relativement peu étudiée dans l'enseignement, tant au collège qu'au lycée.

En effet, après analyse des programmes officiels, elle n'est introduite qu'à partir de l'enseignement de spécialité « Physique-Chimie » de la classe de Première Générale.

Toutefois, lorsque cette notion est abordée dans les manuels scolaires, elle est quasiment systématiquement opposée au sens du mouvement. Dans le seul cas où l'on voit apparaître une force de frottements motrice (i.e. ***Situation de la voiture*** (Caldas & Satiel, 2000), où elle n'est pas considérée comme une force de frottement « *en tant que tel* »).

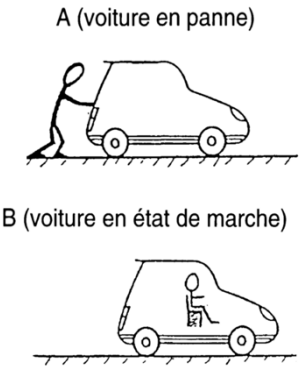


Figure 4 – Situations de la voiture (Caldas, 2000)

<u>En effet, deux termes différents sont utilisés :</u>

- Elle est appelée **force motrice** lorsqu'elle est dans le même sens que le mouvement du véhicule.
- Elle est appelée **force de frottement** lorsqu'elle est dans le sens opposé au mouvement du véhicule.

Ainsi, cela peut conduire à des interprétations erronées chez les élèves, en considérant qu'il ne s'agit plus de frottements lorsque la force est dans le même sens que le mouvement du système étudié.

De même, dans certains exercices, il est demandé de « *Calculer la valeur de la force motrice du véhicule* » (Caldas & Satiel, 2000). Cette phrase est également très ambigüe et car elle suggère implicitement que le véhicule en question possède une force interne et/ou que cette force motrice serait développée par le véhicule. On comprend ainsi, à travers ces exemples, que certains choix des enseignants peuvent avoir de grandes conséquences sur les élèves.

2.3.2. L'exemple de l'inertie.

En outre, il s'agit du même type de problème avec l'introduction du **principe d'inertie** (ou *première loi de Newton*) en classe de seconde générale et technologique. En effet, ce principe est souvent mal compris par les élèves. En effet, d'abord, parce qu'ils possèdent des conceptions initiales erronés qui ne correspondent pas à ce qui est énoncé dans le principe. Mais, aussi, parce que dans l'enseignement (i.e. dans les programmes officiels et les manuels scolaires), la notion d'**inertie*** n'est quasiment jamais définie ou ne l'est pas rigoureusement alors qu'elle est sujette à de nombreuses préconceptions erronées dans la vie courante…

* **Inertie :** L'inertie c'est la capacité d'un corps à ne pas changer d'état (c'est-à-dire à *maintenir indéfiniment invariable son mouvement rectiligne uniforme ou son état de repos*) ou à s'opposer à toute modification de son état (repos ou mouvement rectiligne uniforme), sauf si une nouvelle action s'exerce sur lui.

Deuxièmement, on peut aisément remarquer que l'enseignement du concept de force en physique a été grandement **appropriée par les mathématiques**, du cycle 4 à la terminale. En effet, il est défini, dès son introduction dans les programmes officiels (c'est-à-dire, au début du cycle 4) en tant qu'**entité mathématique.**

Puis, très rapidement au lycée de nombreux problèmes de mécanique se réduisent en des problèmes de géométrie vectorielle (Boumghar, Kendil, Ghedjghoudj, & Lounis, 2012).

La notion de force dans les programmes officiels de l'Éducation Nationale et les manuels scolaires est traitée de manière très mathématique en demande « *d'utiliser des expressions vectorielles* », de « *faire des sommes vectorielles »,* etc. Parfois, les exercices se résument davantage en exercices de géométrie vectorielle plutôt que de Mécanique. Par conséquent, on peut se poser la question si l'enseignement de ce concept, par le biais d'une forte démarche mathématisée, ne renforce pas les difficultés des élèves à appréhender et ne permet pas de comprendre et interpréter physiquement le concept. Dans cette approche, **on met davantage l'accent sur l'appropriation d'une démarche mathématique plutôt que sur la compréhension physique du concept.**

À cela, il faut également rajouter la difficulté de maîtrise des outils mathématiques de la part des élèves. Ainsi, cela peut conduire à complexifier trop rapidement les notions de physique et ainsi « perdre » un certain nombre d'élèves avant même d'avoir essayé de faire comprendre ce que signifiait physiquement ces concepts.

De plus, en réduisant le concept de force à un vecteur mathématique (i.e. *un vecteur libre*), on oublie parfois de traiter une caractéristique fondamentale du concept de force : **le point d'application.** En effet, parfois cette caractéristique est complément omise, ce qui peut poser de nombreux problèmes (exemple : *une force peut être transmise ou transposée*). Effectivement, sachant que la notion de force intervient après l'apprentissage de la vitesse, cela peut entraîner des réelles confusions et créer de nouvelles conceptions erronées chez les élèves tel que, par exemple, le raisonnement suivant : *« la vitesse peut être représentée par un vecteur et une force aussi, alors la vitesse est une force* ». Sinon, dans les cas où l'existence du point d'application est mentionnée, on occulte son rôle en le réduisant à un simple **point géométrique** (Boumghar et al., 2012).

Au final, en raison d'une attente trop rapide d'un bon niveau de maîtrise des outils mathématiques par les enseignants de physique et en abordant la notion sous le biais d'une démarche fortement mathématique, on remarque que certaines préconceptions ne pourront pas être supprimées. De plus, certaines approximations faîtes dans les programmes ne vont faire que de renforcer des conceptions erronées ou de créer des contre-sens puisque le savoir à enseigner est erroné d'un point de vue physique.

2.4. Le rôle des registres sémiotiques dans la compréhension du concept.

Nous avons vu dans la précédente section, que de nombreuses conceptions initiales erronées viennent faire obstacle aux élèves dans la compréhension du concept physique de force. Or, parfois celles-ci demeurent à la suite des différents cours sur ce sujet. Ainsi, cela nous amène à nous interroger sur la **manière de penser le milieu didactique via les erreurs révélatrices des difficultés liées au problème de représentation des savoirs** (i.e. *les registres sémiotiques*).

Après avoir défini succinctement la notion de **registre sémiotique,** nous verrons en quoi cette notion possède toute son importance dans le cadre de l'enseignement du concept de force en Physique.

2.4.1. Notion de registre de représentation sémiotique.

Tout d'abord, la notion de **registre de représentation sémiotique** ou plus simplement de registre sémiotique, a été à l'origine, introduite dans le cadre de travaux en didactique des mathématiques par Raymond Duval [*Semiosis et pensée humaine* (1995) et *La conversion des représentations : un des processus fondamentaux de la pensée* (2007)].

Cette notion est alors définie comme une *« production constituée par l'emploi de signes appartenant à un même système de représentation […]. Elles semblent être le moyen dont un individu dispose pour extérioriser ses représentations mentales* » (Duval, 1995).

De plus, il s'agit d'un système qui permettrait d'accomplir **les trois fonctions cognitives fondamentales en même temps,** c'est-à-dire :

- **La fonction de communication** dont le rôle principal est qu'il soit identifiable directement comme la « représentation de quelque chose ».
- **La fonction de traitement** qui permet d'effectuer des transformations sans changer de système sémiotique afin d'apporter des caractéristiques supplémentaires.
- **La fonction d'objectivation** qui permet d'une prise de conscience de l'existence du système et de permettre sa conversion dans un autre système sémiotique afin de permettre, par exemple, d'expliciter d'autres significations.

Puis, très rapidement, il y a eu un transfert de cette notion de registre sémiotique à d'autres contextes didactiques et notamment dans le cadre des sciences physiques.

En effet, l'une des spécificités de la Physique est de faire appel à un grand nombre de « langages » pour représenter un concept. D'où, le glissement de la notion de registre de représentation sémiotique, de la didactique des Mathématiques à celle des Sciences physiques.

Nous avons identifié les **principaux registres sémiotiques** qu'on peut rencontrer en Sciences physiques, dans la liste ci-dessous :

- **Le registre du langage naturel :**

  Il s'agit du registre verbal (i.e. *phrases*) qui permet de décrire un phénomène, une expérience, d'expliquer un graphique, et de donner du sens physique à une relation mathématique par une phrase.

- **Le registre du langage symbolique :**

  Il s'agit du registre symbolique du langage mathématique. Il formalise une dépendance entre des grandeurs sous la forme d'une relation mathématique.

  C'est le cas des relations mathématiques, des expressions physico-chimiques tels que des équations de réactions, etc. (Malonga-Moungabio et Beaufils, 2010).

Étude d'un exemple avec le théorème de Gauss en électrostatique :

- $Registre\ du\ langage\ naturel$: *Le flux de vecteur champ électrique $\vec{E}$ à travers une surface fermée (S) délimitant un volume (V) est proportionnel à la charge totale à l'intérieur de ce volume.*
- $Registre\ du\ langage\ symbolique$: $\Phi_{\text{tot.}} = \oiint_{(S)} \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{\iiint_{(V)} \rho \cdot dV}{\varepsilon_0} = \frac{Q_{\text{int.}}}{\varepsilon_0}$.

On remarque que le registre du langage symbolique nécessite le plus de capacités d'abstraction de la part des élèves et peut être plus difficilement accessible aux « non-initiés ».

De plus, on ne peut pas considérer le théorème comme compris, si l'élève n'est capable de l'énoncer que sous la forme d'un seul registre (*par exemple, uniquement sous la forme du langage symbolique, ce qui montre alors que l'élève n'arrive pas à donner un sens physique à l'équation qu'il a énoncé*).

➲ **Le registre numérique :**

Il s'agit de données chiffrées tels que les des valeurs isolées ou des tableaux de données (théoriques et/ou expérimentales), par exemple.

➲ **Le registre graphique :**

Il permet de donner une représentation visuelle d'une relation entre des grandeurs (i.e. courbes expérimentales et/ou théoriques). Ce registre possède de nombreuses applications en Sciences physiques.

Quelques exemples pratiques : *Pour rechercher d'une relation de proportionnalité, pour utiliser une courbe d'étalonnage, pour comparer des résultats expérimentaux et théoriques, etc.*

➲ **Le registre d'illustration :**

Il permet d'illustrer un propos, un montage expérimental ou une théorie, par exemple. C'est le cas des schémas, des dessins, des photographies, etc.

→ **L'ensemble de ces registres sémiotiques peuvent être mis en relation comme l'illustre la Figure 5 en page suivante.**

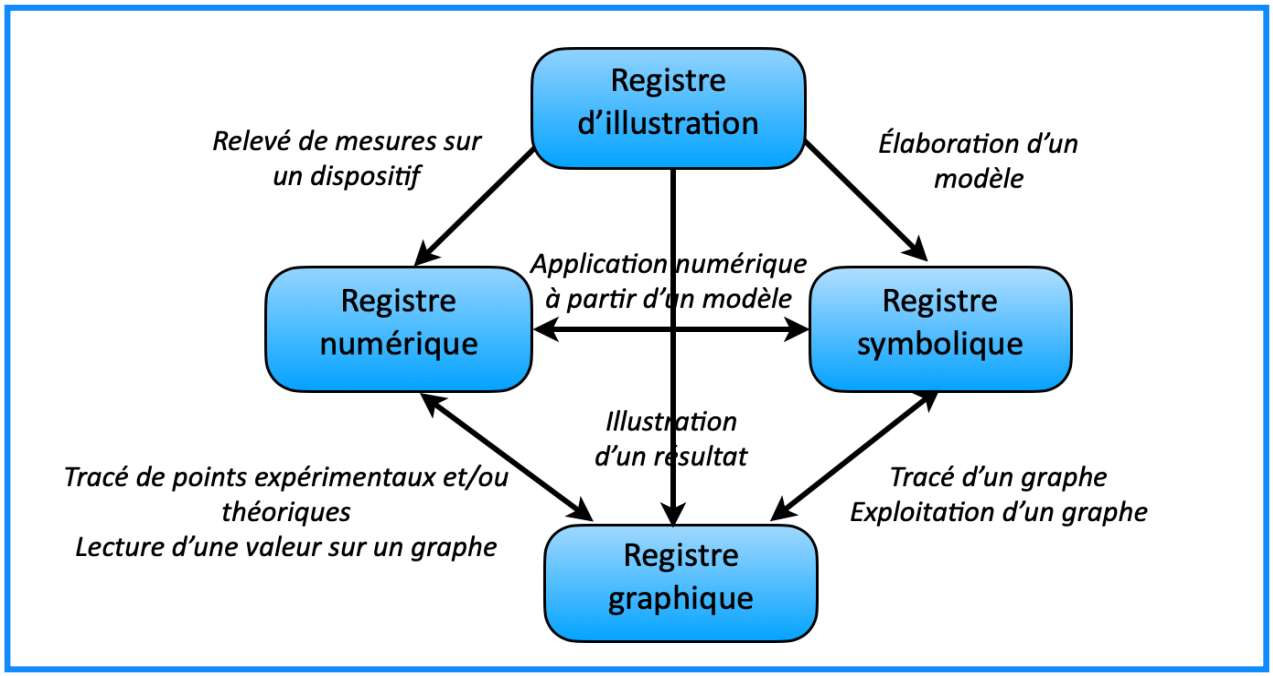


Figure 5 – Les relations inter-registres en physique

Ainsi, il semble nécessaire d'activer une diversité de registres chez les élèves. Pour ce faire, Duval parle d'établir des **« congruences » entre les différentes représentations sémiotiques d'un même concept.** En d'autres termes, il s'agit d'établir une « correspondance sémantique » entre les éléments signifiants de ces différents systèmes de représentations.

La mise en relation des différents registres correspond à un certain nombre d'**actions.** Par exemple, le passage du registre symbolique au registre graphique permet de tracer une courbe selon un modèle mathématique, tandis que le passage inverse (i.e. *du registre graphique au registre symbolique*) permet une inférence d'un modèle à partir d'une courbe expérimentale (Malonga-Moungabio & Beaufils, 2010).

Cependant, pendant de très nombreuses années, il était coutume de considérer qu'il convenait d'effectuer le choix pertinent d'un seul registre sémiotique pour enseigner un concept.

Ainsi, on peut affirmer que les travaux de Duval ont permis de faire une grande avancée dans ce domaine puisqu'ils ont montré que pour permettre une bonne compréhension d'un concept, il ne faut pas se cantonner à l'utilisation d'un seul registre judicieux mais plutôt de **diversifier l'utilisation des registres sémiotiques** dans l'enseignement étant donné qu'ils mettent en avant des caractéristiques (ou *propriétés*) différentes d'un même concept.

J'ai représenté des exemples de différentes représentations sémiotiques pour le **concept de force** (*Exemple 1* de la Figure 6 ci-après) et pour la notion de **poids et masse** (*Exemple 2* de la Figure 6 ci-après).

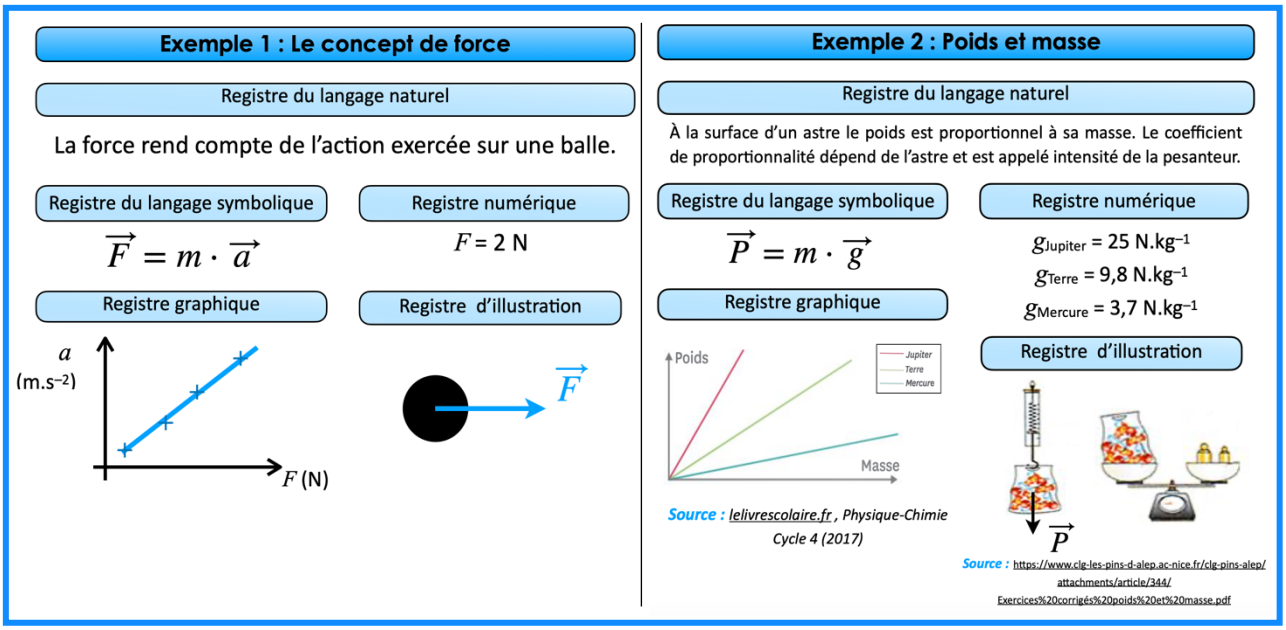


Figure 6 – Exemples de représentations de différents registres sémiotiques avec le concept de force (1) et avec la notion de poids et masse (2)

Analysons succinctement les exemples représentés ci-dessus.

On remarque le registre du langage symbolique permet de mettre en évidence le **caractère vectoriel** d'une force tandis que le registre graphique montre qu'il existe une **relation de proportionnalité entre force et accélération**.

De plus, la représentation schématique (*registre d'illustration*) permet de mettre en évidence la **distinction entre direction et sens** d'une force.

Enfin, la langue naturelle peut faire apparaître la distinction entre le concept de force, les objets (i.e. *la balle*) et les événements (i.e. *l'action exercée sur la balle*). (Givry, 2003).

Ainsi, il est indéniable que la **compréhension complète d'un concept doit passer par la mise en relation des différents registres qui le représentent.** On peut donc indiquer qu'il est possible de considérer qu'une notion est comprise lorsque les différents registres sémiotiques sont compris ainsi que les différentes méthodes pour passer de l'une à l'autre. En effet, la compréhension de l'élaboration des représentations permet son appropriation par les élèves. Ensuite, le travail de transformations vers d'autres représentations est rendu possible.

2.4.2. L'importance des registres sémiotiques en mécanique.

Nous avons vu que les conceptions initiales sur le concept de force sont fortement enracinées chez les élèves. Par conséquent, une simple transmission verticale des savoirs n'est pas suffisante pour les supprimer. Cependant, malgré des méthodes pédagogiques moins traditionnelles, on constate qu'on continue à retrouver des conceptions erronées chez les élèves et qu'elles persistent après les apprentissages. Ainsi, dans ce cas, l'une des solutions peut être, qu'après avoir utilisé la méthode proposée par Astolfi et Peterfalvi (1993) pour les repérer les préconceptions (*les identifier et travailler sur leurs origines et fondements*) de **réaliser une déstabilisation conceptuelle et enfin de proposer un modèle explicatif disponible et mentalement satisfaisant.**

Ensuite, il convient d'utiliser une **grande variété de registres sémiotiques** pour représenter le concept, ainsi que les relations entre registres seront présentées afin de favoriser l'acquisition des savoirs.

En outre, Givry et Andreucci (2015) ont montré que les registres sémiotiques n'interviennent pas seulement dans la compréhension d'un concept mais qu'ils peuvent également permettre d'**accroître les performances des élèves.** En effet, le fait d'avoir étudié un concept sous ses différentes représentations permet aux élèves de restituer les savoirs dans une plus grande variété de registre, d'illustrer leurs propos et de mémoriser davantage les informations.

In fine, afin de considérer qu'un concept physique tel que la force soit compris, il faut s'assurer que l'apprenant soit capable de représenter ce concept dans différents registres sémiotiques mais aussi soit capable de mettre en relation les différentes représentations de celui-ci. Enfin, il doit être capable d'identifier le concept sous tous les registres et de le « transformer » d'une représentation à une autre.

3. L'ÉLABORATION DE LA QUESTION DE RECHERCHE.

3.1. Le choix du sujet et les motivations initiales.

Tout d'abord, en début de première année de Master, j'avais choisi de travailler sur l'apprentissage et l'enseignement du concept de force dans le secondaire puisqu'il s'agit d'un thème qui m'intéresse et dont j'ai pu constater qu'il était souvent mal compris. Effectivement, il s'agit d'un terme très employer dans la vie quotidienne et ce dans une très grande variété de contextes.

Ensuite, je me suis intéressé à la lecture des programmes officiels (i.e. *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale*) et en particulier du Cycle 4 (i.e. *De la classe de 5ème à la classe de 3ème – Collège –*) et de seconde générale sur les parties du programme traitant de la mécanique. Il s'agit en effet d'une thématique abordée dans le secondaire, du Cycle 4 jusqu'à la terminale. De plus, malgré une progressivité des apprentissages abordée dans une **logique d'enseignement « spiralaire »** (i.e. *où l'on reprend une notion plusieurs fois dans la progression et en la complexifiant au fur et à mesure*) afin de construire des connaissances de manière progressive, le concept de force a pourtant beaucoup de mal à être compris.

En effet, la mécanique constitue un **cadre théorique complet dans l'enseignement secondaire** et plus particulièrement la notion de force puisqu'elle est enseignée en sciences physiques du Cycle 4 à la Terminale (*voie générale*).

En effet, l'étude des mouvements est introduite en fin de Cycle 3 via l'attendu « *Observer et décrire différents types de mouvement* » puis est approfondi au cours du Cycle 4 dans le cadre du thème « *Mouvements et interaction* » et plus principalement, de l'attendu « Modéliser une action exercée sur un objet par une force caractérisée par une direction, un sens et une valeur ». Ensuite, en classe de Seconde générale et technologique, le principe d'inertie y est introduit. Puis, en Spécialité de Première les interactions fondamentales (i.e. la force de gravitation et la force électrostatique) sont étudiées plus en détails et la notion de champ est introduite. Enfin, il y a une formalisation des lois de Newton en Terminale Spécialité avec l'étude de mouvement dans un champ uniforme et dans un champ de gravitation ainsi que l'étude des lois de Kepler.

J'ai remarqué que dans le Bulletin Officiel de Seconde générale et technologique, il est indiqué de « *Représenter une force par un vecteur ayant une norme, une direction et un sens* ». Cet item m'a interpelé puisqu'on demande de représenter une force par une entité mathématique libre (i.e. *un vecteur*) et on occulte ainsi totalement la notion de point d'application pourtant fondamentale. À noter, que j'ai pu constater la même chose dans de très nombreux manuels scolaires.

3.2. L'élaboration de la question de recherche.

Pour ce faire, j'ai recherché des premiers référents théoriques dans des articles en didactique de la Physique sur l'enseignement et l'apprentissage du concept de force en mécanique. J'ai trouvé de nombreux articles de didactique dans les revues telles que *Didaskalia*, *RDST* et *Tréma*, ainsi que des thèses en sciences de l'éducation sous la direction d'Andrée Tiberghien sur la compréhension de la mécanique mais aussi dans d'autres domaines (*optique, acoustique et étude des gaz*) traitant du rôle des conceptions initiales et l'évolution de la compréhension conceptuelle des élèves.

Concernant les concepts principaux que j'ai pu identifier à partir de la lecture de ces documents sont la notion de **concept**, la notion de **registre sémiotique** (définition et rôle de l'utilisation de plusieurs registres sémiotiques [*langue, schéma, diagramme, langage symbolique, etc.*] ainsi que l'établissement de liens entre eux), les **difficultés d'apprentissage** (parfois liées aux mathématiques), la démarche mathématisée mais aussi sur les **conceptions** (définition et l'influence et le rôle des conceptions initiales des élèves) qui sont des outils pour évaluer la compréhension d'un concept.

Certaines solutions ont déjà été apportées, tels que le « schéma éclaté » (L. Viennot, 1996) ou le « Diagramme Objet Interaction » (i.e. *DOI*) par A. Dumas-Carré et M. Goffard (1997) qui est désormais enseigné au lycée, mais qui ne règle toujours pas le problème du point d'application et nécessite un certain niveau d'abstraction (ce qui est également une source de difficultés pour les élèves).

Au final, l'intitulé de notre question de recherche serait ***« En quoi le recours à l'utilisation de différents registres sémiotiques permet-il de contribuer à l'apprentissage du concept de force chez les élèves ? ».***

4. MÉTHODOLOGIE DE RECHERCHE.

On va étudier l'influence de la multiplication de l'utilisation de registres sémiotiques dans la compréhension du concept de force chez les élèves. On souhaite étudier si cela permet une meilleure compréhension du concept de force ou a contrario si cela demande aux élèves un niveau de difficulté supplémentaire.

On entend par meilleur compréhension, le fait que les élèves soient en capacité de représenter le concept dans différents registres sémiotiques mais aussi de mettre en relation les différentes représentations de celui-ci.

Enfin, il doit être capable d'identifier le concept sous tous ses registres et qu'il soit capable de le transformer d'une représentation à une autre.

4.1. Échantillon.

L'étude sera réalisée sur deux classes de Seconde générale et technologique du **Lycée « Les Haberges »** de Vesoul.

Ces deux classes sont assez similaires. Elles sont d'un assez bon niveau général mais sont hétérogènes.

Figure 7 – Logo du Lycée

Le tableau suivant récapitule le nombre d'élèves par classe :

Classes	Nombre d'élèves	Groupe de TP1	Groupe de TP2
Seconde 6	**30 élèves**	16 élèves	14 élèves
Seconde 7	**29 élèves**	13 élèves	16 élèves

Tableau 1 – Classes

L'étude que nous allons réaliser sera évidemment à nuancer puisqu'elle se base sur un très faible échantillon (seulement 59 élèves au total).

Il pourrait donc être intéressant de généraliser cette étude sur plusieurs établissements, par la suite. En effet, ce travail de mémoire pourrait ouvrir sur la création d'une **« boîte à outils »** à destination des enseignants afin de faire reproduire l'étude sur un ensemble d'établissements scolaires.

4.2. Objectifs et procédure de traitement des données.

Concernant le type de données que l'on va recueillir lors de ce travail, il s'agira principalement de **productions écrites d'élèves.**

L'objectif de ce travail, est à la fois d'identifier les conceptions initiales des élèves de seconde sur le concept de force en mécanique mais aussi d'étudier l'influence des registres sémiotiques sur la compréhension de ce concept.

Pour ce faire, on réalisera une étude sur ces deux classes de seconde. Elle sera réalisée principalement sur la séance d'introduction au chapitre **« Actions mécaniques et forces ».** Cette séance aura lieu lors d'une séance d'une heure et demie en demi-groupe. Ainsi, cette activité va être reproduite 4 fois.

À noter qu'avant cette séance introductive, les élèves de Seconde n'ont jamais parlé de « forces » au cours de l'enseignement de Physique-Chimie de cette année scolaire.

* * * Déroulement de la séance * * *

Dans une première partie de la séance, les élèves des deux classes vont réaliser le même travail. Il s'agit de **recueillir les conceptions initiales des élèves sur le concept de force en Mécanique**.

Pour ce faire, nous allons leur distribuer un petit questionnaire diagnostique en début de séance.

Ce questionnaire sera divisé en deux parties :

➲ **Une première partie constituée de questions à choix multiples.**

Pour chaque question posée, il s'agira d'une préconception (cf. « *Cadre théorique* » ci-avant). Cette première partie a pour objectif d'**identifier les conceptions initiales présentes sur le concept de force chez nos élèves**.

Dans cette partie, une différenciation aura lieu entre les deux groupes de TP de chaque classe. Pour un groupe, les questions seront seulement énoncées dans le langage naturel tandis que pour l'autre groupe plusieurs registres sémiotiques seront utilisés. Cette partie a pour objectif d'identifier les conceptions initiales sur le concept de force chez nos élèves mais aussi d'**étudier l'influence des registres sémiotiques dans un énoncé.**

➲ **Une deuxième partie où les élèves devront expliquer ce qu'est une force, en précisant que la forme de restitution est libre** (*texte, dessins, carte heuristique, …*).

Cette partie a également pour objectif d'identifier les conceptions initiales sur le concept de force chez nos élèves mais aussi d'étudier l'influence des registres sémiotiques lors d'une séance d'enseignement.

Il est important de noter que le recueil des préconceptions des élèves va se faire exclusivement à l'écrit via ce **questionnaire.**

Or, il est sans doute probable qu'un recueil des conceptions initiales à l'oral puisse donner des résultats sensiblement différents. Il est effectivement tout à fait possible que les élèves répondent à l'oral de façon beaucoup plus spontanée, moins conventionnelle et davantage propice à l'invention qu'à l'écrit... Ainsi, dans le cadre d'une étude plus large, il serait envisageable d'**intégrer une partie orale** (par exemple, *via des entretiens oraux enregistrés de plusieurs élèves de chaque classe*).

Ensuite, une activité sera réalisée en classe sur le thème des forces et actions mécaniques. Dans l'une des classes de Seconde (donc avec deux groupes de travaux pratiques) très peu de régimes sémiotiques seront employés durant la séance tandis qu'on va multiplier les registres sémiotiques présentés aux élèves avec les deux groupes de TP de deuxième classe de seconde. De plus, le modèle du **diagramme objet interactions (DOI)** sera uniquement présenté à la classe de type 2 où l'on multiplie l'usage des registres.

Il s'agira d'une activité ayant pour objectif d'introduire le concept de force comme la modélisation d'une action mécanique. Ainsi, la première partie de l'activité sera consacré aux **actions mécaniques** (*identification des systèmes extérieurs qui agissent sur le système étudié, distinction entre interaction à distance / de contact*) puis la seconde partie de l'activité concernera la **modélisation d'une action mécanique par une force** que l'on représentera par un vecteur ayant un point d'application, une direction, un sens et une norme.

→ Les énoncés des activités se trouvent en annexe de ce mémoire.

L'activité où peu de registres sémiotiques ont été utilisés se trouve en **ANNEXE 1**, tandis que l'énoncé de l'activité où l'on a essayé de multiplier l'usage des registres sémiotiques se trouve en **ANNEXE 2** de ce mémoire. À noter, que les registres sémiotiques ne seront pas seulement multipliés dans l'énoncé de l'activité mais aussi tout au long de la séance (i.e. *Au tableau, lors des corrections, images projetées au vidéoprojecteur…*).

Ensuite, un questionnaire sera donné en début d'heure aux élèves de ces deux classes lors de la séance de cours suivante (en classe entière). De la même manière, ce travail ne sera pas évalué.

Ce second questionnaire sera également constitué de deux parties, dont l'une est identique à celle du premier questionnaire (i.e. *la partie 2*) :

➲ **Une première partie où les élèves devront représenter des forces qui agissent une balle dans une situation donnée.**

Cette partie a pour objectif d'identifier l'**évolution des conceptions sur le concept de force chez nos élèves.**

➲ **Une deuxième partie où les élèves devront expliquer ce qu'est une force, en précisant bien que la forme de restitution est libre** (*texte, schémas, dessins, tableau, carte heuristique, illustrations*…).

Cette partie identique au premier questionnaire a pour objectif d'identifier l'**évolution des conceptions sur le concept de force chez nos élèves** mais aussi d'étudier l'**influence des registres sémiotiques lors d'une séance d'enseignement.**

Remarque : Entre les deux relevés, il s'écoule une durée d'environ une semaine.

Il s'agit donc dans ce cas de comparer, pour un même questionnaire, les productions de différents élèves au même moment (**identification** des principales préconceptions dans le questionnaire 1) et de **comparer** les différentes productions d'un même élève à différents moments donnés (évolution entre les questionnaires 1 et 2).

L'objectif serait de voir l'évolution des conceptions sur un concept donné chez les élèves à l'issue d'un apport théorique.

EN RÉSUMÉ :

Classes	Groupes d'élèves	Lors de la séance d'activités…	Type de questionnaire
Seconde 6	Groupe TP1 (16 élèves)	Peu de registres sémiotiques utilisés. Principalement langage naturel.	Questionnaire avec plusieurs registres sémiotiques
	Groupe TP2 (14 élèves)		Questionnaire avec principalement du texte.
Seconde 7	Groupe TP1 (13 élèves)	Multiplication de l'usage de registres sémiotiques différents.	Questionnaire avec plusieurs registres sémiotiques
	Groupe TP2 (16 élèves)		Questionnaire avec principalement du texte.

Tableau 2 – Organisation du travail

Dans l'idéal, il aurait fallu mener la séquence pédagogique « *Actions mécanique et forces* » en utilisant un nombre restreint de registre sémiotique avec une classe et maximiser l'usage de registres sémiotiques présentés aux élèves dans une autre classe. Cependant, dans le souci de ne pas « sacrifier » une classe sur une séquence entière, l'étude portera simplement sur **une séance.**

À noter qu'il pourrait être intéressant de faire passer le même questionnaire aux élèves des deux groupes de Terminale Spécialité « Physique-Chimie » du Lycée, afin de voir s'il reste des conceptions initiales à l'issue des trois années d'enseignement de la mécanique du Lycée et de les identifier. Le cas échéant, cela signifie que l'**étape de fissuration** (cf. Figure 2 – Franchissement d'un obstacle, Astolfi & Peterfalvi, 1993) a sans doute eu lieu mais que celle du **franchissement de la préconception** (i.e. *l'élève change durablement sa conception*) n'a pas eu lieu.

4.3. L'élaboration du questionnaire.

Pour ce faire, nous nous sommes principalement basés sur les recherches bibliographiques qu'on a réalisé en amont (i.e. ***Cadre théorique*** *ci-avant, où l'on a mis en évidence les principales préconceptions des élèves qu'on pourrait retrouver dans le cadre de cette séquence pédagogique de Mécanique*) mais aussi sur le test d'évaluation conceptuelle FMCE « *Force and Motion Conceptual Evaluation* » de Thornton & Solokoff (1998).[†]

De plus, il faudra s'efforcer à trouver des situations proches de la vie quotidienne afin de permettre aux élèves de mobiliser plus spontanément les conceptions initiales.

Par conséquent, nous avons donc construit le questionnaire écrit en fonction des conceptions initiales possibles que nous pourrions rencontrer chez nos élèves de Seconde. Ce questionnaire permettra de vérifier notre première hypothèse selon laquelle **les élèves** (ici, de Seconde) **ont de très nombreuses conceptions initiales erronées sur le concept de force en mécanique** mais aussi de **quantifier l'évolution des conceptions des élèves.** Enfin, nous étudierons l'**influence de la multiplication de l'usage des registres sémiotiques.**

Nous allons nous concentrer sur des notions qui sont abordées en classe de seconde générale et technologique. C'est pourquoi, le cas de la **force de frottement,** bien que très intéressant, ne sera pas abordé dans ce questionnaire puisque cette notion est introduite dans les programmes que succinctement à partir de l'enseignement de Spécialité de la classe de Première Générale.

QUESTIONNAIRE N°1 – 1ère partie : QCM.

QUESTION 1 : Préconception selon laquelle le *repos signifierait l'absence de force*.

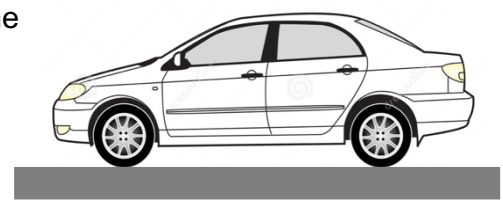
Énoncé de Type 1 (Principalement du texte)

Une voiture est à l'arrêt parce qu'aucune force n'agit sur elle. ☐ VRAI. ☐ FAUX.

[†] Thornthon, R., & Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *American Journal of Physics,* 66 (4). 338-351.

Énoncé de Type 2 (Usage de plusieurs registres sémiotiques – texte et schémas) :

La voiture blanche ci-contre est à l'arrêt parce qu'aucune force n'agit sur elle.



☐ VRAI.

☐ FAUX.

QUESTION 2 : Préconception selon laquelle *une force doit être orientée dans le sens du mouvement* :

Énoncé de Type 1 (Principalement du texte)

Un sportif jette un ballon en l'air à la verticale. On décompose le mouvement du ballon en trois phases :

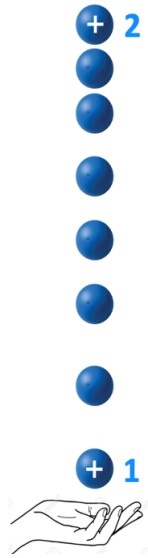
P1. Après avoir été lâché par le sportif, le ballon monte.
P2. Le ballon a atteint le point le plus haut.
P3. Le ballon retombe verticalement.

Pour chaque phase (**P1, P2** et **P3**), choisir une des propositions suivantes indiquant quelques caractéristiques de la force agissant sur le ballon :

Propositions :	P1.	P2.	P3.
(a) Le ballon n'est soumis à aucune force.			
(b) La force est dirigée vers le haut et sa valeur diminue.			
(c) La force est dirigée vers le haut et sa valeur est constante.			
(d) La force est dirigée vers le haut et sa valeur augmente.			
(e) La force est dirigée vers le bas et sa valeur diminue.			
(f) La force est dirigée vers le bas et sa valeur est constante.	**X**	**X**	**X**
(g) La force est dirigée vers le bas et sa valeur augmente.			

Énoncé de Type 2 (Usage de plusieurs registres sémiotiques – texte et schémas) :

Un sportif jette un ballon en l'air à la verticale.

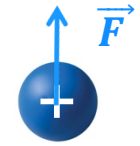
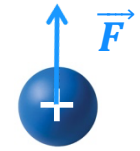
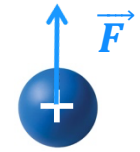
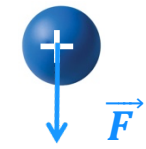
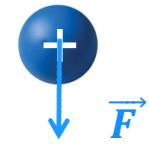
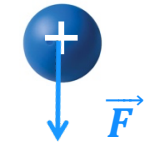


Pour chaque phase (**P1, P2** et **P3**), choisir une des propositions suivantes indiquant quelques caractéristiques de la force agissant sur le ballon :

P1. Après avoir été lâché par le sportif, le ballon monte.

P2. Le ballon a atteint le point le plus haut.

P3. Le ballon retombe verticalement.

Propositions :	1.	2.	3.
(a) Le ballon n'est soumis à aucune force.			
(b)  $\vec{F}$: Norme diminue.			
(b)  $\vec{F}$: Norme constante.			
(d)  $\vec{F}$: Norme augmente.			
(e)  $\vec{F}$: Norme diminue.			
(f)  $\vec{F}$: Norme constante.	X	X	X
(g)  $\vec{F}$: Norme augmente.			

QUESTION 3 : Adhérence force – vitesse.

Énoncé de Type 1 (Principalement du texte)

On considère la situation d'une collision entre un camion et une voiture (*on néglige dans cette question, les frottements et les déformations induits par la collision*).

La voiture roule deux fois plus vite que le camion lorsqu'ils entrent en collision.

Propositions :	Réponse :
(a) La voiture exerce une force deux fois plus grande sur le camion que le camion n'exerce sur la voiture.	
(b) La voiture exerce une force deux fois plus petite sur le camion que le camion n'exerce sur la voiture.	
(c) La voiture exerce une force identique sur le camion à celle qu'exerce le camion sur elle.	X
(d) Aucun des deux n'exerce de force l'un sur l'autre.	

Énoncé de Type 2 (Usage de plusieurs registres sémiotiques – texte et schémas) :

On considère la situation d'une collision entre un camion et une voiture (*on néglige dans cette question, les frottements et les déformations induits par la collision*).

La voiture roule à 120 km/h tandis que le camion roule à 60 km/h lorsqu'ils entrent en collision.

Propositions :	Réponse :
(a) La voiture exerce une force 2 fois plus grande sur le camion que le camion n'exerce sur la voiture.	
(b) La voiture exerce une force 2 fois plus petite sur le camion que le camion n'exerce sur la voiture.	
(c) La voiture exerce une force identique sur le camion à celle qu'exerce le camion sur elle.	X
(d) Aucun des deux n'exerce de force l'un sur l'autre.	

QUESTIONNAIRE N°1 – 2ème partie : Définir le concept de force.

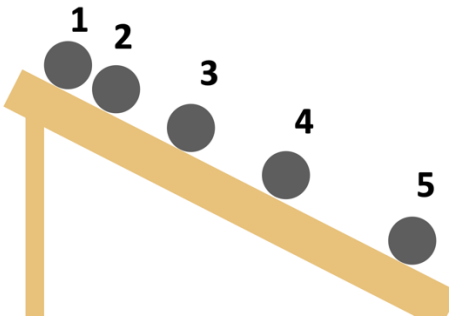
Expliquer ce qu'est la notion de **« Force »** en Physique.

La forme de restitution est libre (cf. *commentaires ci-avant*). Cette partie est commune à tous.

QUESTIONNAIRE N°2 – 1ère partie : Représenter des forces.

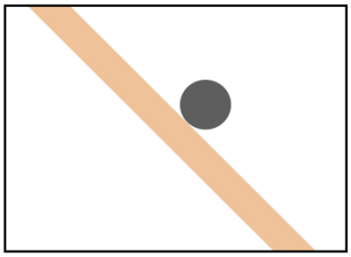
On lâche un ballon de football sans vitesse initiale du haut d'un plan incliné.

Les positions successives du ballon sont repérées à intervalles de temps réguliers sur le schéma ci-dessous.



→ En négligeant l'action de l'air sur la balle, <u>représenter</u> sans souci d'échelle, sur les 2 schémas ci-dessous, les forces qui s'exercent sur le ballon à la position **4**.

4 :



QUESTIONNAIRE N°2 – 2ème partie : Définir le concept de force.

<u>Expliquer</u> ce qu'est la notion de **« Force »** en Physique.

La forme de restitution est libre (cf. *commentaires ci-avant*). <u>Cette partie est commune à tous.</u>

4.4. Traitement et analyse des données.

Afin d'analyser ces questionnaires, nous allons étudier chaque partie <u>indépendamment</u>.

Tout d'abord, nous allons **analyser** les réponses aux questions du QCM afin de vérifier nos hypothèses selon lesquelles les élèves possèdent des préconceptions erronées sur le concept de force.

Puis, nous analyserons par **comparaison** les réponses aux parties 2 des questionnaires 1 et 2. Cela nous permettra d'étudier l'évolution de ces conceptions à travers la partie 2 (*définitions*) et nous étudierons l'influence de la multiplication de l'usage des registres sémiotiques au sein d'une séance d'enseignement.

4.4.1. Analyse de la partie 1 du questionnaire n°1 : QCM.

La partie 1 a pour objectif de vérifier la présence de préconceptions sur le concept de force chez nos élèves et de les identifier. Ainsi, pour la **<u>partie 1</u>**, nous allons rentrer dans un tableur le nombre de « *bonnes* » et de « mauvaises » réponses pour chaque affirmation.

Puis, les résultats seront ensuite représentés sous la forme d'un **histogramme** afin de visualiser les préconceptions qui sont les plus présentes chez nos élèves.

Une distinction sera faite entre les énoncés de type 1 et de type 2 afin d'étudier l'influence de la multiplication de l'usage de registres sémiotiques dans un sujet de questionnaire sur les réponses des élèves.

4.4.2. Analyse de la partie 2 des questionnaires n°1 et 2 : Définitions.

Ensuite, afin d'étudier l'impact de l'usage de registres sémiotiques durant la séance d'enseignement, nous comparerons la progression des élèves qui ont suivi un enseignement où les registres sémiotiques ont été multipliés et ceux pour lesquels très peu de registres ont été utilisés. Ainsi, nous **comparerons l'évolution des réponses** des élèves dans les 2 cas.

Enfin, la deuxième partie a pour objectif d'étudier l'impact de l'usage de registre sémiotique lors d'une séance d'enseignement. En effet, l'objectif étant d'étudier si la multiplication de l'usage de registres différents permet une meilleure compréhension du concept de force ou si a contrario cela impose une source de difficulté supplémentaire (et par conséquent, une moins bonne compréhension du concept).

Pour ce faire, nous allons évaluer les réponses à la partie 2 de la manière suivante et nous comparerons pour un même élève les résultats entre le premier relevé (*avant enseignement*) et le second relevé (*après enseignement*). Ensuite, après exploitation des résultats, l'objectif sera de comparer les résultats des élèves ayant suivis un enseignement où l'on a multiplié les registres sémiotiques et les autres où peu de registre ont été utilisé lors de la séance.

Élève	Avant apport théorique		Après apport théorique	
	Termes employés :	*Nombre de RS ‡ employés :*	*Termes employés :*	*Nombre de RS employés :*
Prénom NOM	- - - -		- - - -	

Tableau 3 – Grille d'analyse de la partie 2 « Définition »

Pour étudier l'influence des registres sémiotiques, l'objectif serait de compter le nombre de registres employés par les élèves dans leur synthèse avant et après la séance mais également de compter le nombre d'information pertinente et fausse dans les synthèses.

Rappels : On entend par **meilleur compréhension**, le fait que les élèves soient en capacité de représenter le concept dans différents registres sémiotiques mais aussi de mettre en relation les différentes représentations de celui-ci. Ainsi, nous considérons que la multiplication des registres sémiotiques a permis une meilleure compréhension du concept de force, si l'élève lors du relevé n°2, utilise davantage de registres sémiotiques qu'auparavant, qu'il fait des liens entre eux et que le nombre d'informations pertinentes a augmenté tandis que le nombre d'informations fausses a reculé.

4.4.3. Analyse de la partie 2 du questionnaire n°2 : Représenter des forces.

Cette partie sera analysée à l'aide d'une **grille d'analyse** où les différentes erreurs ont été recensés. Cf. ci-après.

‡ ***RS :*** *Registre sémiotique.*

Erreurs / Critères	Nbr.
1. Réapparition de la notion d'impétus : → Force dans le sens du mouvement (force qui « pousse » ou qui « tire » la balle).	
2. Adhérence force-vitesse : → La vitesse est une force.	
3. Réaction du support erronée :	
→ *Sens erroné : Réaction du support inversée.*	
→ *Direction erronée.*	
→ *Point d'application erroné.*	
4. Pas de réaction du support :	
5. Poids erroné :	
→ *Sens erroné.*	
→ *Direction erronée.*	
→ *Point d'application erroné.*	
6. Pas de poids :	
7. Divers – Autre erreur :	

Tableau 4 – Grille d'analyse

5. LES RÉSULTATS.

5.1. Présentation et analyse des résultats.

5.1.1. Première partie : Identification des conceptions initiales via le QCM et influence des registres sémiotiques.

Les résultats obtenus lors de la première partie du questionnaire (cf. *QCM afin d'identifier les conceptions initiales présentes sur le concept de force*) sont présentés dans les diagrammes ci-dessous.

Remarque : Dans les diagrammes ci-après, les **barres bleues** représentent les parts de **réponses justes** (donc en **désaccord avec la préconception erronée**), tandis que les **barres rouges** représentent les parts de **réponses fausses** (donc en **accord avec la préconception erronée**).

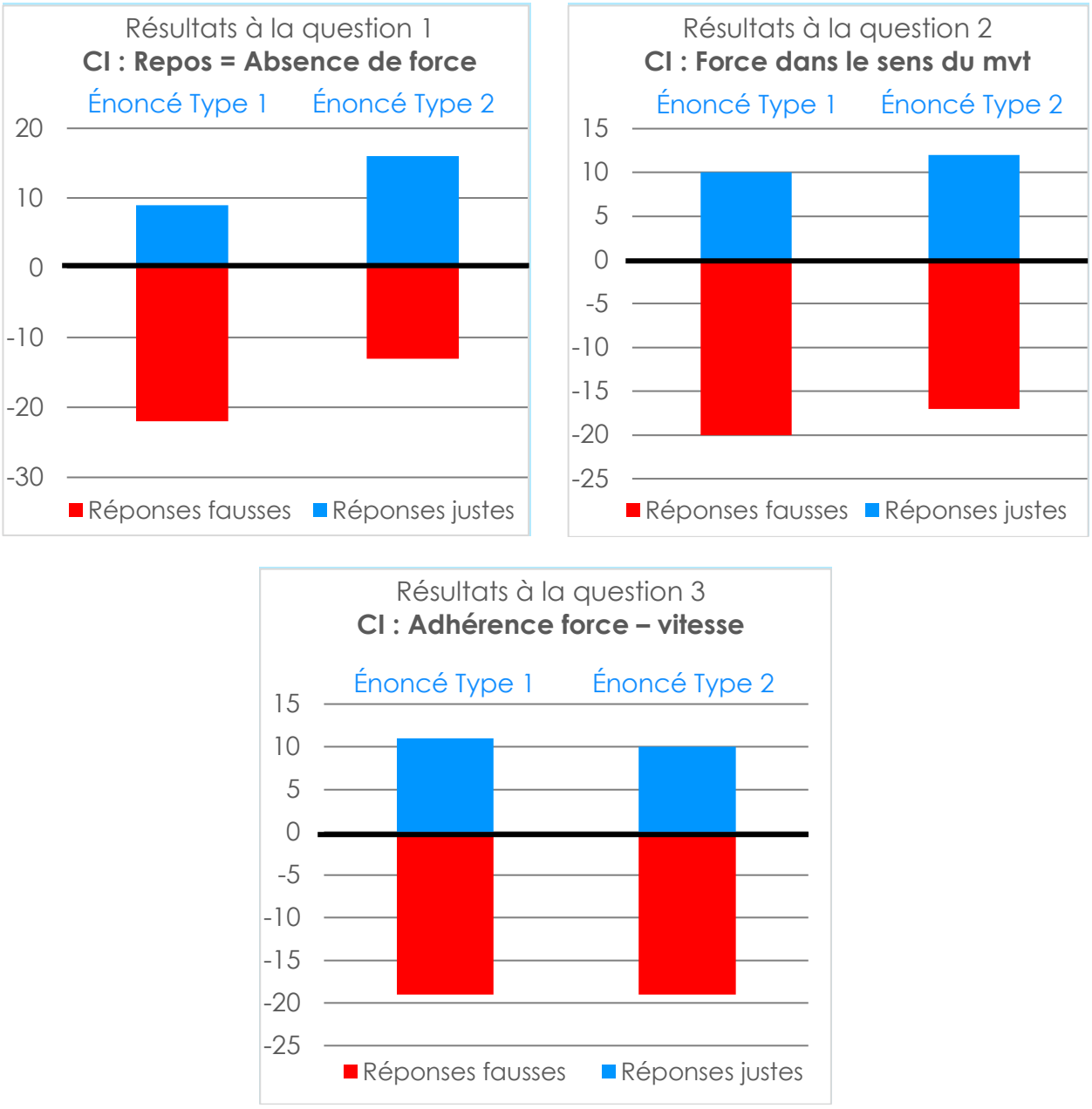


Figure 8 – Résultats du QCM

Tout d'abord, les résultats à ces trois questions confirment nos hypothèses précédentes selon lesquelles **les élèves possèdent des préconceptions erronées sur le concept de force.** On remarque que les trois conceptions initiales selon lesquelles le repos signifierait l'absence de forces, le fait qu'il doit y avoir une force orientée dans le sens du mouvement et la confusion force/vitesse, sont présentes chez nos élèves de seconde.

Deuxièmement, on remarque qu'on obtient presque systématiquement un **meilleur résultat avec les énoncés de type 2** (i.e. *celui où davantage de registres sémiotiques ont été utilisés pour formuler les questions*). On peut donc penser que la multiplication de l'usage des registres sémiotiques a fourni une aide supplémentaire aux élèves.

À ce titre, une différence importante a été observée entre les résultats à la question 1 en fonction du type d'énoncé. En effet, avec seulement un registre de type langage naturel, la

grande majorité des élèves ont été en accord avec la conception selon laquelle le repos signifie l'absence de force.

En revanche, lorsqu'un schéma de la situation (cf. *voiture au repos posée sur un support*) a été rajouté à côté du texte, cela a grandement diminué la part d'élève en accord avec cette préconception. En effet, l'usage du registre d'illustration en complément du registre du langage naturel **a aidé les élèves à mieux se représenter la situation et donc à améliorer leurs performances de réflexion** sur la situation. Effectivement, on peut penser que le fait d'avoir vu le support, certains élèves ont alors pensé à la force exercée par le sol sur la voiture. Ainsi, cela signifierait donc qu'il y a bien des forces qui agissent sur un système même au repos.

5.1.2. Identification des conceptions initiales

Voici quelques **exemples de copies** représentatives de ce qui a été observé lors de cet exercice :

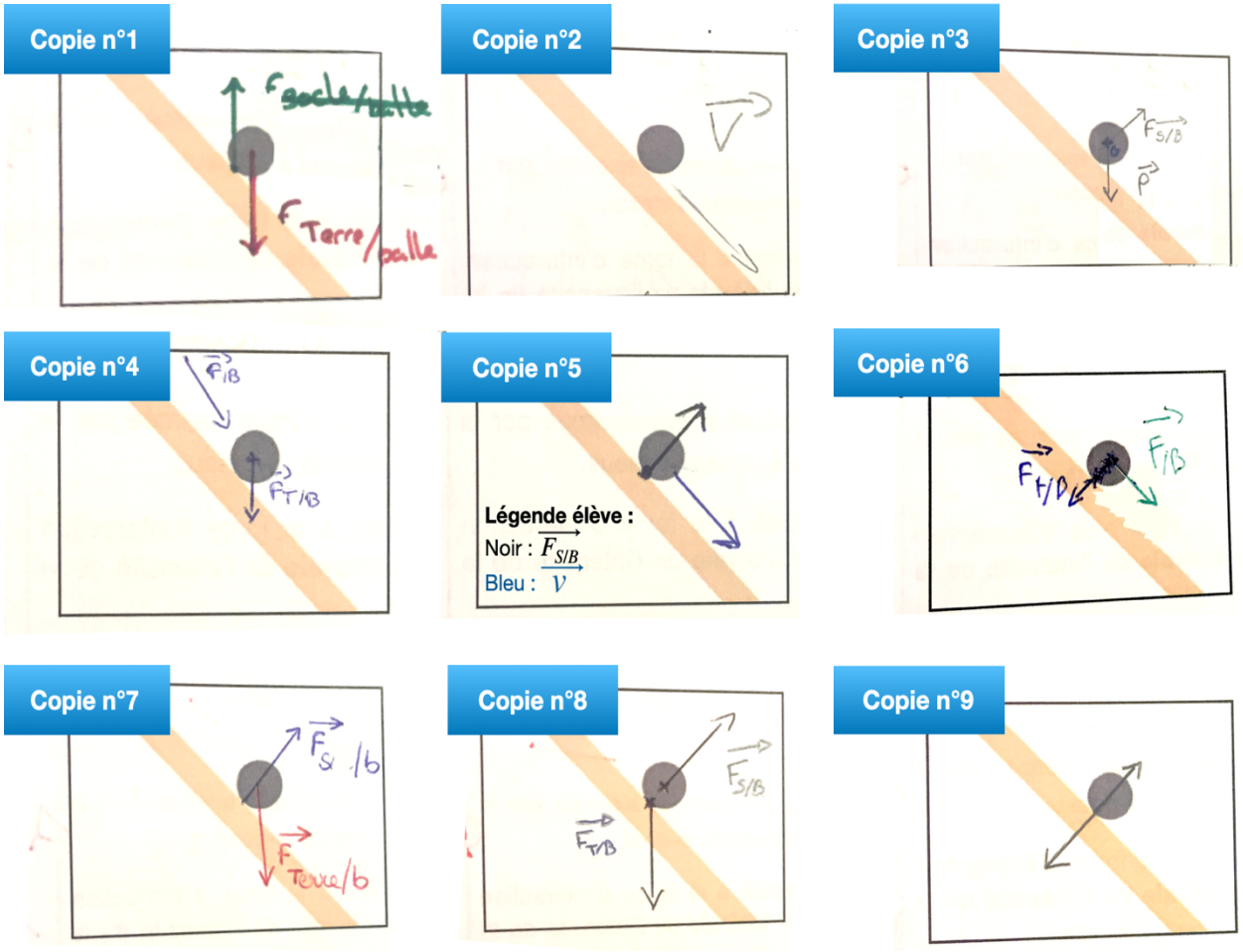


Figure 9 – Exemples de 9 productions d'élèves de Seconde

Cet exercice a été évalué avec la **grille d'analyse** présentée ci-avant dans la partie méthodologique sur le traitement et l'analyse des données.

Une grille d'analyse complétée est présente ci-après (i.e. Tableau 5).

Erreurs / Critères	Fréquence /59 copies	Exemples de copies (cf. Figure 9)
1. Réapparition de la notion d'impétus : → Force dans le sens du mouvement.	**22**	**Copies 2, 4, 5 et 6**
2. Adhérence force – vitesse : → La vitesse est une force.	**6**	**Copies n°2 et 5**
3. Réaction du support erronée :	**11**	**Copies n°1, 3 et 8**
→ *Sens erroné : Réaction du support inversée.*		— — — — —
→ *Direction erronée.*		*Copie n°1*
→ *Point d'application erroné.*		*Copies n°3 et 8*
4. Pas de réaction du support :	**9**	**Copies n°2, 4 et 6**
5. Poids erroné :	**12**	**Copies n°6, 8 et 9**
→ *Sens erroné.*		— — — — —
→ *Direction erronée.*		*Copies n°6 et 9*
→ *Point d'application erroné.*		*Copie n°8*
6. Pas de poids :	**7**	**Copies n°2, 4 et 6**
7. Divers – Autres erreurs :	**5**	— — — — —

Tableau 5 – Résultats

Tout d'abord, on remarque une **réapparition de la notion d'impétus** à travers le fait que les élèves cherchent à placer une force dans le sens du mouvement de la balle afin de trouver une cause au mouvement de celle-ci. Les élèves des copies n°4 et 6 nomment d'ailleurs cette force « $\overrightarrow{F_{/B}}$ », ainsi il s'agirait selon eux d'une force exercée sur la balle et qui va la « *tirer* » ou la « *pousser* » pour la mettre en mouvement et/ou pour expliquer le mouvement observé.

Ensuite, on observe une résurgence de la conception chez certains élèves, qui consiste à considérer **la vitesse comme une force.** En effet, certains élèves placent un vecteur vitesse. Cela est sans doute causé par le fait que force et vitesse sont représentés par des vecteurs et qu'ils considèrent qu'il y a un lien entre le mouvement et une cause motrice et donc entre la vitesse et la force. À noter également que cela est en accord avec les réponses obtenues à la question 3 du questionnaire n°1 (*adhérence force – vitesse*). En effet, il en découle que tout mouvement implique une force dans sa direction et son sens et donc que la vitesse d'un corps est proportionnelle à la force appliquée sur celui-ci…

Au final, à travers cet exercice, nous avons retrouvé les trois conceptions initiales erronées identifiées dans le QCM. Cela montre que ces conceptions initiales sont tenaces chez les élèves.

5.1.3. Deuxième partie : Évolution des conceptions chez les élèves et influence des registres sémiotiques.

Une **définition du concept de force** a été demandée à nos élèves dans une dernière partie du questionnaire. Le format de restitution était laissé libre aux élèves afin de laisser un maximum de place à des réponses spontanées et à ne pas trop encadrer leur créativité.

➲ *Exploitation 1 : Évolution des conceptions sur le concept de force chez les élèves.*

Afin de visualiser et de quantifier l'**évolution des conceptions de nos élèves sur le concept de force,** nous avons alors procédé à une analyse qualitative du vocabulaire utilisé par les élèves de seconde ainsi que du nombre de registres sémiotiques employés par ceux-ci pour expliciter une définition de ce concept de force.

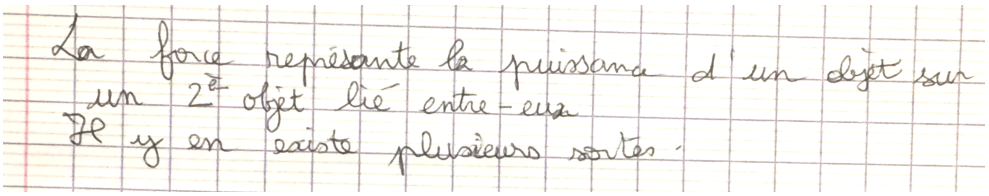
Ainsi, nous allons comparer pour un même élève, son travail **avant apport théorique** (*c'est-à-dire avant d'avoir suivi la séance sur les forces*), puis **après apport théorique**. Par comparaison, nous allons observer comment les élèves ont fait évoluer leurs conceptions sur ce concept.

De même, cela nous permettra d'étudier l'**influence de la multiplication de l'usage de registres sémiotiques** durant une séance d'enseignement.

À noter que pour des raisons évidentes, nous n'allons pas présenter et expliquer, dans ce rapport, l'évolution des conceptions pour chaque élève. En effet, l'objectif de ce travail n'est pas la rédaction d'un catalogue exhaustif de descriptions de chaque cas particulier.

→ **SITUATION N°1 :**

<table>
<tr><th>Élève</th><th colspan="2">Avant apport théorique</th></tr>
<tr><td rowspan="6">TYPE

1</td><td>Termes employés :</td><td>Nombre et type de RS employés :</td></tr>
<tr><td>- Puissance
- Lien.</td><td>1 (registre du langage naturel)</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
La force représente la puissance d'un objet sur un 2ème objet lié entre-eux
Il y en existe plusieurs sortes.</td></tr>
<tr><th colspan="2">Après apport théorique</th></tr>
<tr><td>Termes employés :</td><td>Nombre et type de RS employés :</td></tr>
<tr><td>- Grandeur.
- Modélisation.
- Interaction.
- Vecteurs.</td><td>1 (registre du langage naturel)

2 (registre symbolique)

3 (registre d'illustration)</td></tr>
</table>

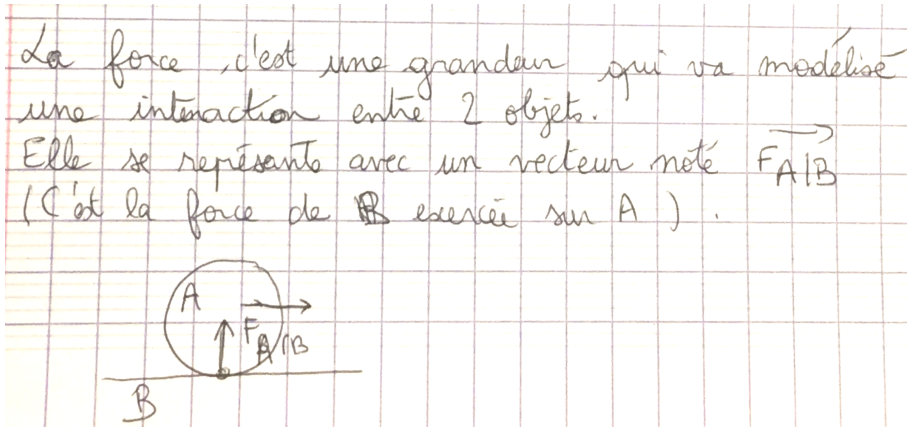
	

Tableau 6 – Situation type 1

Dans ce **premier type de copie**, on observe une évolution importante entre le relevé n°1 (avant apport théorique) et le relevé n°2 (après apport théorique).

En effet, on remarque d'abord que cet élève a rendu une production écrite très pauvre (*en termes de quantité mais aussi de qualité : relativement peu de vocabulaire scientifique, hormis le terme de puissance et qui n'est pas adapté au concept demandé*) lors du premier relevé. De plus, un seul registre sémiotique est utilisé : le registre le plus courant, c'est-à-dire celui du langage naturel.

Ensuite, la production de cet élève c'est nettement enrichi lors du second relevé. En effet, on y retrouve de nombreux termes scientifiques qu'il n'avait pas employés avant apport théorique (cf. *grandeur, modélisation, interaction, vecteur*…).

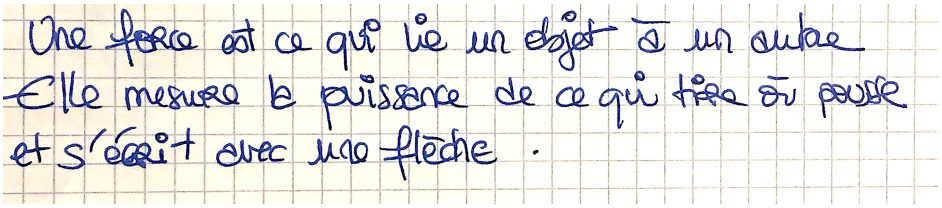
De même, l'élève a utilisé un plus grand nombre de registres sémiotiques pour illustrer sa définition : Registre du langage naturel à travers le texte mais aussi registre symbolique à travers la notation mathématique d'une force et enfin registre d'illustration à travers un dessin représentant une situation donnée.

En conclusion, à travers cette production, l'**élève semble avoir acquis un nouveau concept** (i.e. *concept de force*). Cela peut s'expliquer par le fait que celui-ci n'avait que très peu de connaissances à ce sujet avant apport théorique.

→ SITUATION N°2 :

Élève	Avant apport théorique	
	Termes employés :	*Nombre et type de RS employés :*
	- Lien. - « tire » / « pousse ». - Puissance. - Flèche.	1 (registre du langage naturel)

TYPE 2



Après apport théorique

Termes employés :	*Nombre et type de RS employés :*
- Modélisation. - Interaction. - Vecteur.	1 (registre du langage naturel) 2 (registre symbolique)

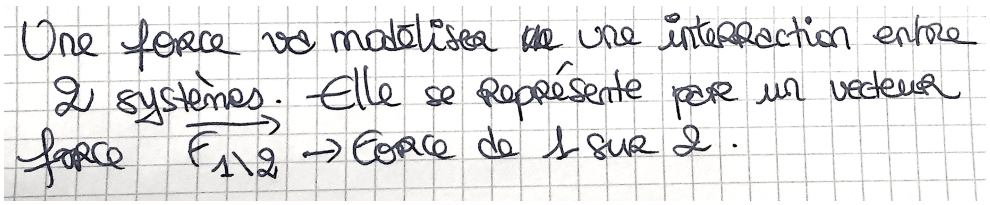


Tableau 7 – Situation type 2

Dans ce **deuxième type de copie,** une réponse quantitative assez similaire a été produite. Cependant, on observe un changement de vocabulaire important entre les deux relevés.

En effet, cet élève utilisait quasiment exclusivement des termes « non scientifique » pour décrire et définir le concept de force avant apport théorique. Puis, lors du second relevé, la quasi-totalité de ces termes ont disparu au profit d'un vocabulaire beaucoup plus rigoureux.

Par exemple, on remarque que les termes utilisés avant apport théorique tels que « *objet* », « *flèche* » ou « *lien* » se sont transformés en vocabulaire scientifique, respectivement « *système* », « *vecteur* » et « *interaction* ».

En revanche, peu d'évolution concernant l'usage des registres sémiotiques. En effet, seulement le registre du langage symbolique a été utilisé en plus lors le second relevé (i.e. notation mathématique d'une force d'un système 1 agissant sur un système 2 : $\overrightarrow{F_{1/2}}$).

Ainsi, on peut en conclure que ce changement d'un vocabulaire frappant entre les deux relevés d'un **remplacement des conceptions initiales par le nouveau concept**.

→ **SITUATION N°3 :**

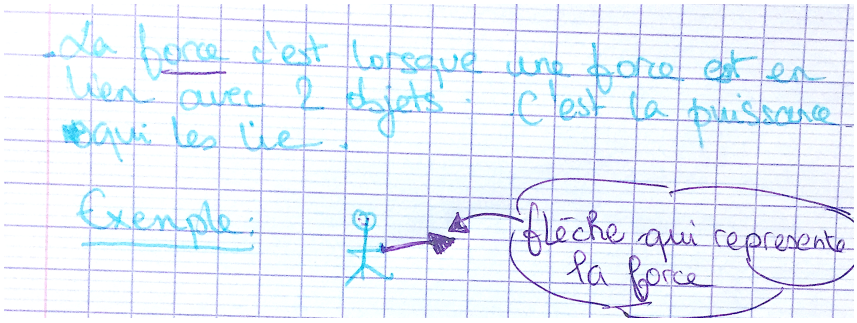
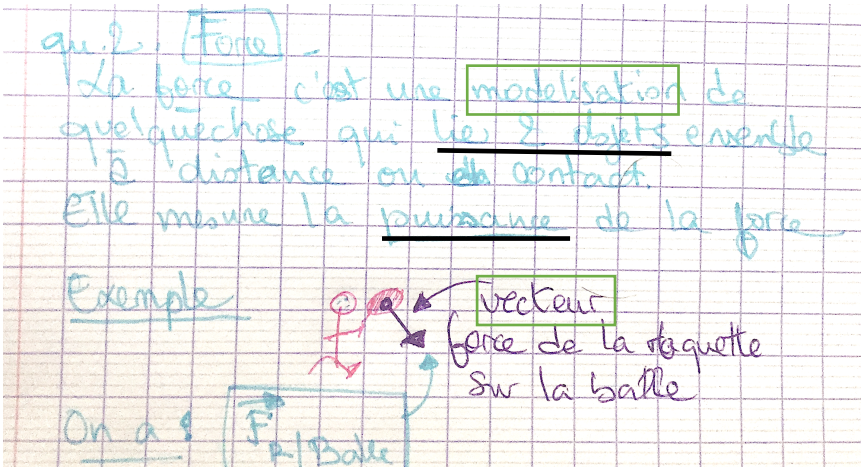
<table>
<tr><th>Élève</th><th colspan="2">Avant apport théorique</th></tr>
<tr><td rowspan="6"></td><td>Termes employés :</td><td>Nombre et type de RS employés :</td></tr>
<tr><td>- Lien entre 2 objets.
- Puissance.
- Flèche.</td><td>1 (registre du langage naturel)
2 (registre d'illustration)</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
<tr><th colspan="2">Après apport théorique</th></tr>
<tr><td>Termes employés :</td><td>Nombre et type de RS employés :</td></tr>
<tr><td>- Modélisation.
- Lien entre 2 objets.
- Puissance.
- Vecteur.
- Distance / Contact.</td><td>1 (registre du langage naturel)
2 (registre d'illustration)
3 (registre symbolique)</td></tr>
<tr><td colspan="2"> 
</td></tr>
</table>

Tableau 8 – Situation type 3

Dans **ce troisième type de copie,** on remarque que l'élève utilise déjà quelques termes scientifiques dans ses conceptions.

En revanche, après apport théorique, on retrouve à la fois le vocabulaire qui était présent avant apport théorique (i.e. « *Lien entre deux objets* », « *puissance* ») mais également du nouveau vocabulaire comme « *modélisation* » (mais de *quelque chose*…) ou « *vecteur* ».

Ainsi, si ce type d'élève a indéniablement acquis en partie un nouveau concept, on remarque qu'il va l'accoler à ses conceptions initiales (cf. *Puissance*, etc.). Il reste également du vocabulaire maladroit.

Par conséquent, on considèrera qu'il s'agit, dans ce type de cas, d'**une évolution des conceptions par accolement.**

→ **SITUATION N°4 :**

Dans cette dernière catégorie, se trouve les élèves pour lesquels il n'y a **pas eu d'évolution** entre les deux relevés.

Au final, quatre types de stratégies d'évolution des conceptions ont été recensées à travers ce travail : **Absence d'évolution, évolution par remplacement, évolution par accolement ou encore l'apparition d'un nouveau concept chez les élèves.**

Afin de **quantifier les proportions** de ces différents types de stratégies d'évolution chez nos élèves de secondes, nous avons compté le nombre de copies qui s'apparentait à chaque type de stratégies énoncées ci-avant. Enfin, nous avons représenté les résultats obtenus dans l'histogramme ci-après.

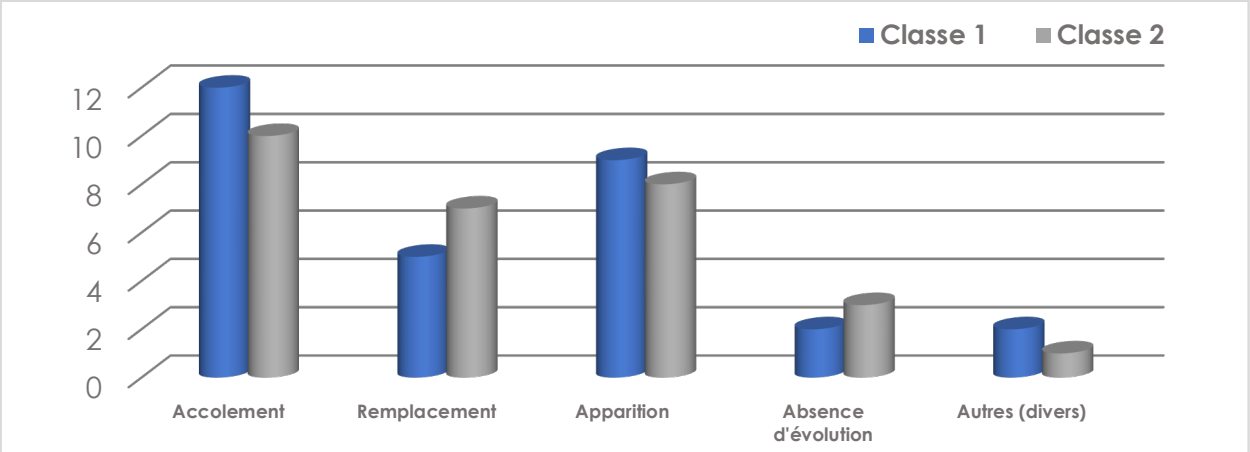


Figure 10 – Stratégies d'évolution des conceptions

Quelques remarques :

- Dans l'histogramme ci-dessus, la catégorie **« Autres (divers) »** correspond aux absences de réponses ou à des copies non exploitables (*hors sujets,* etc.) tandis que le groupe **« Absence d'évolution »** correspond à des élèves pour lesquels il n'y a pas eu d'évolution observée entre les deux relevés.
- La classe 1 (*résultats en bleu ci-dessus*) correspond à la classe où peu de registres sémiotiques ont été utilisés durant la séance d'enseignement tandis que la classe 2 (*résultats en gris ci-dessus*) correspond à la classe où l'usage des registres sémiotiques ont été multiplié durant la séance d'enseignement.

Tout d'abord, on remarque que la part d'élève dont l'évolution des conceptions s'est faite par **accolement** est relativement importante et est **majoritaire** dans les deux cas.

Cela peut s'expliquer par le fait que la durée entre les relevés était relativement courte (i.e. *une semaine seulement*) et n'a sans doute pas été suffisant afin de faire changer leurs conceptions et cela semble tout à fait normal. Les élèves ont acquis, en partie, ce nouveau concept. Pour rappel, c'est parfois à l'échelle de la vie que les conceptions évoluent durablement…

Ensuite, on remarque qu'un grand nombre d'élèves ont **acquis un nouveau concept** (*deuxième position dans les deux cas*). On peut interpréter cela par le fait que les élèves ne possédaient que **très peu de connaissances** sur le concept de force (*parfois, ils n'avaient quasiment pas de connaissance sur ce sujet*).

Ensuite, on remarque que la proportion d'élève dont l'évolution des conceptions s'est faite par accolement a légèrement diminuée au profit d'un remplacement par la nouvelle conception. À première vue, on peut considérer que l'usage des registres sémiotiques durant une séance d'enseignement a permis à certains élèves de construire une nouvelle conception. Cependant, afin que l'élève arrive à changer **durablement** de conception, il faut qu'il soit intimement persuadé du caractère erroné de sa conception mais aussi que l'enseignant soit capable de lui proposer un modèle explicatif alternatif qui soit mentalement satisfaisant. Une étape de co-construction du nouveau savoir est donc essentielle.

Cependant, nos résultats semblent confirmer les travaux de Givry et Andreucci (2015) qui avait montré que les registres sémiotiques permettre d'**accroître les performances des élèves.**

Élèves ayant suivi la séance avec peu de RS :		Élèves ayant suivi la séance où l'on a multiplié l'usage des RS :	
Relevé 1 : Env. 1,3 registres utilisés	**Relevé 2 :** Env. 2,2 registres utilisés	**Relevé 1 :** Env. 1,4 registres utilisés	**Relevé 2 :** Env. 2,6 registres utilisés

Tableau 9 – Nombres moyens de RS employés dans les productions des élèves

En effet, on observe que d'une manière générale, lors du premier relevé les élèves utilisent **un ou deux registres sémiotiques** dans leurs productions tandis qu'ils utilisent en moyenne **deux à quatre registres sémiotiques** lors du second relevé. On remarque tout de même que les élèves ayant suivi la séance où l'on a multiplié l'usage des registres sémiotiques, utilisent un plus grand nombre de registres dans leurs productions écrites. En effet, le fait d'avoir étudié un concept sous différents registres permet aux élèves de restituer les savoirs dans une plus grande variété de registre mais aussi d'**illustrer davantage leurs propos** et de **faire des liens**. Cela les aidera à **mieux mémoriser les informations**.

➲ *Exploitation 2 : Avec quels termes définir le concept de force ?*

Après lecture et analyse des différentes copies des élèves (cf. *Tableaux d'analyse ci-avant : Termes employés / Nombre de registres employés,* etc.), nous avons réalisé un traitement statistique des **mots les plus utilisés par les élèves de Seconde pour définir le concept de force,** avant et après apport théorique.

Nous avons représentés les résultats obtenus dans les diagrammes ci-dessous qui représentent en proportion les termes les plus utilisés pour définir le concept de force.

Termes utilisés
1. Puissance
2. Action
3. Flèche
4. Pousse ou tire
5. Pression
6. Lien
7. Attraction
8. Résistance
9. Vecteur

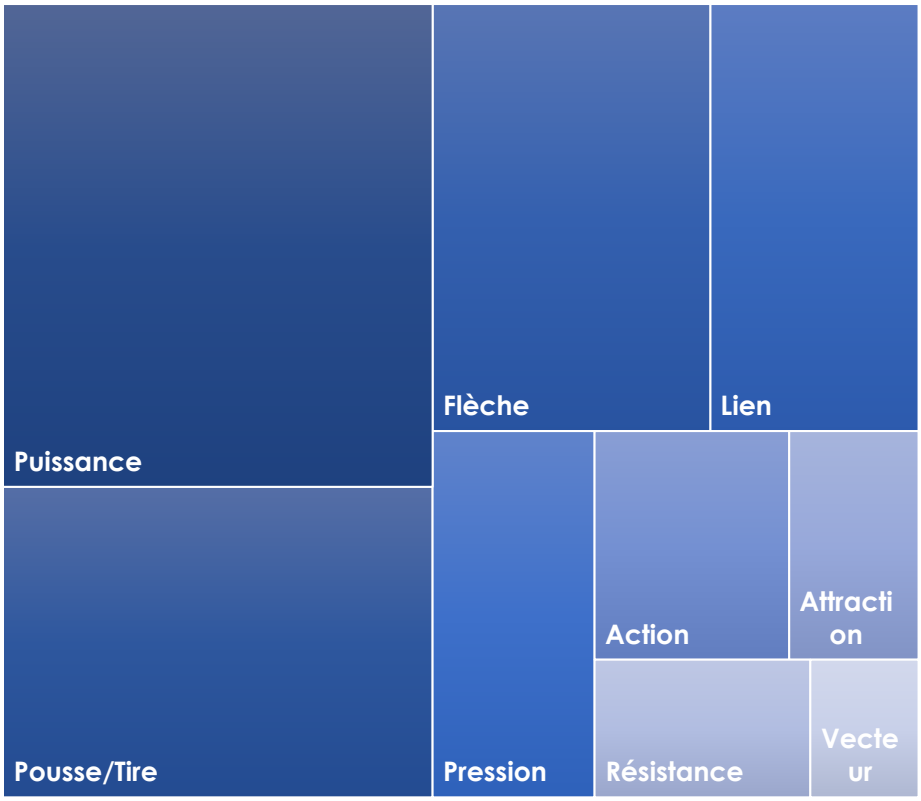


Figure 11 – Les 9 termes les plus utilisés pour définir le concept de force avant apport théorique

Termes utilisés
1. Contact/Distance
2. Vecteur
3. Interaction
4. Puissance
5. Modélisation
6. Grandeur
7. Modèle
8. Action
9. Réaction

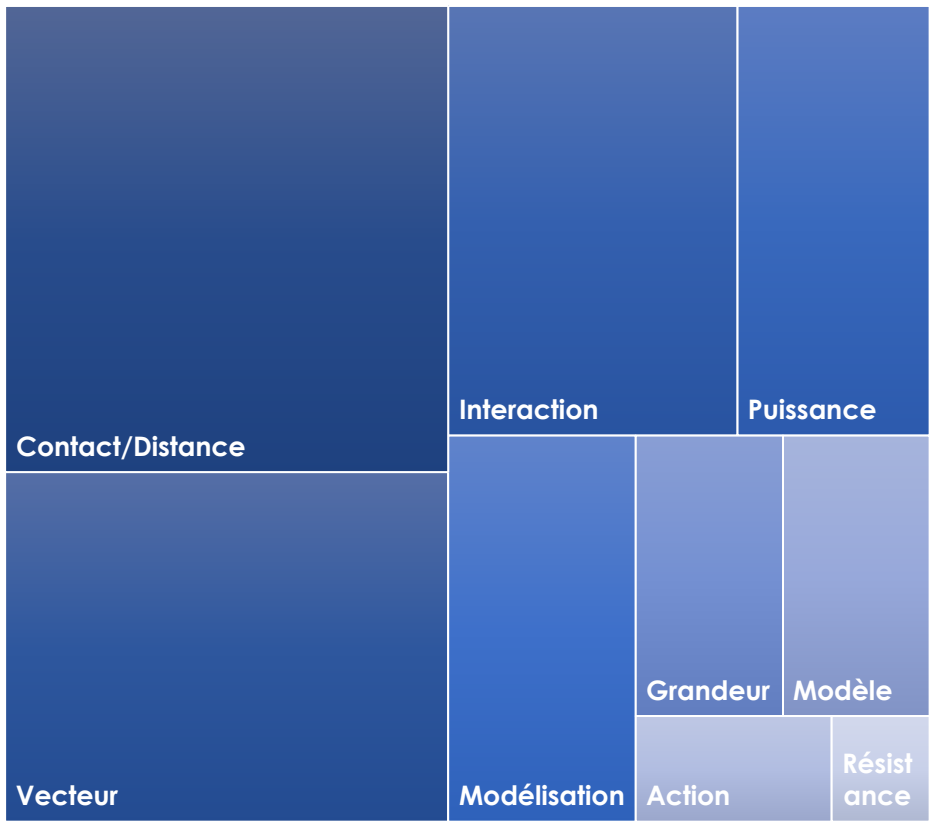


Figure 12 – Les 9 termes les plus utilisés pour définir le concept de force après apport théorique

On remarque un changement de vocabulaire entre le premier relevé et le second relevé.

On observe une disparition d'un **vocabulaire approximatif** « flèche » ou « pousse / tire » au profit d'un **vocabulaire plus rigoureux** comme « vecteur » ou « interaction ». Cependant, cette évolution du vocabulaire n'est pas systématique chez l'ensemble des élèves car certains vont avoir besoin d'une durée beaucoup plus longue (*bien au-delà d'une semaine…*) afin de commencer à faire évoluer durablement leurs préconceptions.

Ensuite, s'il est indéniable que de nombreux termes ont été acquis, on observe une **résistance de certaines préconceptions.** En effet, le terme de « puissance » continue à être très utilisé par les élèves pour définir le concept de force, même s'il passe de la première position (relevé 1) à la quatrième position lors du second relevé. Cela nous montre que les **préconceptions sont très tenaces** (cf. *Cadre théorique*).

De plus, le concept de force est mal compris par les élèves et cela se remarque à travers le **vocabulaire utilisé** pour le définir. Les élèves utilisent un vocabulaire approximatif tels « *Puissance* », « *Pression* » ou « *Résistance* » pour définir le concept s'agit de grandeurs physiques connues. Ainsi, on voit bien ici l'obstacle lexical que constitue ce concept. De même, ce concept physique diffère des autres, puisqu'il n'est ni transférable ni conservable et est donc très difficile à ''saisir'' pour les élèves (obstacle tautologique).

Ainsi, on observe une évolution de vocabulaire des élèves avec l'apparition d'un certain nombre de vocabulaire scientifique et rigoureux pour définir le concept de force, on remarque qu'ils vont très souvent l'**accoler à leurs préconceptions**. Cependant, cette juxtaposition de deux représentations différentes ne pose de problème aux élèves… Cela peut provenir de leurs méthodes d'apprentissages qui sont beaucoup trop cloisonnés entre les différentes matières (et même au sein de différents chapitres d'une même matière !) mais aussi des codes sociaux actuels (usage des réseaux sociaux…).

À ce titre, les quelques copies d'élèves relevant d'une évolution par remplacement et qui manifeste une bonne compréhension, à ce stade, du concept de force, sont ceux qui ont le plus établi des liens entre les différents registres qu'ils ont employé dans leurs productions.

5.2. Les limites de notre étude.

Il est important de noter que de très nombreux paramètres ont pu **biaiser les résultats** de notre travail.

En effet, on peut citer le fait que nous avons mené cette expérimentation avec un très faible échantillon d'élève qui n'est donc en rien représentatif d'une classe d'âge. De plus, **peut-on assurément tirer des conclusions d'une étude dont l'échantillon est si faible et si peu diversifié** (i.e. *même âge, même établissement*, …) **?**

Il faut également noter que la proportion de filles dans les deux classes où ont été menés nos expérimentations était assez élevée (de l'ordre de 65 %).

Pour ces différentes raisons, il est tout à fait possible de douter de la **réplicabilité de ce travail.** C'est pourquoi cette étude devrait être approfondie et traitée de manière plus exhaustive.

De plus, il serait intéressant de voir l'**influence à long terme** des différentes stratégies d'évolution des conceptions chez ses élèves.

5.3. Quelques perspectives d'amélioration de notre étude.

Tout d'abord, il serait intéressant de **reproduire et de généraliser** cette étude à un plus échantillon beaucoup plus important et plus diversifié. D'abord à l'échelle d'un établissement (*plutôt qu'à l'échelle de deux classes d'un même niveau*), puis à l'échelle départementale et pourquoi pas mettre en place un groupe de travail académique voire national sur ce sujet. Ainsi, les professeurs de Sciences physiques intéressés par ce projet, pourraient s'y inscrire et y participer.

Concernant la méthodologie de recueil des conceptions initiales, il serait fortement recommandé d'y **intégrer une partie orale** afin de laisser davantage de liberté, une expression plus spontanée et peut-être ainsi voir l'apparition de nouvelles préconceptions sur ce concept… En effet, hormis quelques copies, la majorité des productions sont très pauvres lors du premier relevé. Cela peut s'expliquer par le fait que les élèves n'ont pas forcément oser écrire toutes leurs conceptions sur ce concept. Ainsi, ce travail pourrait plutôt se faire via des entretiens enregistrés d'un ou de plusieurs élèves de chaque classe. …

En outre, puisque nous avons vu dans le cadre théorique que les conceptions initiales sont intimement à l'élève et à son environnement et que nous avons remarqué que davantage de garçons ont des stratégies d'évolution par accolement que de filles, il pourrait donc être judicieux de réaliser une **analyse sociologique des résultats obtenus** (i.e. *en fonction du sexe, du milieu socio-culturel dans lequel évolue l'élève, de l'âge et des parcours scolaires – orientations dans des spécialités à dominante scientifique, littéraire, économique, etc…*).

Enfin, il pourrait être envisageable de faire participer à cette expérimentation des professeurs et/ou des enseignants-chercheurs volontaires du supérieur afin d'avoir **une vision à plus long terme de l'évolution des conceptions** chez les élèves.

6. CONCLUSION.

Pour conclure, ce mémoire de recherche m'a permis de m'initier à une réflexion didactique sur un domaine de la Physique qui m'intéressait. Cela m'a également fait prendre conscience de l'importance du rôle des conceptions initiales dans le processus d'apprentissage ainsi que de l'influence de l'usage des registres sémiotiques dans une séquence pédagogique. Ce travail me sera très précieux dans mes futures pratiques professionnelles afin de bien prendre en compte les conceptions initiales des élèves dans mon enseignement.

De plus, nous avons montré, dans ce travail, que les élèves possèdent de nombreuses préconceptions erronées sur le concept de force et nous avons remarqué que ces préconceptions sont tenaces. Nous avons vu, à travers la première partie du questionnaire, que la multiplication des registres sémiotiques dans un énoncé de problème fournissait une réelle aide à la compréhension pour une grande majorité d'élève. Nous pouvons donc en conclure qu'à la hauteur de l'échantillon étudié, que la multiplication de l'usage de régimes sémiotiques dans un énoncé permet une meilleure compréhension de la situation et ainsi faire évoluer leurs conceptions initiales erronées.

In fine, notre étude semble confirmer les travaux de Givry et Andreucci (2015) puisqu'elle semble montrer que les élèves ayant bénéficiés d'une séance d'enseignement avec une grande variété de régime sémiotique, a favorisé une évolution des conceptions par remplacement plutôt que par accolement. Cependant, ces résultats seraient à confirmer au sein d'une étude plus longue et en réitérant des séances différenciées de ce type entre deux classes.

7. BIBLIOGRAPHIE.

[1] Astolfi, J., & Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, *16* (n°16). 221. https://doi.org/10.4267/2042/8578

[2] Bachelard, G. (1938). *La Formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.

[3] Boumghar, S., Kendil, D., Ghedjghoudj, S., & Lounis, A. (2012). Enseignement-apprentissage du concept "force" et persistance des difficultés : Quelle influence mathématique ? *Review of Science, Mathematics, and ICT Education. 6*. 63-81. https://doi.org/10.26220/rev.1757

[4] Caldas, H., & Saltiel, E. (2000). Le frottement statique : analyse des raisonnements des étudiants. *Didaskalia* (n°17). https://doi.org/10.4267/2042/23892

[5] Cautinat, A. (2016). *Le rôle de la prise en compte des conceptions initiales dans l'amélioration de l'apprentissage des élèves de seconde en SVT*. Éducation. Université de Nantes. https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01414125/document

[6] Coulaud, M. (2005). *Évaluer la compréhension des concepts de mécanique chez des élèves de secondes : développement d'outils pour les enseignants.* Thèse. Université Lumière Lyon 2. http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2005/coulaud_m#p=0&a=top

[7] Coppens, N. (2007). *Le suivi des conceptions des lycéens en mécanique : développement et usages d'exercices informatisés*. Thèse. Université Denis Diderot Paris 7. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00203891

[8] Duval, R. (1993). Registres de représentation sémiotique et fonctionnement cognitif de la pensée. *Annales de Didactique et de Sciences Cognitives*, *5*. 37-65.

[9] Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine, registres sémiotiques et apprentissage intellectuels.*

[10] Fanjoux, G. (2020). Mécanique Newtonienne (M1 MEEF-PC). Cours. Université de Franche-Comté.

[11] Fanjoux, G. (2021). Didactique en Mécanique (M2 MEEF-PC). Cours. Université de Franche-Comté.

[12] Givry, D. (2003). *Étude de l'évolution des idées des élèves de seconde durant une séquence d'enseignement sur les gaz*. Thèse. Université Lumière Lyon 2. http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2003/givry_d#p=0&a=top

[13] Jeannin, L. (2006). *Appropriation par un enseignant de physique d'une nouvelle séquence d'enseignement : cas de la mécanique en seconde*. Thèse. Université

Lumière Lyon 2. http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2006/jeannin_l/download

[14] Kohler, A., & Chabloz B. (2020). La coordination entre registres sémiotiques : un enjeu important pour l'apprentissage des sciences. *Swiss Journal of Educational Research*, *42* (n°3). 597-609. https://doi.org/10.24452/sjer.42.3.6

[15] Maarouf, A., & Kouhila, M. (2001). La dynamique élémentaire dans l'enseignement fondamental marocain : analyse des difficultés d'apprentissage de la notion de force. *Didaskalia* (n°18). 41-59. https://doi.org/10.4267/2042/23902

[16] Malafosse, D., Lerouge, A., & Dusseau, J.-M. (2000). Notions de registre et de cadre de rationalité en inter-didactique des mathématiques et de la physique. *Tréma* (n°18). 49-60. https://doi.org/10.4000/trema.1629

[17] Malkoun, L. (2007). *De la caractérisation des pratiques de classes de physique à leur relation aux performances des élèves : étude de cas en France et au Liban*. Thèse. Université Lumière Lyon 2. http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2007/malkoun_l#p=0&a=top

[18] Malonga-Moungabio, F., & Beaufils, D. (2010). Modélisation et registres sémiotiques : exemple d'étude de manuels de physique de terminale. *RDST*, 1. 293-316. http://journals.openedition.org/rdst/243

[19] McCloskey, M. (1983). L'intuition en physique. *Pour la science*, 68. 68-76.

[20] Le Robert. (s. d.). Force. Dans *Dictionnaire en ligne.* Consulté le 14 mai 2021 sur https://dictionnaire.lerobert.com/definition/force

[21] Larousse. (s. d.). Force. Dans *Dictionnaire en ligne.* Consulté le 14 mai 2021 sur https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/force/34554

[22] Raouf, K., Radi M., Belazzaar I., Talbi M., & Moussetad M. (2016). Difficultés de mise en œuvre de la continuité didactique mathématique-mécanique au secondaire collégial : registre sémiotique et transfert comme éléments d'analyse. *European Scientific Journal, 12*. (n°31). 165. https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n31p165

[23] Robardet, G. (1995). Situations-problèmes et modélisation ; l'enseignement en lycée d'un modèle newtonien de la mécanique. *Didaskalia,* (n°7). https://doi.org/10.4267/2042/23771

[24] Tiberghien, A., & Malkoun, L. (2007). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Éducation et didactique*. (n°1). 29-54. https://doi.org/10.4000/educationdidactique.69

[25] Tiberghien, A., & Vince, J. (2005). Étude de l'activité des élèves de lycée en situation d'enseignement de la physique. *Cahiers du Français Contemporain*, ENS Editions,

(n°10). 153-176. http://www.inrp.fr/colloques/seminaires/2004/semin_didac/andree_tiberghien_2.pdf

[26] Thornthon, R., & Sokoloff, D. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *American Journal of Physics,* 66 (4). 338-351. https://doi.org/10.1119/1.18863

[27] Viennot, L. (1989). Bilans de forces et loi des actions réciproques. Analyse des difficultés des élèves et enjeux didactiques. *Bulletin de l'Union des Physiciens,* 21. (n°716). 951-971. http://materiel-physique.ens-lyon.fr/Logiciels/CD%20N°%203%20BUP%20DOC%20V%204.0/Disk%202/TEXTES/1989/07160951.PDF

— — — —

8. ANNEXE N°1 : Activité Type 1.

Physique-Chimie | **Thème 3 – Mouvements & Interactions** | Seconde GT

CHAPITRE 2 : ACTIONS MÉCANIQUES & FORCES

Activité n°1 : De l'action mécanique au vecteur force…

Objectifs d'apprentissage :	
▸ Distinguer les interactions à distance des interactions de contact.	☺ 😐 ☹
▸ Identifier les systèmes extérieurs qui agissent sur le système étudié.	☺ 😐 ☹
▸ Modéliser l'action mécanique d'un système extérieur sur le système étudié par une force, un vecteur ayant un point d'application, une direction, un sens et une norme.	☺ 😐 ☹
▸ Représenter qualitativement une force modélisant l'action d'un support dans des cas simples.	☺ 😐 ☹
Problèmes : Qu'est-ce qu'une force ? Comment représenter une force ?	

1 ACTIONS DE CONTACT OU À DISTANCE ?

Lorsqu'un footballeur frappe le ballon, une action mécanique est exercée par le pied du joueur sur le ballon. Cette action mécanique met le ballon en mouvement (cas d'un coup franc) ou modifie la trajectoire et la vitesse du ballon (cas d'un coup de tête).

Il existe deux types d'action mécanique :

- Les actions de contact : Lorsque les 2 systèmes se touchent (**contact**).
- Les actions à distance : Lorsque les 2 systèmes ne se touchent pas.

Dans les différentes situations ci-dessous, indiquer s'il s'agit d'une action mécanique de contact ou à distance.

1) La frappe d'un ballon de foot.
2) Le poids du ballon de foot.
3) L'action du vent sur les voiles d'un voilier.
4) L'attraction électrostatique d'un filet d'eau.
5) L'attraction magnétique d'un aimant.
6) L'attraction de la Lune sur la Terre.

2 ACTIONS MÉCANIQUE ET INTERACTION.

Qu'est-ce qui agit sur quoi ? Une première mise en œuvre du modèle des interactions…

Quand un système A agit sur un système B, simultanément le système B agit sur le système A. On dit alors que A et B sont en **interaction**.

Un système peut être soumis à plusieurs interactions.

Pour chaque situation :
- **Réaliser une liste exhaustive des systèmes en interaction avec le système étudié.**
- **Préciser pour chaque interaction s'il s'agit d'une interaction de contact ou à distance.**

REMARQUE : Le mot souligné désigne l'objet correspondant au système étudié.

1) Un joueur de tennis frappe une balle avec sa raquette.
2) Pendant son ascension un planeur est remorqué par un autre avion grâce à un câble.
3) Une bille en acier roule sur un support à proximité d'un aimant.
4) Un voilier flotte sur un océan.
5) Un motard conduit à vive allure une moto sur une autoroute.

T. BECKER | **Page n°1 sur 2** | Année 2021-2022

3 DES VECTEURS POUR MODÉLISER LES ACTIONS MÉCANIQUES.

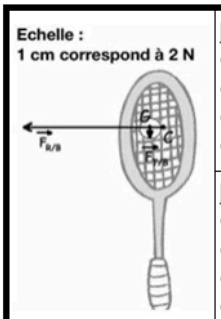
Une action mécanique possède un point d'application, une droite d'action, un sens et une intensité. Elle peut donc être modélisée par une **force** qui est représenté par un vecteur.

Une force est caractérisée par :

- Son **point d'application** : C'est l'endroit où s'applique la force considérée.
  - C'est le point de contact entre le donneur et le receveur lorsque l'action est de contact.
  - C'est le centre de gravité du receveur lorsque l'action est à distance.
- Sa **direction** : Droite d'action de la force (i.e. Droite suivant laquelle la force considérée tend à déplacer le point sur lequel elle agit).
- Son **sens** : Il précise par une flèche le sens de parcours de la droite d'action.
- Sa **norme** : Elle correspond à l'intensité de la force, elle s'exprime en Newton.

1) Au tennis… Une balle de tennis frappe une raquette.

• Compléter le tableau ci-dessous :



Force exercée par la Terre sur la balle, notée :
- *Direction :*
- *Sens :*
- *Point d'application :*
- *Norme :*

Force exercée par la raquette sur la balle, notée :
- *Direction :*
- *Sens :*
- *Point d'application :*
- *Norme :*

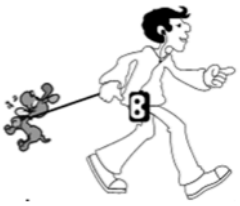
• Que peut-on dire de la force exercée par la balle sur la raquette ?

2) Représenter qualitativement la force mentionnée dans les cas ci-dessous par un vecteur :

La force que la main du gardien de buts exerce sur le ballon.

La force exercée par le marteau sur le clou.

La force que les gaz exercent sur la fusée.



La force qu'exerce la laisse sur la main du maître du chiot.

3) En négligeant l'action de l'air, représenter qualitativement et nommer les forces qui s'exercent sur un ballon de football immobile au sol.

Étape intermédiaire : ***Réaliser*** *une liste exhaustive des systèmes en interaction avec le ballon.*

9. ANNEXE N°2 : Activité Type 2.

Physique-Chimie — **Thème 3 – Mouvements & Interactions** — Seconde GT

CHAPITRE 2 : ACTIONS MÉCANIQUES & FORCES

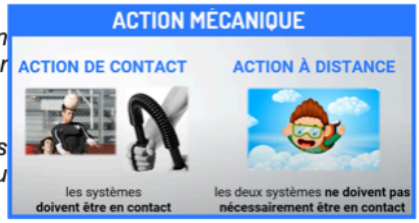
Activité n°1 : De l'action mécanique au vecteur force…

Objectifs d'apprentissage :	
▸ Distinguer les interactions à distance des interactions de contact.	☺ 😐 ☹
▸ Identifier les systèmes extérieurs qui agissent sur le système étudié.	☺ 😐 ☹
▸ Représenter les interactions entre le système étudié et les systèmes extérieurs à l'aide d'un diagramme objet interactions (DOI).	☺ 😐 ☹
▸ Modéliser l'action mécanique d'un système extérieur sur le système étudié par une force, un vecteur ayant un point d'application, une direction, un sens et une norme.	☺ 😐 ☹
▸ Représenter qualitativement une force modélisant l'action d'un support dans des cas simples.	☺ 😐 ☹
Problèmes : Qu'est-ce qu'une force ? Comment représenter une force ?	

1 ACTIONS DE CONTACT OU À DISTANCE ?

Lorsqu'un footballeur frappe le ballon, une action mécanique est exercée par le pied du joueur sur le ballon.

Cette action mécanique met le ballon en mouvement (cas d'un coup franc) ou modifie la trajectoire et la vitesse du ballon (cas d'un coup de tête).



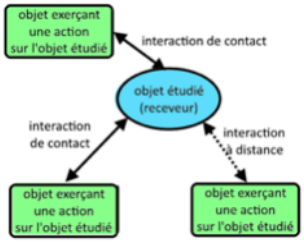
Dans les différentes situations ci-dessous, indiquer s'il s'agit d'une action mécanique de contact ou à distance.

1) La frappe d'un ballon de foot.
2) Le poids du ballon de foot.
3) L'action du vent sur les voiles d'un voilier.
4) L'attraction électrostatique d'un filet d'eau.
5) L'attraction magnétique d'un aimant.
6) L'attraction de la Lune sur la Terre.

2 ACTIONS MÉCANIQUE ET INTERACTION.

Qu'est-ce qui agit sur quoi ? Une première mise en œuvre du modèle des interactions…

Un système peut être soumis à plusieurs interactions. Pour établir un bilan de toutes les actions mécaniques qui s'exercent sur l'objet, on utilise un **diagramme objet interactions :**



L'**objet concerné par l'étude** (objet 1) est placé au centre du diagramme. Les objets 2 et 3 ainsi que la Terre sont en interaction avec l'objet 1.

- Lorsque les interactions sont de **contact**, on les représente par : ⟷
- Lorsque les interactions sont à **distance**, on les représente par : <⋯>

Construire le diagramme interactions objet (ou DIO) décrivant les situations suivantes. Le mot souligné désigne l'objet correspondant au système étudié.

1) Un joueur de tennis frappe une balle avec sa raquette.
2) Pendant son ascension un planeur est remorqué par un autre avion grâce à un câble.

T. BECKER — **Page n°1 sur 2** — Année 2021-2022

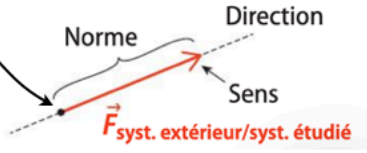
3) Une bille en acier roule sur un support à proximité d'un aimant.
4) Un voilier flotte sur un océan.
5) Un motard conduit à vive allure une moto sur une autoroute.

3 DES VECTEURS POUR MODÉLISER LES ACTIONS MÉCANIQUES.

Quand un système B est en interaction avec un système A, **on modélise l'action de A sur B par la force exercée par A sur B.**

On la représente par un **vecteur force** $\overrightarrow{F_{A/B}}$ ayant les caractéristiques suivantes :

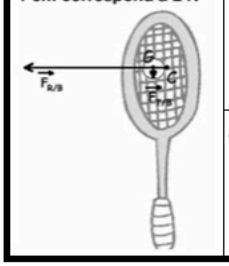
- Son **point d'application** : C'est l'endroit où s'applique la force considérée.
  - C'est le point de contact entre le donneur et le receveur lorsque l'action est de contact.
  - C'est le centre de gravité du receveur lorsque l'action est à distance.



- Sa **direction** : Droite d'action de la force (i.e. *Droite suivant laquelle la force considérée tend à déplacer le point sur lequel elle agit*).
- Son **sens** : Il précise par une flèche le sens de parcours de la droite d'action.
- Sa **norme** : Elle correspond à l'intensité de la force, elle s'exprime en Newton (N).

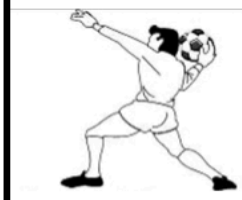
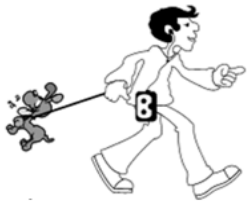
1) Au tennis… Une balle de tennis frappe une raquette.

• Compléter le tableau ci-dessous :

Echelle : 1 cm correspond à 2 N 	Force exercée par la Terre sur la balle, notée : • *Direction :* • *Sens :* • *Point d'application :* • *Norme :*
	Force exercée par la raquette sur la balle, notée : • *Direction :* • *Sens :* • *Point d'application :* • *Norme :*

• Que peut-on dire de la force exercée par la balle sur la raquette ?

2) Représenter qualitativement la force mentionnée dans les cas ci-dessous par un vecteur :

			
La force que la main du gardien de buts exerce sur le ballon.	La force exercée par le marteau sur le clou.	La force que les gaz exercent sur la fusée.	La force qu'exerce la laisse sur la main du maître du chiot.

3) En négligeant l'action de l'air, représenter qualitativement et nommer les forces qui s'exercent sur un ballon de football immobile au sol.
(Étape intermédiaire : Représenter le DOI du ballon de football).

Résumé :

L'apprentissage du concept de force est un processus complexe et difficile pour beaucoup d'apprenants. En effet, de nombreux élèves n'arrivent pas à comprendre ce concept et conservent alors leurs conceptions initiales. Cependant, ces conceptions initiales sont bien souvent erronées. Nous présenterons, dans ce travail, les principales conceptions erronées sur le concept de force.

Ensuite, nous allons voir si le recours à l'utilisation de différents registres sémiotiques permet de contribuer à l'apprentissage du concept de force ou si a contrario cela demande aux élèves, un niveau de difficulté supplémentaire.

L'objectif de ce travail est d'abord de mettre en évidence les conceptions initiales erronées que possèdent les élèves sur le concept de force puis de voir si la multiplication de l'usage de registres sémiotiques différents permet une meilleure compréhension de ce concept.

Pour ce faire, un travail différencié a été réalisé. Une même activité (i.e. *Activité introduction aux forces*) a été réalisée au sein de deux classes de Seconde. Dans une des deux classes, les registres sémiotiques ont été multipliés (*à la fois dans les supports écrits, mais aussi durant la séance*) et dans l'autre, le registre du langage naturel a été essentiellement utilisé.

Des questionnaires écrits ont été proposés aux élèves avant et à la suite des séances différenciées. L'analyse des réponses à ces questionnaires permettra de comparer les évolutions des conceptions des élèves entre les deux relevés et de conclure quant à l'influence de la multiplication de l'usage de registres sémiotiques.

Mots-clés :
Apprentissage, force, conceptions initiales, registres sémiotiques.

Abstract:

Learning the concept of force is a complex and difficult process for many learners. Indeed, many students fail to understand this concept and therefore retain their preconceptions. However, these assumptions are often wrong. We will present, in this work, the main preconceptions about this concept.

Then, we will see if the recourse to the use of different semiotic registers makes it possible to contributes to a better learning of the concept of force or if, on the contrary, it requires an additional level of difficulty for the students.

The objective of this work is first to highlight the preconceptions that students have about the concept of force then to see if the multiplication of the use of different semiotic registers allows a better understanding of this concept.

To do this, a differentiated work has been set up. The same activity (*introduction to the forces*) was made in two classes of Second. In one of the two classes, the semiotic registers were multiplied (*in the written materials and also during the session*) and in the other, the register of natural language was essentially used.

Written questionnaires were offered to students before and after the differentiated sessions. The analysis of the answers to these questionnaires will make it possible to compare the evolutions of the conceptions of the students between the two census and to conclude as to the influence of the multiplication of the use of semiotic registers.

Keywords:
Learning, force, preconception, semiotic registers.