



DU NEURO EDUCATION

LaPsyDÉ

Laboratoire de Psychologie du
Développement et de l'Éducation de l'Enfant
*La découverte scientifique du cerveau humain
qui révolutionne l'éducation*

RAPPORT AUTO-REFLEXIF 2019 – 2020

Cyril DENIS

Groupe C1 : Inhiber les conceptions initiales

Professeur de Physique-Chimie au Lycée Georges Dumézil - Vernon - Académie de Normandie

Membre du groupe de pilotage de Sciences Physiques

Membre du groupe de pilotage Numériques et Sciences Informatiques

Table des matières

1 Pourquoi suivre le DU Neuroéducation ?	3
1.1 Activité professionnelle	3
1.2 Comment bien enseigner la physique ?	3
1.3 Epistémologie	4
1.4 Mes attentes initiales à propos du DU	6
2 Apports de la formation	7
2.1 Enseignements théoriques	7
2.1.1 Les classes virtuelles	7
2.1.2 Comment faciliter la mémorisation	7
2.1.3 Catégorisation	8
2.2 Les ateliers et les projets	9
2.2.1 Contexte du sujet initial C1	9
2.2.2 Lancement des projets C1	9
3 Les perspectives pédagogiques	12
3.1 Des approches nouvelles	12
3.1.1 Pièges et merveilles de l'usage du numérique	12
3.2 Evolution professionnelles envisagées	14
3.2.1 Mettre en place des projets pédagogiques et de formations	14
4 Conclusion	15
5 Annexes	16
5.1 Précisions historique au sujet de la théorie de l'Impetus	16
5.2 QCM qui s'adapte aux erreurs	17
Bibliographie	18

1 Pourquoi suivre le DU Neuroéducation ?

1.1 Activité professionnelle

Je suis enseignant de physique-chimie et d'informatique au lycée Georges Dumézil à Vernon dans l'Eure. Bien que Vernon ne soit pas très connu, si vous aimez la peinture impressionniste et que je vous dis que Vernon se situe à côté de Giverny alors vous situerez peut-être l'endroit où je travaille. Cela fait 18 ans que j'enseigne dans ce lycée dans lequel j'ai obtenu mon bac. À défaut d'être un grand lycée, tout le monde s'accorde à dire que c'est un gros lycée. Il accueille 2500 élèves et s'étend sur un parc de quatorze hectares. Dans ma discipline, nous sommes une douzaine d'enseignants.

J'ai longtemps hésité avant de choisir la carrière d'enseignant. À l'évidence ce qui me plaisait c'était de faire des études scientifiques. À cette époque, je croyais naïvement que la physique décrivait exactement les lois de la Nature. C'était donc le champ de connaissance que je voulais étudier. Ensuite, j'ai constaté, un fer à souder à la main, que je n'étais pas doué pour les sciences appliquées. J'ai donc abandonné mes études d'ingénieur pour retourner à l'université dans le but de préparer l'agrégation et de devenir enseignant dans le secondaire.

Pendant mes premières années d'enseignement, j'ai partagé mon temps entre la préparation de l'agrégation et mes débuts dans le métier au sein d'un collège difficile à Évreux. J'ai apprécié étudier tout en enseignant, cela permet de ne pas oublier les sensations de satisfaction ou de découragement que procure l'acte d'apprendre.

J'ai appris mon métier sur le tas en écoutant et en observant des collègues plus expérimentés que moi. J'ai compris que l'enseignement est un métier très artisanal. À la manière du sculpteur, on doit chercher le bon geste pédagogique. Au début, ce geste est hésitant, maladroit et il faut des années pour qu'il s'affine et s'adapte presque naturellement au public qui change à chaque rentrée. Aujourd'hui, mon geste reste à perfectionner et j'apprécie mon statut d'apprenti.

1.2 Comment bien enseigner la physique ?

Il y a une dizaine d'années, une collègue m'a dit que pour enseigner il fallait d'abord se mettre à la place de l'élève. Encore aujourd'hui j'estime que c'est un très bon conseil à donner à un enseignant débutant. Le professeur est expert de sa discipline et il a tendance à vouloir transmettre une science exacte et donc assez sophistiquée. Paradoxalement, cette forme de science n'est pas toujours la plus adaptée aux besoins de l'élève. Avant de faire cours, il faut donc savoir ce que l'élève a en tête. C'est une question que je me pose régulièrement. Le contenu du cours, la manière dont il va se dérouler sont très dépendants de ce que l'élève a en tête.

Le prix à payer pour l'enseignant est d'accepter de faire un pas de côté par rapport au tapis rouge de la belle physique théorique, celle qui dit tant de choses en si peu de signes. Aujourd'hui, je dirai qu'il faut inhiber la posture d'expert et activer celle du pédagogue qui prend l'élève là où il est pour l'accompagner juste un peu plus loin.

Qu'y a-t-il dans la tête de l'élève ? Tout d'abord même si la leçon est nouvelle, l'élève n'est pas un réservoir vide qui se remplit automatiquement en écoutant en classe. Bien souvent, l'élève vient avec des connaissances sur le sujet. Ces connaissances initiales sont parfois fausses et vont interférer avec

les connaissances présentées en classe. L'apprentissage devient alors plus difficile et on observe des erreurs spécifiques qui s'enracinent sur des conceptions initiales erronées.

Exemple de conception initiale erronée

Lorsque l'on demande à un lycéen de décrire les forces qui agissent sur une balle qui vient d'être lancée vers le haut, il invoquera très souvent la force de lancé. D'après l'élève, la balle monte sous l'effet d'une force. Cet élan ou force de lancé a été transférée pendant la phase de lancé par la main à la balle. Malheureusement c'est faux. Bien que la balle monte, elle ne subit pas de force dirigée vers le haut mais uniquement son poids qui lui est orientée vers le bas ! Bien entendu la vitesse est vers le haut (la balle monte) mais elle n'est pas nécessairement orientée comme la force. Et puis, la main ne peut pas agir sur la balle après que la balle a quitté la main...

Que nous dit cette erreur ? Nous constatons que l'élève raisonne de manière logique à partir de concepts (incomplets) qu'il a élaboré en dehors du cours. En discutant de manière approfondie avec les élèves, on constate qu'il y a confusion entre force et vitesse ([[Vie79](#)] p27-30) . Mais après tout, lancer fort un objet n'est-ce pas le lancer vite ?

Le professeur aura sûrement intérêt à prendre en compte l'existence de cette conception initiale erronée pour élaborer son cours. La seconde chose qui me frappe c'est la ressemblance entre la conception de force chez le novice en mécanique et celle qui était en vigueur au Moyen Age. Je me demande si il n'y a pas un parallèle entre l'évolution des concepts scientifiques chez l'élève pendant son apprentissage et l'enchaînement des idées au cours de l'histoire. Peut-être que chacun doit faire sa révolution scientifique lorsqu'il apprend la science [[Kuh83](#)].

1.3 Epistémologie

Si je vous demande ce qui vous reste de vos cours de physique, il vous revient probablement à l'esprit une expérience amusante ou ratée et peut être une formule apprise par coeur. Dans beaucoup d'écoles, la science est présentée comme un produit fini. Le professeur expose son mode d'emploi à ses élèves. Rien d'étonnant à ce qu'ils croient qu'apprendre la physique se résume à retenir des formules et à les appliquer dans des exercices.

Heureusement, les élèves sont curieux et posent parfois des questions qui bousculent la routine. Par exemple : "Comment être certain que l'atome existe alors qu'on n'en verra jamais ?" ¹

J'ai pris conscience que je savais plusieurs théories de physique mais je n'avais aucune idée de la manière dont cette science s'était construite. En 2016, j'ai décidé de retourner à l'école et de m'inscrire en master à l'université de Nancy pour suivre des cours d'épistémologie et d'histoire des sciences.

Je retiens de ces études que la science est une activité humaine, sociale avec des normes. En étudiant l'histoire des mathématiques et de la mécanique, j'ai constaté que "la méthode scientifique" n'existe pas vraiment. La règle pour faire une découverte c'est qu'il n'y pas de règles hormis la logique. La science se distingue des autres discours par sa justification. Cette immersion dans la philosophie des sciences a été passionnante mais un peu éloignée des problématiques de l'enseignement. J'ai profité de

1. En effet, on ne verra jamais d'atome car sa taille est inférieure à la longueur d'onde de la lumière visible. Les images dans lesquelles sont présents des atomes sont au mieux des représentations indirectes.

l'espace de liberté qu'offrait le mémoire de ce master pour me concentrer sur les conceptions initiales erronées des élèves en mécanique. Voici une étude dont le questionnement a contribué à m'intéresser aux sciences cognitives.

Physique intuitive

En 1983, McCloskey [MF83] demande à des étudiants à de prédire la trajectoire d'une boule dans deux situations A et B. Dans la situation A, une boule est accrochée à un système nommé convoyeur qui coulisse sur un cable horizontal à vitesse constante. Le convoyeur a mi-parcours abandonne la boule qui tombe. Dans la situation B, on lance, en la poussant brièvement une boule sur une rampe horizontale qui surplombe un espace creux. On admet que la boule se déplace sur la rampe tout droit à vitesse constante.

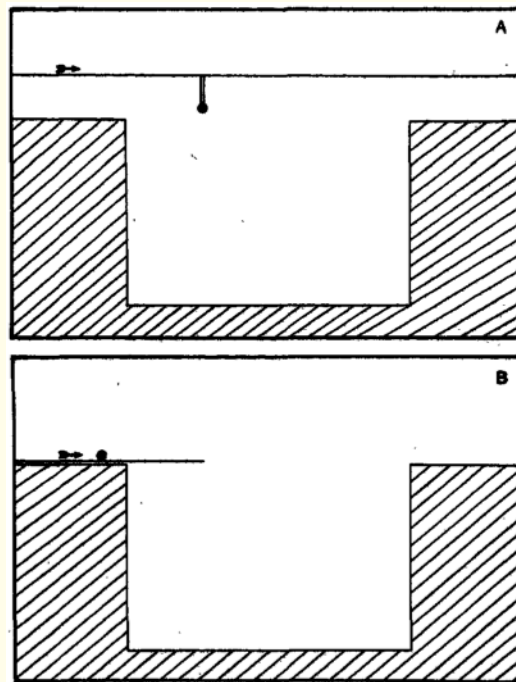


Figure 2. The conveyor problem (A) and the ramp problem (B).

Dans la situation B, la quasi totalité des sujets interrogés annoncent que la boule va continuer à avancer pendant sa chute. En revanche, à peine deux tiers pronostiquent un mouvement similaire dans la situation A. Ils sont nombreux à penser que puisqu'on lâche la boule celle-ci tombe à la verticale du lieu où elle a été abandonnée. La réponse juste est que dans les deux situations la boule avance en tombant.

Si on tient compte de notre capacité à rattraper un objet qu'on nous lance, nous sommes des experts en prédiction de trajectoire d'un objet lancé. Alors comment interpréter l'erreur commise dans l'étude précédente ? Les étudiants qui se trompent, affirment que si on lance un objet alors on lui transfère un élan. C'est lui qui permet à la boule d'avancer pendant sa chute. Cet élan est la force du lancé et est stocké dans la boule et n'existe pas dans la situation A.

Pour eux, le mouvement est une propriété de l'objet qu'on lui confère pendant la phase de lancement. Cette explication du mouvement est celle d'Aristote et connue sous le nom d'impetus (voir annexe sur

la théorie de l'impetus). Pour ne pas se tromper, il faut dépasser cette conception et distinguer la vitesse qui est propre à l'objet de la force qui est née d'une interaction entre l'objet étudié et un autre objet. Par exemple, l'interaction entre la boule des expérience A et B et la Terre se traduit par une force verticale vers le bas qui est le poids de la boule. L'action d'une seule force verticale vers bas ne signifie pas un mouvement vertical vers le bas. Il faudra attendre Galilée et ses disciples pour que la communauté scientifique se laisse convaincre. Le parallèle entre l'évolution historique des idées et l'évolution des connaissances de l'élève est troublant. Cependant, si on étudie dans le détail les réponses erronées des élèves, on doit se résoudre à distinguer pédagogie et épistémologie. En effet, les élèves ne raisonnent pas sur la base d'une théorie de l'impetus. Leurs réponses sont souvent improvisées dans le but de fournir une explication qui confirme leur intuition [CB94]. Il faut donc quitter le terrain de l'histoire des sciences pour étudier le raisonnement en soi.

Deux lectures vont m'orienter sur la piste de la neuroéducation. Tout d'abord j'apprends l'existence des systèmes cognitifs 1,2,3 en lisant le que-sais-je sur le raisonnement écrit par un certain Olivier Houdé. L'idée qui me marque est que l'humain n'est pas spontanément logique. Je comprends qu'il est possible que certaines erreurs commises par mes élèves trouvent leur origine dans une trop faible inhibition d'une heuristique. Ainsi quand on étudie le mouvement d'un objet qui a été lancé, il faut probablement inhiber notre croyance en l'existence d'une force de lancé² et activer les algorithmes qui permettent d'appliquer les lois de Newton. Dans l'article [FPRM15] je découvre en image cette persistance de l'heuristique y compris chez des experts. Je commence à comprendre que certains concepts de la physique sont tellement éloignés de notre savoir du quotidien qu'ils se construisent à côté et non pas sur nos connaissances initiales.

1.4 Mes attentes initiales à propos du DU

Lorsque j'ai postulé au DU de neuroéducation, mes attentes pour ce DU étaient d'en savoir plus sur le développement du cerveau et de découvrir quelques résultats issus de la recherche qui pourraient m'inspirer ou enrichir ma pratique. J'avais très envie de contribuer avec d'autres collègues à la construction du pont entre les laboratoires de sciences cognitives et les salles de classes. Néanmoins, je m'interrogeais sur ce qu'il pourrait bien sortir de tout cela étant donné l'hétérogénéité du recrutement des participants. Nos attentes personnelles étaient sûrement très différentes. Je misais donc sur l'objectif que nous partageons tous : améliorer l'apprentissage de l'élève.

2. analogue à l'impetus

2 Apports de la formation

2.1 Enseignements théoriques

2.1.1 Les classes virtuelles

Lorsque j'ai commencé la formation, j'avais quelques notions sur l'inhibition et sur les sciences cognitives en général. J'avais lu des articles abordant les sciences cognitives, mais presque exclusivement dans le contexte d'apprentissage de la physique [FPRM15] [PRM07] [HWD06][Kri00]. A propos de la mémorisation, je savais que lorsque l'on vise une mémorisation à long terme, la stratégie de l'apprentissage espacé est plus efficace que l'apprentissage massé. Cependant, je ne savais pas bien pourquoi.

Les classes virtuelles et les modules d'e-learning m'ont permis de prendre du recul et d'avoir une vision plus large à propos des fonctions exécutives et des différentes mémoires. Le module numérique m'a permis d'y voir plus clair sur les apports et les limites d'outils que j'utilisais sans trop me poser de questions et donc pas toujours de manière optimale.

Concernant les modules de e-learning, ils sont très bien adaptés à la découverte de la notion. Dans un second temps, j'aurai apprécié avoir une interface qui me permette de naviguer plus vite dans le contenu ou disposer d'une sorte de diaporama qui pourrait être revu plus rapidement que de refaire tout le parcours.

Dernier point, pour les cours, j'ai apprécié la formule présentation audio avec partage du diaporama et clavardage. C'est d'ailleurs celle que j'ai retenu avec mes élèves pendant le confinement. On pourrait peut-être améliorer encore en envoyant un petit résumé du contexte de la conférence afin que les étudiants murissent une question qu'ils déposent sur un doc partagé avec le conférencier. Ainsi, le conférencier peut adapter un peu son propos s'il le souhaite et cela nourrit un temps d'échange en fin de conférence.

2.1.2 Comment faciliter la mémorisation

Je développe ici quelques apports qui concernent la mémoire car c'est un point important du projet qui a été réalisé en atelier. Paradoxalement, la première chose que j'ai apprise concernant la mémoire est l'importance de l'oubli que je voyais uniquement comme un parasite dans le processus de mémorisation. L'élagage neuronal nous montre qu'oublier est un processus normal et nécessaire pour mémoriser ce qui a de l'intérêt pour nous. J'ai mis en relation ce fait avec l'importance qu'il y a en classe à bien cerner les essentiels que l'on souhaite transmettre [BB].

Faciliter l'apprentissage peut se faire en favorisant un encodage de l'information profond ([KH20] p24-29). On peut par exemple avoir recours à un double encodage (visuel + verbal). Parfois, certaines notions sont plus difficiles à mémoriser que d'autres. Elles nécessitent d'être analysées et mises en relation sur le plan sémantique avec le savoir existant.

Il y a un autre levier qui facilite la mémorisation, c'est l'attention. Ainsi le professeur qui souhaite mettre l'accent sur la mémorisation doit aussi s'assurer que l'élève est attentif. C'est en s'impliquant dans son apprentissage que l'élève pourra mettre en relation la nouvelle connaissance avec ce qu'il sait déjà.

Ce que j'ai appris pendant l'année, me conforte dans ma vision du métier d'enseignant. Il y a dans l'acte d'enseigner comme dans celui d'apprendre une part expérimentale. Il faut tester des stratégies, observer leurs effets, tirer des conclusions et recommencer. La neuroéducation donne aux enseignants des connaissances avec lesquelles ils vont pouvoir affiner leur pratique pédagogique et aussi en développer de nouvelles. Adhérer à cet état d'esprit procure une certaine liberté de création, mais implique aussi une vision exigeante du métier. En effet, la préparation d'un cours doit aller au-delà de la rédaction d'un support présentant de manière ordonnées des connaissances. Faire classe, comporte un travail de mise en scène du scénario pédagogique. Une fois en classe, il s'agit de mettre sous le feu des projecteurs les notions importantes et de clarifier tous les attendus. Evidement, tout cela sera plus facile à mettre en oeuvre si l'enseignant explique sa démarche auprès des élèves (voir aussi auprès de leurs parents). En début d'année, on donnera aux élèves des clés à propos du fonctionnement de leurs cerveaux³.

2.1.3 Catégorisation

Pendant la formation, j'ai relu des articles qui envisagent la catégorisation comme une activité pouvant faciliter l'apprentissage de la physique ([CFs] [MS11] et [MS16]). Le point de départ est une étude menée sur des étudiants classés en deux groupes. Un groupe "novice" est constitué d'étudiant de première année. Le groupe "expert" est formé d'étudiants en thèse de physique. Dans cette recherche, on demande au sujet de formuler des catégories qui lui semble convenir à une collection de divers exercices de mécanique⁴. On constate que les catégories proposées par les experts sont beaucoup moins nombreuses que celles des novices. Les catégories des experts sont associées à des procédures de résolutions générales et font référence à des concepts fondamentaux de la physique. Les catégories produites par les novices s'attachent souvent à des détails des situations proposées. Elles sont donc nombreuses et assez peu reliées aux principes généraux de la physique. Ces résultats m'ont conduits à me demander : **"Est-il possible de faciliter l'acquisition d'une certaine expertise en stimulant la catégorisation des connaissances pendant l'apprentissage ?"**.

Il y a peut-être un lien entre la catégorisation et les processus mentaux qui relie une nouvelle connaissance et le savoir déjà acquis. En effet, si une nouvelle connaissance est associée à une catégorie déjà existante alors elle s'intègre probablement plus facilement au savoir existant. Cependant, en physique, il est fréquent qu'une nouvelle information ne s'ajuste pas aux schémas de pensée disponibles et impose un changement de paradigme [Kuh83]. On peut imaginer alors que l'assimilation de ce nouveau savoir implique une réorganisation des catégories. Peut-être y a-t-il matière à expérimenter des activités pédagogiques pour creuser cette question ? En tout cas, c'était mon état d'esprit avant le début des ateliers.

3. il ne s'agit pas de réduire l'élève à son cerveau mais de lui expliquer comment utiliser au mieux les fonctions de cet organe

4. on ne demande pas de résoudre le problème, simplement de le mettre en relation avec ce qui a été appris en proposant en quelques mots l'intitulé d'une catégorie

2.2 Les ateliers et les projets

2.2.1 Contexte du sujet initial C1

Certains savoirs en physique sont contraires au sens commun ou ce qu'on appelle encore la physique naïve. Bachelard disait que ces situations nous contraignent à penser contre notre cerveau.

On sait que beaucoup d'élèves possèdent des conceptions initiales erronées (Viennot [Vie79] [HH98]). Par exemple, une majorité d'entre eux croient qu'un objet tombe d'autant plus vite que sa masse est grande. Cette intuition est probablement issue des informations qu'ils ont encodées lors de leurs propres expériences quotidiennes. Lors des premières leçons de mécanique, l'enseignant montre que la chute d'un corps ne dépend pas de sa masse. C'est typiquement le genre de résultat qui est très perturbant⁵ et difficile à admettre.

En classe, j'ai observé que même si l'élève a correctement appris sa leçon, il arrive que ses conceptions initiales erronées soient encore largement mobilisées lors de la résolution des exercices. Ces savoirs sont particulièrement résistants à l'apprentissage. Certaines études ont même avancé qu'ils ne s'effacent pas au profit de nouvelles connaissances scientifiques acquises en classe ([MPRF14] [FPRM15]). Il m'a semblé que l'on pouvait identifier ces conceptions initiales à des heuristiques telles que les présente Olivier Houdé dans ses ouvrages ([Hou07] [Hou14]). Ce rapprochement est conforté par certains articles de recherche qui affirment que les experts réussissent à inhiber leurs représentations initiales erronées tout en activant le savoir académique qui permet de résoudre le problème posé [MPRF14] (pour une discussion plus générale voir [PC17]). Il ne s'agit pas d'effacer des heuristiques, mais d'examiner la légitimité de leur recours avant usage. La principale difficulté dans cette perspective est que les situations quotidiennes ont tendance à renforcer ces conceptions initiales erronées en les mobilisant et en les validant. Ainsi, si vous lâchez une plume et une bille de plomb vous affirmerez à juste titre que la chute d'un corps dépend de sa masse. Apprendre n'est donc pas systématiquement empiler des connaissances toujours plus élaborées. Il faut aussi renforcer le contrôle inhibiteur de nos conceptions initiales erronées.

2.2.2 Lancement des projets C1

Lors des appels à projets, j'ai souhaité proposer un sujet qui offre la possibilité de construire une stratégie pédagogique plus efficace devant ce type de savoir initial. L'idée était d'éviter le recours à une conception initiale erronée en mobilisant une fonction exécutive particulière : l'inhibition. Pour rappel, il s'agissait de :

Trouver une stratégie pédagogique, des activités, une signalétique pour aider l'élève à inhiber ses conceptions initiales (pensée automatique, croyance quotidienne qui marche assez bien sauf dans certains cas..) et consolider le recours à la pensée scientifique (justifiée mais couteuse). Comment "débiaiser" le cerveau d'un élève lorsque les biais sont des conceptions initiales erronées que l'on a identifiées ? Par exemple, en améliorant la catégorisation des situations, en aidant l'élève à repérer par lui même quand activer l'algorithme "raisonnement scientifique".

5. Faites tomber une bille de plomb et une plume. Vous observerez la bille tomber plus vite que la plume. Cela est dû à l'action de l'air plus importante sur la plume. Faites tomber deux billes de même diamètre, mais de masse très différentes et alors... vous constaterez que Galilée avait raison !

Malheureusement, je n'ai pas pu participer au premier jour des ateliers. Le matin du deuxième jour, j'ai constaté que le sujet avait d'abord suscité un peu d'incompréhension et d'inquiétude de la part de certains participants. Néanmoins, les deux groupes avaient finalement élaboré de manière assez innovante leur propre interprétation.





Le groupe C1-2 a élargi la problématique aux erreurs des élèves toutes disciplines confondues en travaillant l'inhibition, la métacognition, mais aussi l'estime de soi. Ce groupe a assez rapidement trouvé son objectif et son fonctionnement. Bien que j'ai participé à toutes les réunions sur Teams de ce groupe ma contribution ⁶ (voir [annexe](#)) a été mince, mais les échanges fructueux.

Dans le groupe C1-1, le démarrage a été plus compliqué donnant lieu à de francs désaccords. Après la première journée, un membre de l'équipe a préféré quitter le groupe. Etant donné les circonstances, j'ai estimé qu'il était important de passer plus de temps avec C1-1 lors de cette deuxième journée afin de souder le groupe. Le point de départ du travail de ce groupe est le constat qu'une large majorité de collégiens et particulièrement les élèves de sixième considèrent qu'apprendre signifie apprendre par coeur. Cet a priori s'accompagne certainement d'une pauvreté dans les stratégies d'apprentissage qu'il faut combler. Plus grave, les élèves n'interrogent pas la pertinence de la stratégie d'apprentissage au regard de la nature de l'élément à apprendre. Voici les étapes clés du projet C1-1 :

Résumé du Projet C1-1 intuitive

L'objectif pédagogique du projet C1-1 est de faire barrière à l'heuristique : "**pour bien apprendre, il faut apprendre par coeur**" en ayant recours à la métacognition. L'innovation principale de ce projet repose sur l'utilisation d'une signalétique qui associe une stratégie d'apprentissage à une catégorie de contenu à apprendre. Les enseignants de l'équipe pédagogique utilisent cette signalétique dans les supports destinés aux élèves.

La signalétique

			
Mémoriser	Entraîner	Relier	Manipuler

Le pictogramme "Mémoriser" concerne les savoirs dont on doit viser une mémorisation à long terme. "Entraîner" signifie que la notion à apprendre va nécessiter la pratique d'une technique qui a vocation à être automatisée. "Relier" concerne des savoirs qui doivent s'intégrer parmi ceux déjà présents chez l'élève. "Manipuler" est dédié aux apprentissages moteur, comme par exemple, les gestes techniques lors des travaux pratiques. Nous avons présenté initialement un pictogramme "à oublier" qui était destiné à montrer des éléments contextuels dont l'apprentissage n'est pas nécessaire. Mais j'ai compris que cela risquait d'être contre-productif.

Etapes préliminaires La mise en place du projet débute par la constitution de l'équipe pédagogique qui souhaite s'engager dans le projet. Une formation sur les fonctions exécutives et la mémoire sera proposée aux enseignants soit à la fin de l'année qui précède la mise en place du projet soit

6. Un qcm basé sur une carte mentale dont les questions s'adaptent aux erreurs

dès la rentrée. Afin de soutenir et de faciliter le bon déroulement de ce projet, il est indispensable d'avoir l'adhésion de la direction de l'établissement et de bien communiquer auprès des familles des enfants concernés. C'est pourquoi, à la manière d'une cogniclasse, le projet figura au projet d'établissement qui est voté en conseil d'administration.

Prétest et Sensibilisation des élèves au fonctionnement de leur cerveau En début d'année, un questionnaire sous la forme d'un formulaire est soumis aux élèves. Il s'agit de demander à l'élève d'associer à des contenus pédagogiques la stratégie d'apprentissage qu'il mobiliserait. C'est le prétest. On s'attend à une représentation importante de la technique du "par coeur". Ensuite, nous présentons aux élèves le modèle des 3 systèmes cognitifs (heuristique, inhibition et algorithmique). La séance se poursuit de manière ludique avec des activités qui mènent les élèves à découvrir les verbes d'action de notre signalétique : mémoriser, entraîner, relier et manipuler.

Entraînement régulier du contrôle inhibiteur De manière régulière, en fin de séance le professeur demandera aux élèves à l'aide d'un outil numérique (par exemple Kahoot) d'associer un contenu de la leçon qui vient d'être faite avec une catégorie d'apprentissage. C'est un moment clé du projet puisqu'il s'agit d'entraîner le contrôle inhibiteur de l'élève pour l'aider à résister^a à l'habitude du "par coeur". L'utilisation du numérique permet de donner à chaque élève un feed-back immédiat sur ses stratégies d'apprentissage. En ce qui concerne l'enseignant il hérite d'une cartographie des pratiques d'apprentissage de sa classe et peut parallèlement assurer un suivi individuel de l'élève.

Résultats et bénéfices attendus Afin d'évaluer l'impact de ce projet pédagogique, on procède en fin d'année à un postest. Son contenu est analogue à celui du prétest effectué en septembre. Les principaux résultats attendus sont des progrès à propos de :

1. l'autonomie et l'efficacité de l'apprentissage
2. la confiance en soi (dans la sphère scolaire)
3. la performance scolaire

Conclusion Ce projet a vocation d'accompagner l'élève vers une meilleure expertise de ses propres apprentissages. Ainsi, apprendre est un processus qui commence par se demander à quelle catégorie appartient un contenu. Une fois identifiée cette catégorie, l'élève peut s'appuyer sur des techniques d'apprentissage adaptées et donc efficaces.

a. Il ne s'agit pas de bannir l'apprentissage par coeur ou de hiérarchiser les stratégies d'apprentissage. On part de l'idée que l'efficacité et la pertinence d'une stratégie d'apprentissage ne peuvent s'évaluer que par rapport à un contenu donné.

3 Les perspectives pédagogiques

3.1 Des approches nouvelles

3.1.1 Pièges et merveilles de l'usage du numérique

L'écriture de ce rapport est l'occasion de me demander comment je pourrai enrichir mes pratiques en tenant compte de ce que j'ai appris cette année. Je suis parti du constat que je pouvais améliorer mon utilisation du numérique notamment en la mettant davantage en lien avec les processus d'apprentissage.

Je pense être à l'aise avec l'informatique que je pratique et dont j'enseigne les rudiments aux lycéens qui suivent l'enseignement de NSI⁷. Cependant, je suis assez critique sur certains usages du numérique dans l'enseignement de ma discipline. Par exemple, je n'adhère pas à la simulation lorsqu'elle remplace une expérience qui pourrait être faite en classe. La question n'est plus pour ou contre le numérique, c'est plutôt comment faire mieux avec le numérique.

Aujourd'hui, j'observe que les enseignants sont face à une multitude d'outils numériques qui ont des durées de vie courtes et des fonctionnalités parfois redondantes ou gadgets. L'usage de l'enseignant se situe entre deux postures extrêmes. La première consiste à utiliser des technologies aussi récentes que changeantes ce qui garantit l'innovation mais aussi l'isolement car l'ensemble des enseignants ne suivent pas ce rythme et se lassent de changer tous les ans d'outils. La seconde attitude est d'attendre que l'institution norme les usages et les outils ce qui revient aujourd'hui à utiliser des technologies obsolètes dont les élèves se désintéressent. En guise d'exemple, à la demande de l'inspection, j'élabore un questionnaire pour mesurer les lacunes des élèves à la rentrée prochaine. Jusqu'ici tout va bien. Ce questionnaire numérique est une sorte de formulaire web qui sera à remplir par les élèves hors du temps scolaire. L'institution a choisi un outil RGPD. Jusqu'ici tout va bien. La consultation du questionnaire ne fonctionne pas sur smartphone et tablette mais uniquement sur ordinateur. Au vu des usages des élèves c'est une erreur qui va probablement disqualifier ce projet. J'ai appris cette année qu'il fallait prendre le temps de choisir un outil numérique. Pour cela il ne faut pas se contenter d'analyser ses fonctionnalités, mais envisager son intégration dans le contexte global de son utilisation.

Dans le passé, mon usage du numérique était centré sur le gain de productivité dans les tâches se rapportant à mon métier d'enseignant. Un bon outil numérique était celui qui me permettait d'en faire plus en moins de temps. C'est ainsi qu'il y a deux ans, j'ai découvert un outil⁸ qui permet de produire des QCM papiers et dont la correction est réalisée automatiquement après avoir scanné les copies des élèves. Ce logiciel permet au professeur d'économiser le temps de la correction des copies. De plus, le logiciel envoie par mail la copie corrigée numériquement à chaque élève. Ainsi, on cumule feed-back immédiat et gain de productivité. Comme tous les professeurs je demande aux élèves d'apprendre la leçon d'un cours sur l'autre. Cet outil me permet de les menacer d'une mauvaise note car je peux faire fréquemment des QCM évaluant l'apprentissage de la leçon. Ainsi, j'espérais les contraindre à apprendre plus régulièrement donc de manière plus durable. Que demander de plus ?

Aujourd'hui, j'ai changé d'avis et j'ai décidé de revoir mon usage du QCM dans ma pratique. Mon objectif n'est plus de produire facilement et en grande quantité des notes. Je souhaite maintenant donner

7. Numérique et Sciences Informatiques

8. AMC <https://www.auto-multiple-choice.net/>

à l'élève un outil simple et attractif qui l'aide à apprendre. Pour cela j'envisage deux types de questionnaires. Le premier est centré sur les informations à retenir qui ne nécessitent pas ou très peu de raisonnement. C'est essentiellement des définitions, des théorèmes ou des formules. En pratiquant ces qcm, l'élève va pouvoir consolider la mémorisation des notions essentielles au cours. Le second type de qcm est consacré à la pratique de techniques et de raisonnements qui mobilisent les concepts scientifiques de la leçon. Dans ce cas, l'objectif est de donner à l'élève un moyen d'auto-évaluer son expertise sans subir ni la pression d'un devoir en classe qui compte dans la moyenne ni les regards extérieurs qui le stressent.

Cette année, lors des séances d'aide personnalisée, j'ai testé sur des élèves de terminale l'application Kahoot!⁹. J'ai observé à quel point les élèves adhèrent à l'application et jouent à réviser. J'ai utilisé aussi un mode "équipe" où les élèves sont regroupés par trois ou quatre et formulent une réponse après s'être concertés. Cela permet une certaine émulation et la charge négative de l'erreur est moins lourde puisqu'elle est assumée par le groupe (lorsque la cohésion du groupe est satisfaisante).

Un autre point important que je souhaite améliorer dans ma pratique dès la rentrée prochaine concerne la planification des apprentissages. Jusqu'ici, je me contentais de donner du travail pour la prochaine fois. En y réfléchissant davantage, écrire dans le cahier de texte *"pour la semaine prochaine : ex n°3 p43 ; apprendre la leçon"* contient une large part d'implicite et ne me satisfait plus. Beaucoup d'élèves sont démunis en terme de méthode d'apprentissage, et ne mettent pas la même chose que moi derrière le verbe apprendre. J'ai envie non seulement de leurs faire expérimenter des stratégies d'apprentissages mais aussi les accompagner dans la planification de ces tâches. A quels moments revoir la leçon ? Comment le faire ? Quels bénéfices y a-t-il à s'exercer ? Surligner et relire est-ce si efficace qu'on le dit ? La finalité est que l'élève sache faire la bonne tâche au bon moment. Ainsi j'espère qu'on lira un peu moins souvent sur les bulletins *"Il faut revoir les méthodes... Il faut approfondir davantage."*. Ce sont autant d'injonctions floues pour les élèves et leurs parents.

D'un point de vue concret, pour le niveau de la classe de seconde, je vais lister une petite dizaine de notions fondamentales du programme. Pendant la première moitié de l'année, j'organiserai de manière très guidée la planification des rappels mnésiques en classe et hors de la classe. Ensuite, j'indiquerai aux élèves les notions qu'ils devront programmer dans leur organisation. Je dois encore réfléchir à l'espace et au nombre de rappels à proposer afin que le dispositif reste léger et soit adopté durablement par les élèves. En expérimentant cette manière de travailler l'élève fera le constat qu'il peut apprendre à plus long terme. A mesure qu'il s'entraîne avec les qcm, il gagnera en confiance et en estime de soi. Je souhaite convaincre les élèves que cette organisation leur permettra non seulement de mieux réussir mais d'être moins stressé lors des évaluations. Il est donc envisageable d'instaurer un cercle vertueux entre une organisation détaillée du travail scolaire, la confiance en soi et la performance scolaire. Bien entendu cette roue tournera à la force de l'implication de chacun des acteurs : élèves et professeurs.

9. Application que j'ai découverte le premier jour du DU

3.2 Evolution professionnelles envisagées

3.2.1 Mettre en place des projets pédagogiques et de formations

La formation donnée par le DU de neuroéducation stimule et pousse à la création de projets. Après les ateliers, ce qui était un exercice de réflexion dans le cadre d'une formation est devenu un projet que j'aimerais mettre en place dans mon établissement. Initialement pensé pour les élèves de sixième, il me semble tout à fait adaptable à des élèves de seconde. Assez rapidement, j'envisage de former mes collègues qui sont curieux de ce type d'approche pédagogique. Mon intention est de former les collègues sur les notions clés du projet. J'envisage de commencer par des généralités sur les fonctions exécutives, puis de détailler davantage la mémoire et le contrôle inhibiteur. Evidemment il s'agira d'une approche vulgarisée mais que j'espère correcte scientifiquement. Si les collègues adhèrent, j'aimerais proposer une formation sur site à l'ensemble de mes collègues pour essayer de créer une sorte de culture commune des mécanismes d'apprentissage mais aussi du développement cognitif et de ses aspects sociaux.

A une autre échelle, j'aimerais pouvoir participer à l'élaboration d'une formation au plan académique mais pour l'instant je me heurte à une hiérarchie insensible à cette question. Dans l'académie de Rouen, il y a certes des cogniclass mais pour l'instant je n'ai pas trouvé encore d'interlocuteur favorable à cette cause, je cherche... Cette année il y a eu une conférence ¹⁰ sur la métacognition qui était très intéressante mais dans l'atelier qui a suivie il a été question des intelligences multiples des élèves ...

10. dont le contenu est largement inspiré des travaux de Nicole Delvolvé

4 Conclusion

Même si j'avais commencé à me documenter sur les sciences cognitives, l'essentiel de ce que je sais aujourd'hui je l'ai appris au travers de la formation du DU et en échangeant avec les collègues avec qui j'ai travaillé lors des ateliers et à distance par la suite. Mon IPR ¹¹ critique les sciences cognitives en disant qu'elles affirment pompeusement des évidences : *"Est-il nécessaire de faire des recherches pour conclure qu'un élève attentif en classe retient mieux le cours que celui qui n'a pas écouté ?"* C'est un peu caricatural, mais moi aussi j'ai eu le sentiment parfois que certains résultats issus des sciences cognitives validaient des énoncés de bon sens. Il faut cependant se rappeler que de nombreux neuromythes sont eux aussi validés par le bon sens. Evidemment, tous les résultats de recherche en neuroéducation ne sont pas révolutionnaires. Cependant, ils ont la robustesse que l'on attend de la science. L'enseignant peut donc s'y fier et construire ses pratiques pédagogiques sur cette fondation sans pour autant renoncer à son esprit critique et à sa liberté pédagogique. J'ai donc appris cette année à répondre de manière argumentée à certaines critiques qui défendent une opposition de principe au recours des sciences cognitives à l'école. La formation m'a permis de conforter une position philosophique qui soutient une pédagogie s'appuyant sur des connaissances scientifiques actualisées tout en se tenant à bonne distance d'une conception mécaniste du cerveau de l'élève.

A l'image de mon organisation dans mon travail, cette année a été dense et un peu chaotique dans son déroulement. Il y a donc des classes virtuelles que j'ai besoin de voir ou revoir. Mon principal regret est de ne pas m'être assez investi sur la partie psychologie sociale. Je suis pourtant convaincu de son importance. Ces connaissances seront utiles pour la mise en oeuvre et l'analyse des résultats des expériences pédagogiques que je souhaite mener en classe. Je vais remédier à ce manque en profitant de l'ouverture estivale de la plateforme Moodle.

Pour clore ce rapport auto-réflexif, je tiens à remercier mes collègues de l'atelier C1-1 avec qui j'ai continué à échanger très régulièrement y compris pendant la rédaction de ce rapport. Cet échange de pratique a été un véritable bol d'air en période de confinement.

Je remercie aussi toutes l'équipe pédagogique du DU pour son engagement, sa réactivité et sa capacité à écouter chacun. Vous avez réussi à évaluer à distance les productions des ateliers sans juger les personnes mais en valorisant les points positifs de chaque production. Bravo ! La gestion du travail à distance ¹² a été rapide et efficace. La bonne configuration de la plateforme Teams a facilité l'ajout des compétences et la mutualisation des ressources. Les temps forts que j'ai particulièrement appréciés se sont déroulés en présentiel pendant les ateliers et les conférences. Cette promotion a rassemblé des professionnels de l'école avec des profils très variés. C'est une véritable pépinière où chacun a enrichi l'autre et où l'enthousiasme a été un moteur pour l'innovation. Vous avez su arroser et faire grandir toutes ces jeunes pousses. Je ne doute pas que les fruits à venir seront abondants.

11. Inspecteur Pédagogique Régional

12. Merci Marion pour la découverte de Teams

5 Annexes

5.1 Précisions historique au sujet de la théorie de l'Impetus

C'est Jean Buridan, maître à la Faculté des arts de Paris vers 1330, qui utilise le premier ce terme. On retrouvera le concept d'impetus chez d'autres auteurs mais parfois sous une autre expression comme par exemple : "impression de mouvement" ou "habitus" chez Benedetti¹³ (1530-1590) ou bien "virtus impressa" chez Galilée (1564-1642). La théorie de l'impetus s'étend du XIVe au XVIIe et naît d'une réponse à un problème mal résolu par la physique d'Aristote : le mouvement d'un projectile.

Rappelons que pour Aristote, les mouvements violents comme celui d'un projectile ne peuvent se faire qu'avec du contact. Par opposition, les mouvements naturels se produisent d'eux-mêmes et dépendent de la nature du corps. Aristote constate que le mouvement du projectile s'accompagne de la libération de la portion d'espace que celui-ci occupait auparavant. Cet espace libéré, derrière le projectile, crée une sorte "d'appel d'air" qui participe à son mouvement. L'air serait le moteur du projectile. Finalement pour Aristote : « Tout ce qui est mû est mû par autre chose... ».

En s'appuyant sur quelques expériences, Jean Buridan conteste les explications d'Aristote. Par exemple, le bateleur installé à l'avant de son bateau se déplace dans l'air et pourtant l'action qu'il ressent de l'air s'oppose à son mouvement. Il propose une théorie selon laquelle lorsqu'un corps est jeté, il reçoit de la part du lanceur une force qui s'imprime en lui : l'impetus. Le transfert entre le lanceur (ou "le moteur") et le mobile dépend de la capacité du corps à recevoir l'impetus¹⁴ et de la durée d'impression. A propos de l'impetus Benedetti dans *De Mechanicis* déclare :

"C'est une espèce de qualité, puissance ou vertu qui s'imprime au mobile ou, mieux qui l'imprègne ... C'est aussi une espèce d'habitus qu'acquiert le mobile, et cela d'autant plus qu'il est plus longtemps soumis à l'action du moteur."

Chacune de ces expressions est une tentative d'explication du mouvement par une propriété qui réside uniquement dans le mobile. L'impetus est une propriété de l'objet.

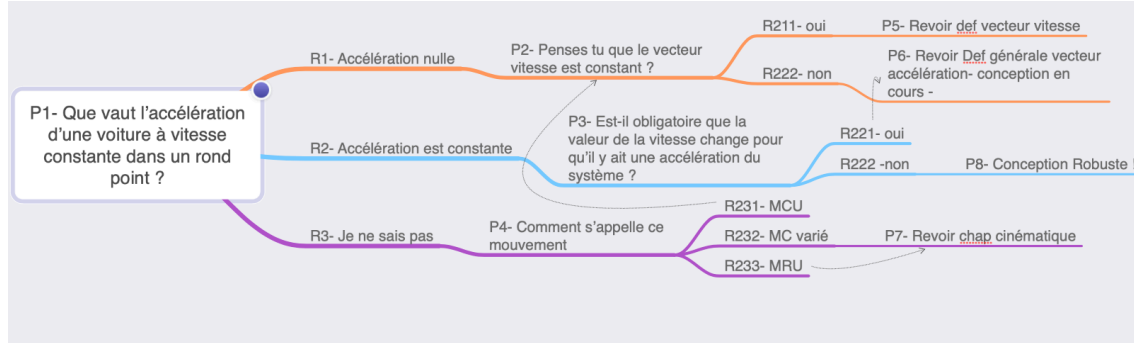
13. Mathématicien à Venice qui remet en cause la théorie d'Aristote selon laquelle la durée de chute d'un corps dépend de la masse de ce corps

14. A. Koyré, *Etudes Galiléennes*, p 50

5.2 QCM qui s'adapte aux erreurs

Lien vers le QCM : <https://inhibition.evalandgo.com/s/?id=JTk3byU5MWw10UE1QUY=&a=JTk2byU5N2s10UY1Q>

Contexte pédagogique : On fait l'hypothèse que la notion d'accélération bient d'être enseigné et que la définition d'accélération est encore au tableau. A l'aide d'un QCM à branchement conditionnel, on soumet l'élève à une série de questions permettant de mieux comprendre son recours à l'heuristique.



Ici l'heuristique correspond au chemin orange. La question P2 a pour but de cerner si la réponse à P1 est automatique (R211) ou bien si elle est fondée sur un raisonnement erronée (R222) car la notion de vitesse n'est pas maîtrisée. Lorsque l'heuristique n'est pas mobilisé (chemin bleu), on aurait tort de croire que le concept d'accélération est parfaitement maîtrisé. La question P3 vérifie la robustesse de la conception de l'élève. Une remédiation est proposée en cas d'échec (P6)

Bibliographie

- [BB] Jean-Luc Berthier and Grégoire Borst. *Les neurosciences cognitives dans la classe : Guide pour expérimenter et adapter ses pratiques pédagogiques*. ESF Sciences Humaines.
- [CB94] N J Cooke and S D Breedin. Constructing naive theories of motion on the fly. *Memory & cognition*, 22(4) :474–493, July 1994.
- [CFs] MTH Chi, P J Feltovich, R Glaser Cognitive science, and 1981. Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Elsevier*.
- [FPRM15] Lorie Marlène Brault Foisy, Patrice Potvin, Martin Riopel, and Steve Masson. Is inhibition involved in overcoming a common physics misconception in mechanics ? *Trends in Neuroscience and Education*, 4(1-2) :1–11, April 2015.
- [HH98] Ibrahim Abou Halloun and David Hestenes. The initial knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53(11) :1043–1055, June 1998.
- [Hou07] Olivier Houdé. Le rôle positif de l'inhibition dans le développement cognitif de l'enfant. *Le Journal des psychologues*, 244(1) :40–4, 2007.
- [Hou14] Olivier Houdé. *Le raisonnement*. « Que sais-je ? » n° 1671. Presses Universitaires de France, February 2014.
- [HWD06] Bruce M Hood, Alice Wilson, and Sally Dyson. The effect of divided attention on inhibiting the gravity error. *Developmental Science*, 9(3) :303–308, May 2006.
- [KH20] Paul A Kirschner and Carl Hendrick. *How Learning Happens*. Seminal Works in Educational Psychology and What They Mean in Practice. 2020.
- [Kri00] Horst Krist. Development of naive beliefs about moving objects. *Cognitive Development*, 15(3) :281–308, July 2000.
- [Kuh83] Thomas S Kuhn. *La structure des révolutions scientifiques*. 1983.
- [MF83] Michael McCloskey and Linda Felch. Intuitive physics : The straight-down belief and its origin. *Journal of Experimental Psychology : Learning, Memory, and Cognition*, 9(4) :636–649, 1983.
- [MPRF14] Steve Masson, Patrice Potvin, Martin Riopel, and Lorie Marlène Brault Foisy. Differences in Brain Activation Between Novices and Experts in Science During a Task Involving a Common Misconception in Electricity. *Mind, Brain, and Education*, 8(1) :44–55, March 2014.
- [MS11] Andrew Mason and Chandralekha Singh. Assessing expertise in introductory physics using categorization task. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 7(2) :271–17, October 2011.
- [MS16] Andrew Mason and Chandralekha Singh. Using categorization of problems as an instructional tool to help introductory students learn physics. *Physics Education*, 51(2) :1–5, February 2016.

[PC17] Patrice Potvin and Guillaume Cyr. Toward a durable prevalence of scientific conceptions : Tracking the effects of two interfering misconceptions about buoyancy from preschoolers to science teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(11) :57–22, April 2017.

[PRM07] Patrice Potvin, Martin Riopel, and Steve Masson. *Regards multiples sur l'enseignement des sciences*. Editions multimondes edition, August 2007.

[Vie79] Laurence Viennot. *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*. Editions Hermann, January 1979.