



**HAL**  
open science

# Métacognition et résolution de problème en S2I : comment l'explicitation peut développer le processus exécutif de planification

Étienne Chaplin

► **To cite this version:**

Étienne Chaplin. Métacognition et résolution de problème en S2I: comment l'explicitation peut développer le processus exécutif de planification. Education. 2019. dumas-02513537

**HAL Id: dumas-02513537**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02513537>**

Submitted on 20 Mar 2020

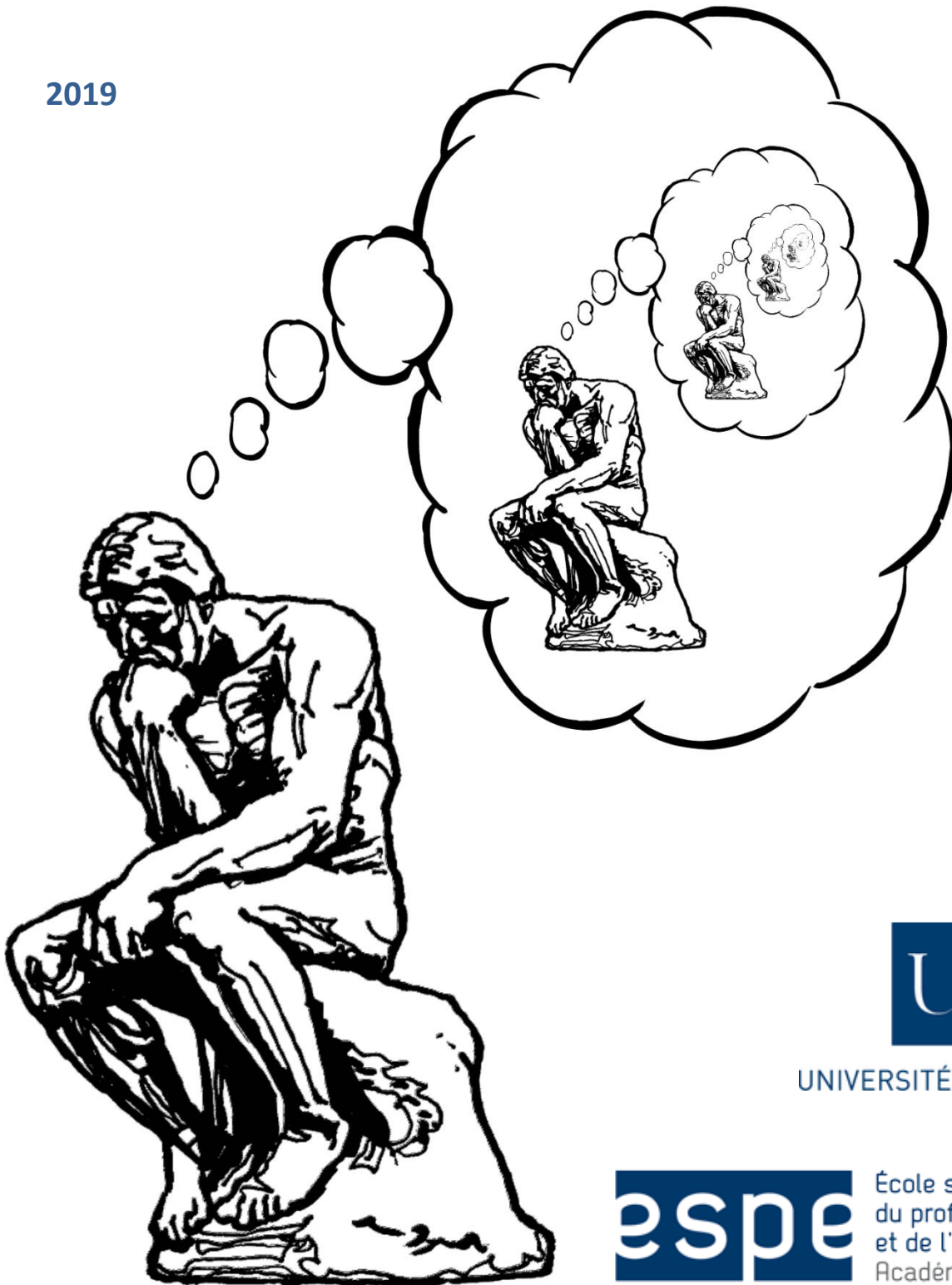
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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.

# La métacognition en S2I

CHAPLIN Étienne

2019



UNIVERSITÉ DE NANTES



École supérieure  
du professorat  
et de l'éducation  
Académie de Nantes

# Mémoire de fin d'étude

Diplôme préparé : Master MEEF 2nd Degré Science Industrielle de l'Ingénieur

Métacognition et résolution de problème en S2I :  
Comment l'explicitation peut développer le processus  
exécutif de planification.

CHAPLIN Étienne

Directeur de Mémoire :  
Jérôme THOMAS, Formateur à l'ESPE du Mans

Université de Nantes

Année universitaire 2018/2019

Date de soutenance : 10/05/2019

## Sommaire

1 – Introduction.....	1
2 – Origine de la réflexion .....	3
2.1 – Identité professionnelle .....	3
2.2 – Difficultés rencontrées avec mes élèves .....	4
2.3 – Réflexion, recherche et émergence de la métacognition .....	5
3 – Définition de la métacognition.....	9
3.1 – Définition générale .....	9
3.2 – Les savoirs métacognitifs ou l’aspect déclaratif.....	12
3.3 – La métacognition exécutive ou les expériences métacognitives.....	14
3.4 – La place de la métacognition dans la pédagogie.....	17
4 – Problématique.....	19
4.1 – Hypothèses .....	19
4.2 – Définition et limitation de la problématique.....	20
5 – Expérimentation .....	21
5.1 – Contexte de l’essai.....	21
5.2 – Protocole .....	22
6 – Résultat.....	25
6.1 – Traitement des résultats .....	27
6.2 – Analyse .....	29
6.3 – Proposition de remédiation.....	33
7 – Conclusion .....	37
7.1 – Sur l’expérience .....	37
7.2 – Préconisation pour le développement de la métacognition.....	38
8 – Bibliographie.....	40
9 – Remerciements.....	41

## 1 - Introduction

Au fur et à mesure de mon année de stage j'ai remarqué des difficultés redondantes chez mes élèves de 1<sup>ère</sup> STI2D quand il s'agissait de résoudre des problèmes mécaniques faisant appels aux mathématiques, élément centrale dans toutes formations scientifiques orientées ingénierie.

Ce problème m'a donc tenu à cœur et ce mémoire a été le parfait support pour ma réflexion et j'ai pu commencer des recherches dans ce cadre afin d'y voir plus clair dans le grand domaine qu'est la cognition.

C'est ainsi que je me suis replongé dans la métacognition, comprenez la réflexion sur sa cognition. Mais cette fois ce mémoire m'a permis d'aller plus loin, et après avoir lu les écrits fondateurs de la métacognition de Flavell et les recherches d'autres grands chercheurs, j'ai pu entrevoir une solution.

Je m'attarderai volontairement sur la définition de métacognition, concept peu voire pas connu en éducation. Cette partie aura pour objectif non seulement de définir les points dont j'aurai besoin dans ce mémoire mais aussi de décrire la métacognition explicitement afin que ce concept puisse être réutilisé dans sa totalité par les personnes qui liront ce mémoire et moi-même dans le futur.

La complexité de la métacognition empêche une étude exhaustive de celle-ci. J'ai donc limité ma recherche à deux aspects, la planification exécutive pour comprendre l'origine des difficultés de mes élèves et le savoir déclaratif sur les stratégies comme levier pour répondre aux blocages rencontrés.

Ce mémoire aura donc pour objectif de vérifier le niveau de métacognition de mes élèves et de définir des méthodes et solutions pour d'une part faciliter l'enseignement en s'appuyant sur une connaissance approfondie des processus qui régissent l'apprentissage et aussi faciliter la résolution de problème mathématique complexe et développer la métacognition.

Ceci dans le but de les amener vers plus d'efficacité d'apprentissage et d'autonomie, objectif indissociable de l'éducation.

Pour valider mes hypothèses je me suis appuyé sur un essai réalisé sur mes élèves. L'essai est pensé pour limiter l'impact des autres facteurs sur la réussite des élèves face à des problèmes mathématiques afin de pouvoir précisément évaluer leur niveau de métacognition.

Cet essai donnera évidemment lieu à une analyse poussée des résultats et à une réflexion sur la cause de ce problème et la meilleure façon d'y remédier en S2I. Cette dernière partie donnera lieu à un nouvel outil de schématisation afin d'aider les élèves dans leur réflexion et dans le développement de leur métacognition.

## **2 – Origine de la réflexion**

### **2.1 – Identité professionnelle**

J'ai toujours plus ou moins envisagé le métier d'enseignant, même à l'époque où j'étais élève au collège. Pendant les cours je me disais souvent : je n'aurais pas présenté ça comme ça, je l'aurais formulé différemment ou encore j'ai un exemple d'utilisation qui aurait aidé les autres à comprendre.

J'adorais d'ailleurs aider mes camarades, en reformulant, en réexpliquant le cours ou l'exercice, car je comprenais facilement où le professeur voulait en venir, les méthodes à mettre en œuvre pour réussir ou comment arriver au même résultat avec une approche différente.

À l'époque je n'avais pas vu ça comme une qualité que j'avais plus développée que les autres, mais comme une simple facilité qu'on aurait tendance à ranger dans le grand domaine qu'est la capacité cognitive.

Cette envie récurrente de comprendre le raisonnement d'autrui, d'identifier la cause du blocage avant de le dénouer et d'amener l'autre à une sorte de révélation, toute proportion gardée, m'a poussé à réfléchir sur la façon qu'avaient mes professeurs de présenter les cours et nous amener à le comprendre. Avec du recul c'était en fait mes premières réflexions pédagogiques, ce qui m'amena plus tard à envisager le métier d'enseignant.

Et cela continue d'avoir de l'impact sur ma carrière puisque cette notion m'est revenue en mémoire pendant les cours que je dispensais quand j'ai voulu comprendre la cause des écueils rencontrés par mes élèves.

## 2.2 - Difficultés rencontrées avec mes élèves

J'ai, comme beaucoup de professeurs, utilisé ma propre expérience comme référence pour mes élèves, lors de la création des différents exercices je me suis basé sur que je pensais être abordable et j'ai donc été étonné quand ils bloquaient sur des tâches que j'avais considéré comme largement à leur portée.

Ces tâches ne nécessitaient pas de formules complexes mais un certains nombres de calculs intermédiaires avant de trouver le résultat.

Il était évident que les capacités cognitives ou la mémoire n'était pas en cause, mes élèves pouvant faire preuve d'une grande pertinence quand le problème présenté correspond à leur méthode de résolution propre et qu'aucun savoir nécessitant un effort de mémoire n'était demandé.

Alors pour identifier le point de blocage j'ai insisté sur des questions de logiques qui ne demandaient pas de pré-requis et avec un objectif que je jugeais simple.

J'ai aussi fait attention à la formulation et réexpliqué avec eux la consigne à l'oral afin d'écartier la formulation du problème et la fragilité due à une nouvelle notion de cours partiellement acquise.

Mais les blocages persistaient. J'ai donc élargie le champ de recherche.

Les élèves demandent souvent à appliquer une formule et sont déboussolés quand on leur dit qu'il n'y en a pas ou qu'on peut la retrouver par la logique. Comme si les mathématiques se bornaient à l'application de formules alors qu'on parle bien d'outil mathématique.

Et c'est bien toute la nuance entre apprendre et comprendre. On pourrait faire mémoriser toutes les formules scientifiques jamais énoncées à un individu sans en faire un génie scientifique pour autant. L'esprit critique et la capacité à résoudre des problèmes que l'on veut développer chez nos élèves implique une compréhension du monde supérieur à une simple somme de loi.



Si on ne comprend pas la logique, la philosophie des sciences, on ne peut qu'appliquer des formules et on se retrouve très vite limité à mesure que la complexité des principes augmente.

Dans le même temps la réflexion pure ne permet pas non plus de trouver la solution à des problèmes trop complexes, quand la solution ne s'impose plus à nous il faut trouver les étapes qui nous permettront de répondre au problème.

Il y a donc une compétence en plus de la cognition qui permet de résoudre des problèmes et qui doit s'acquérir.

La question qui se pose donc est quelle est cette capacité et comment la développer chez des élèves ?

### **2.3 – Réflexion, recherche et émergence de la métacognition**

J'ai émis l'hypothèse que le système scolaire les avait habitués à apprendre un cours, à faire des exercices et à transposer les méthodes de résolutions par analogie pour répondre aux autres questions, typiquement pendant l'évaluation.

Devant un problème nouveau ils vont essayer d'appliquer une méthode de résolution déjà vu, et en cas d'échec ils se considéreront bloqués et n'essayeront pas de construire une nouvelle méthode en associant leurs connaissances.

Une des réflexions qui m'a permis d'émettre cette théorie est une remarque que l'on entend souvent en STI2D, qui est leurs difficultés à transposer les mathématiques dans d'autres matières plus concrètes.

Ils éprouvent de grandes difficultés à résoudre un problème si celui-ci n'est pas une simple application de formule.

Un exemple de cela est survenu en activité pratique et a servi de base pour ma réflexion :

Pour calculer le poids dû à la neige sur une structure, on donne la surface, la hauteur de neige et sa densité, sans même avoir une formule on sait que l'on peut résoudre ce problème, grâce à une habitude de calcul que les élèves n'ont pas encore. Nombre de personnes pourrait résoudre ce problème sans connaître ou pouvoir retrouver la formule

$m = \rho \cdot V$  (la masse est égale à la masse volumique multipliée par le volume).

Mais ils bloquent parce qu'ils n'arrivent pas à voir la succession d'étape qui va les mener à la résolution du problème, alors même qu'ils peuvent résoudre assez facilement chacune des étapes prises individuellement.

À noter que l'origine de ces blocages pourrait être imputé à un exercice trop complexe (en dehors de la zone de développement proximale) mais que, comme l'exemple donné au paragraphe précédent qui sera développé par la suite, les exercices ayant posé problème ne faisaient appels qu'à des notions simples, de proportionnalité ou de loi basique comme Pythagore. Nous limitons aussi fortement le nombre d'étape à réaliser pour trouver la solution. Nous verrons plus tard que ce si cela aide les élèves à trouver la réponse cela n'aide pas les élèves d'un point de vue général.

Il ne faut pas négliger aussi l'aspect motivations des élèves, qui une fois devant une tâche trop compliquée ne persévèrent pas pour la franchir par manque d'appétence.

Cet aspect de la résolution de problème ne sera pas abordé pour la suite de l'étude, bien que pris en compte à certain moment. Au lieu de gérer la chute de motivation due à un blocage je proposerai une façon de limiter ce dernier. Il faut mieux traiter la maladie que les symptômes.

J'ai donc essayé de définir les étapes de résolution du problème de la neige sur un toit. J'ai décomposé avec eux ma propre méthode de résolution que j'aurai appliquée si le problème était nouveau pour moi. En verbalisant mes propres réflexions à haute voix ils n'ont pu que constater la simplicité et la logique de la réponse tout en admettant leur impossibilité à la déduire par eux-mêmes.

Le problème se décompose comme suit :

-La neige est dix fois plus légère que l'eau *(traduction de la densité de 0,1 donnée dans l'énoncé, cette notion a déjà été vue dans le passé plusieurs fois).*

-L'eau pèse 1000kg par mètre cube. *(Vu avec la notion précédente)*

-Donc la neige pèse 100kg par mètre cube. *(Première étape)*

-Il y a 10cm de neige, donc un dixième de mètre.

-Il faudra donc 10 mètres carrés de neige pour faire un mètre cube. *(Deuxième étape)*

-Il y a 300 mètres carrés de surface, donc 30 mètres cubes de neige. *(Troisième étape)*

-Si chaque mètre cube pèse 100kg les 30 mètres cubes pèsent 3000kg. *(Résultat final)*

Chacune de ces étapes est logique et demande peu de réflexion alors que la résolution du problème semblait bien plus ardu. À noter que l'on peut passer par plusieurs chemins logiques pour résoudre ce problème, mais que celui-ci comme d'autres a le mérite de ne pas utiliser la formule  $m = \rho \cdot V$

À la fin de cette résolution je leur ai demandé leurs ressentis sur la difficulté réel de la tâche et ils m'ont répondu que c'était facile présenté comme ça mais qu'eux n'y arrivaient pas. Ils ont donc reconnu d'eux même que ce qui les bloquait était en faite cette décomposition.

Afin de pouvoir mieux comprendre ce processus cognitif particulier mis en jeu dans l'apprentissage qui leur fait défaut je dois d'abord l'identifier et en comprendre les nuances.

En décomposant avec les élèves ma méthode je me suis rendu compte qu'elle consistait simplement à annoncer des évidences, pour moi comme pour les élèves, et à les combiner pour créer étape par étape une nouvelle méthode de résolution, qui semble aussi logique que les concepts qui la composent.

La difficulté n'était donc pas la complexité des savoirs utilisés mais leurs sélections, agencements et combinaisons. Et j'ai résolu le problème en annonçant ce que je savais et en planifiant une résolution.

Il leur manquait donc la capacité de planifier une démarche et de réfléchir sur les stratégies qu'il pouvait mettre en place.

En y réfléchissant je me suis rappelé la définition d'un terme qui avait été évoqué pendant un cours en première année de master. Pour construire notre identité professionnelle nous avons analysé les motivations qui nous ont poussés à devenir enseignants. Notre formateur pour ce cours, M. Jean-Claude JAMET (chercheur en science de l'éducation de l'académie de Nantes) avait vu dans mes motivations (voir 2.1 – Identité professionnel) un fort intérêt sur la façon de réfléchir des autres, sur l'analyse de leurs méthodes de réflexion, concept qu'il m'annonça être baptisé la métacognition.

## 3 – Définition de la métacognition

### 3.1 – Définition générale

Le concept de métacognition est relativement récent puisqu'il a été énoncé par John H. Flavell dans les années 1970. Il le définit comme « *la connaissance qu'on a de ses propres processus cognitifs, (...) La métacognition se rapporte entre autres choses, à l'évaluation active, à la régulation et l'organisation de ces processus en fonction des objets cognitifs ou des données sur lesquelles ils portent, habituellement pour servir un but ou un objectif concret.*<sup>1</sup> »

Ce concept n'est pourtant pas nouveau et même s'il n'avait pas été nommé et étudié de prêt il a été abordé par les grands philosophes. Nous connaissons tous par exemple la citation de Socrate : « Connais-toi toi-même ». Ils avaient reconnu l'importance de cette faculté dans la réflexion et l'apprentissage.

Comme le décrit Flavell, la métacognition est un terme regroupant un large champ de concepts, afin de pouvoir organiser sa réflexion et ses recherches il a décomposé la métacognition en deux sous parties.

► La première facette de la métacognition est le savoir métacognitif. C'est-à-dire les connaissances que nous avons sur nos propres processus cognitifs. C'est l'aspect déclaratif.

Par exemple pour répondre aux questions : combien de fois devrai-je entendre une suite de mots pour la mémoriser ? À quel moment devrai-je noter une liste de courses devenue trop longue pour ne rien oublier ? Nous utilisons le savoir métacognitif.

► Ensuite, viennent les expériences métacognitives, que l'on pourrait définir comme les sensations que ressentent les individus lorsqu'ils sont dans la tâche. C'est l'aspect procédural.

Par exemple le sentiment d'avoir compris ou au contraire d'éprouver des difficultés pendant la tâche, ou de se dire qu'il est nécessaire de relire un passage d'un livre parce qu'il est difficile ou que notre esprit pensait à autre chose.

---

<sup>1</sup> Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. *The nature of intelligence*, 231-235.

Ce découpage a été de nombreuses fois repris et corroboré (Saint-Pierre, 1994; Noël, 1997; Dolly, 1997 ; Portelance, 1999, 2007; Veenman, 2012; Gagnière, 2010; Colognesi & Van Nieuwenhoven, 2016) et sert de socle à l'étude de la métacognition.

À noter que Piaget abordait cette notion dès 1977<sup>2</sup> sous le nom d'abstraction réfléchissante.

Ce premier niveau donne une bonne idée de la métacognition en général, je rentrerai dans le détail de ce découpage plus tard avec les niveaux inférieurs.

Mais avant, il convient de s'interroger sur la nature universelle de ces exemples. Ils servent à nous faire comprendre que la métacognition est utilisée par tout le monde et ce régulièrement, elle est une part de la cognition au sens large.

Ce qui veut dire qu'elle se développe en parallèle des autres apprentissages, de façon inconsciente. Mais elle se travaille avec un certain décalage, car pour appliquer des processus métacognitifs à une tâche il faut l'avoir effectué de nombreuses fois, la maîtriser avant de l'analyser.

Par exemple pour savoir que l'on comprend mieux un problème en faisant un schéma il faut s'être confronté à de nombreux exercices avec et sans schématisation avant de pouvoir en déduire une tendance générale.

Il ne faut donc surtout pas confondre la cognition et la métacognition, sans métacognition le savoir est utilisé de façon bien moins efficace et ce peu importe les capacités cognitives.

La métacognition n'est pas une capacité innée, mais un processus de contrôle de son apprentissage, qui permet de mieux réguler sa réflexion et faciliter de nouveaux apprentissages, le tout avec plus d'autonomie.

---

<sup>2</sup> Piaget, J. (1977). Recherches sur l'abstraction réfléchissante.

Afin de déterminer les différents impacts des pratiques pédagogiques sur le développement des capacités métacognitives des élèves il a fallu que les chercheurs cloisonnent davantage la métacognition pour en faciliter l'analyse. Et au fil des recherches le concept de métacognition s'est étoffé.

Lafortune et St-Pierre proposent en 1996<sup>3</sup> une division des expériences métacognitives en trois sous-dimensions, la planification, la régulation et le contrôle.

En 2004<sup>4</sup> Jeanne Richer décompose à son tour le savoir métacognitif en trois sous-parties, les savoirs sur les personnes, sur la tâche et sur les stratégies.

Une synthèse de ces éléments est proposée par Arnim Kaiser et Ruth Kaiser en 2009<sup>5</sup>. Ils reprennent ces éléments et les synthétisent sous la forme du tableau qui suit.

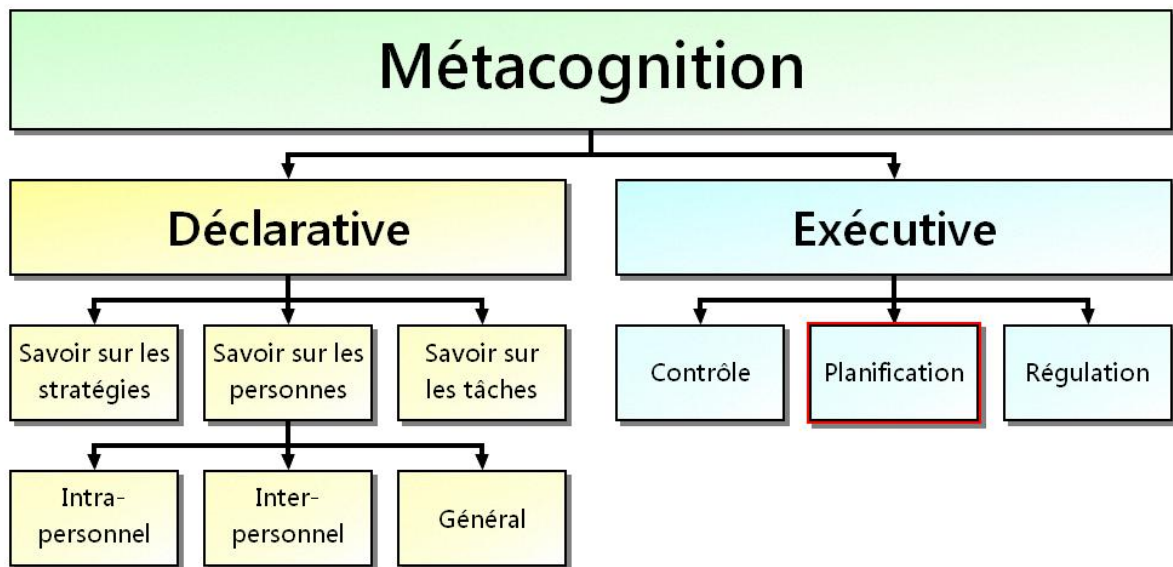


Figure 1 : Tableau des dimensions métacognitives

<sup>3</sup> Lafortune, L., & Saint-Pierre, L. (1996). Affectivité et métacognition en classe, 2 e édition. Québec, Logiques.

<sup>4</sup> Richer, J., Deschênes, P., & Neault, S. (2004). Métacognition et TIC étude de l'évolution de la métacognition et de la pratique enseignante à l'utilisation d'une stratégie exploitant le carnet virtuel et visant l'autonomie des étudiants face à leurs apprentissages.

<sup>5</sup> Kaiser, A., & Kaiser, R. (2009). Métacognition et formation des adultes. *Questions Vives. Recherches en éducation*, 6(12), 147-163.

### 3.2 – Les savoirs métacognitifs ou l’aspect déclaratif

Pouvez-vous citer 20 capitales de pays ?

Oui ? Tant mieux, mais l’important ici est le fait que vous puissiez répondre à cette question sans même essayer de les citer, cela indique un savoir métacognitif déclaratif intra-personnel.

• Ce dernier fait partie des **savoirs sur les personnes**, qui regroupent aussi le savoir inter-personnel et général :

- Le savoir **intra-personnel** : Connaitre ses propres capacités, ses points faibles et points forts.

*Exemple : « Je ne suis pas très bon en orthographe. »*

- Le savoir **inter-personnel** : Connaitre les capacités des autres,

*Exemple : « Mes amis ont plus de mal que moi avec les représentations 3D. »*

- Le savoir **général** : Avoir des connaissances sur la cognition au sens large.

*Exemple : « Les élèves, comme tout le monde, apprennent moins bien en fin de journée ou tôt le matin. »*

Ces savoirs sont les seuls de la partie déclarative à être verbalisé naturellement par les élèves, ils savent se placer par rapport aux autres et connaissent leurs points faibles et défauts, mais ce n’est pas dans un cadre pédagogique voulu. Néanmoins, cela les aident à développer leur métacognition.



- Ensuite, il y a les **savoirs sur les stratégies**, qui regroupe l'intérêt des stratégies et le fait de pouvoir choisir la meilleure à adopter ainsi que la démarche à suivre pour acquérir une nouvelle capacité :

*Exemple : « Je peux résoudre ce problème de géométrie avec la trigonométrie, mais je risque de faire des erreurs, je peux aussi appliquer le théorème de Thalès qui limiterait la résolution à une proportionnalité. »*

*Exemple : « Si je n'arrive pas à utiliser cette fonction du logiciel il y a toujours le tutoriel intégré qui est bien fait, après je peux toujours regarder une vidéo en ligne ou consulter un forum. »*

- Enfin il y a les **savoirs sur les tâches**. Ils regroupent la représentation qu'on a des tâches, leurs intérêts, leurs exigences, et les informations ou objets à recueillir pour les réaliser. Ils permettent aussi de comparer une tâche avec son niveau actuel.

*Exemple : « Pour calculer la vitesse d'avance il me faut la fréquence de rotation en radian pas seconde et le rayon. »*

*Exemple : « Cet exercice est bien trop dur pour moi aujourd'hui, je n'ai pas encore vu la thermodynamique. »*

Contrairement aux savoirs sur les personnes, les savoirs sur les tâches et les stratégies ne sont pas ou très peu demandé aux élèves dans la pédagogie actuelle.

Le travail de ces deux aspects est pourtant un des moyens le plus simple pour travailler la métacognition.

L'aspect déclaratif n'est pas forcément verbalisé et peut parfois être simplement une pensée, plus proche de la sensation que de la parole. La verbalisation a l'avantage de forcer l'esprit à aller au bout de son analyse, et inscrit la réflexion plus profondément, renforçant davantage la métacognition.

### 3.3 – La métacognition exécutive ou les expériences métacognitives

Quelle serait la durée d'un voyage interstellaire pour Proxima Centauri, l'étoile la plus proche de notre système si nous pouvions voyager à la vitesse de la lumière ?

À la simple lecture de cette question vous êtes déjà en réflexion même si vous ne comptez pas réellement y répondre, vous avez dû comprendre que cette question demandait deux valeurs pour pouvoir être résolu, la vitesse de la lumière dans le vide et la distance qui nous sépare. Vous avez en réalité usé de vos capacités métacognitives pour planifier votre réflexion.

- Cet exemple fait partie de la **planification** exécutive :

Elle concerne la capacité à définir un objectif, à identifier les étapes qui permettront de l'atteindre, les moyens à mettre en œuvre pour y arriver et les critères qui détermineront le niveau de réussite.

Elle se déroule donc avant la réalisation de la tâche en elle-même. C'est la première étape de toute mise en activité, aussi bien mentale que manuelle.

Cette planification ressemble aux savoirs déclaratifs sur les stratégies, mais elle est ici inconsciente, la partie déclarative est une verbalisation, elle demande de prendre du recul sur son apprentissage.

Cette étape inconsciente a un impact sur la qualité et la vitesse de résolution d'un problème, car les élèves chez qui cette capacité est sous-développée manquent d'autonomie, ont tendance à poser plus de questions pour réussir une tâche et ne savent pas si leur résultat est cohérent, ils se lancent dans l'exercice sans savoir ce qu'il devrait trouver. Ils peuvent même être simplement bloqués sans voir de solution.

*Exemple : Un élève avec une bonne planification devant calculer la vitesse de rotation d'un moteur pour une vitesse d'avance donnée sait qu'il devra faire une conversion, utiliser sa calculatrice pour le calcul et trouver une valeur de l'ordre de la centaine ou du millier de tours par minute.*

- Ensuite vient le **contrôle** exécutif :

Il se déroule pendant la tâche, l'individu vérifie son avancé en estimant s'il va dans la bonne direction, en évaluant son degré d'avancement, la pertinence des stratégies choisis et la conformités des résultats.

Cela demande un auto-contrôle permanent, il faut s'observer nous même en train d'apprendre<sup>6</sup>. C'est une tâche de fond qui sert à ne pas mener une action à son terme sans vérifier à chaque instant sa pertinence et donc éviter de perdre du temps.

*Exemple : Un calcul intermédiaire donne une valeur avec une puissance de dix bien trop importante, c'est une erreur de calcul, il faut recommencer et ne pas continuer.*

*Exemple : Finalement pour utiliser cette formule il faut aussi la masse volumique ce qui signifie que ce n'est pas la bonne méthode ou qu'il manque une étape.*

- Et finalement la **régulation** exécutive :

Elle consiste à ajuster sa démarche en fonction des surveillances effectuées pendant la tâche. En faisant le point sur la réussite des objectifs, l'efficacité de la stratégie on peut modifier la méthode, l'optimiser et ajuster le rythme de travail.

Cette troisième sous-dimension prend place après une étape d'apprentissage<sup>7</sup>.

*Exemple : Un élève qui se rend compte que faire les calculs un à un a pris trop de temps et qu'un tableur aurait été plus rapide. Et que donc la prochaine fois s'il faut faire plus de x calculs il utilisera un ordinateur.*

---

<sup>6</sup> Lafortune, L., & Saint-Pierre, L. (1998). Affectivité et métacognition dans la classe: des idées et des applications concrètes pour l'enseignant. De Boeck Université.

<sup>7</sup> Lafortune, L., Jacob, S., & Hébert, D. (2000). *Pour guider la métacognition* (Vol. 1). PUQ.

La partie exécutive de la métacognition se déroule donc dans l'ordre de ces définitions, et ce à chaque réalisation d'une tâche.

On planifie la tâche à effectuer, en choisissant le meilleur moyen d'y parvenir, une fois dans la tâche on continue de contrôler si cette façon de faire est bonne et optimale et à la fin de la tâche on analyse ce qu'on a observé pour pouvoir modifier si besoin la prochaine tâche à réaliser.

Contrairement à la partie déclarative cette dimension est systématiquement pratiquée par l'individu. Elle est parfois confondue avec les capacités cognitives pures. Deux individus de capacité similaire auront des résultats différents suivant le niveau de développement de leur capacité métacognitive.

D'un point de vue anthropologique il est normal de constater que notre cerveau ai développé ce genre de stratagème pendant son évolution pour optimiser la dépense d'énergie d'un individu. En choisissant toujours le chemin le plus efficace, en vérifiant de ne jamais s'en détourner (et donc perdre de l'énergie pour rien) et en réfléchissant après coup à une nouvelle meilleure stratégie on s'assure de ne pas gâcher de l'énergie en vain. Je rappelle que si ce mémoire se concentre sur l'aspect réflexif de la métacognition celle-ci s'applique aussi aux tâches manuelles.

Avant de continuer il est sage de remarquer qu'en période d'apprentissage l'esprit n'est pas aussi cloisonné que cette définition pourrait le faire penser. Il fait des allers-retours entre tous ces aspects de la métacognition, chaque expérience métacognitive renforce et modifie les autres aspects (Lafortune et St-Pierre, 1994).

### 3.4 – La place de la métacognition dans la pédagogie

Malgré de nombreuse recherche bibliographique force est de constater que la métacognition n'est que très peu abordée dans les recherches en science de l'éducation.

Il faut dire que ce concept est assez récent comme nous l'avons vu, il s'est démocratisé dans les années 80 et 90.

Dieudonné Leclercq et Marianne Poumay identifient deux autres causes en 2004<sup>8</sup> :

« La deuxième raison est le manque de modèles porteurs de clarifications théoriques suffisantes relatives à l'apprentissage, à la connaissance et à la métacognition. La troisième raison est le manque de méthodes, d'outils et d'indices qui soient dotés à la fois de validités théoriques et conséquentielle et de qualités de simplicité dans l'utilisation quotidienne »

Ce qui fait que peu de recherche sont disponibles et encore moins le sont en français. Cela se traduit dans l'éducation nationale par une absence de la métacognition des programmes et des approches pédagogiques préconisées.

Il est donc logique que dans mon établissement de stage la totalité des collègues avec qui j'ai pu discuter de ce mémoire ignorait jusqu'au sens du mot.

C'est regrettable, surtout quand on considère l'importance de la métacognition.

Wang, Haertel et Walberg notait en 1990<sup>9</sup> : « Parmi les variables cognitives et affectives, c'est la métacognition qui influence le plus l'apprentissage »

Nicole Delvolvé confirmait cela en 2006<sup>10</sup> : « Un des meilleurs prédicateurs de la réussite scolaire est justement la capacité de l'élève à réfléchir sur ses connaissances et à comprendre les raisonnements qu'il engage pour utiliser et construire de nouvelles connaissances. »

---

<sup>8</sup> Leclercq, D., & Poumay, M. (2004). Méthodes de formation et théories de l'apprentissage. Chapitre 7. La métacognition.

<sup>9</sup> Wang, M. C., Haertel, G. D., & Walberg, H. J. (1990). What influences learning? A content analysis of review literature. *The Journal of Educational Research*, 84(1), 30-43.

<sup>10</sup> Delvolvé, N. (2006). Métacognition et réussite des élèves. *Les Cahiers pédagogiques*, Décembre.

En plus de cet aspect la métacognition intervient aussi dans l'autonomie des élèves. Notamment en jouant sur la faculté des élèves à comprendre ou apprendre au travers de document (Brown, 1986).

Butler et Winne ont traité cette idée en 1995<sup>11</sup> et il ressort que l'autonomie est bien liée à l'aspect auto-régulation des apprentissages. Il faut définir ses objectifs, choisir les activités adéquates, évaluer ses progrès ainsi que la cause des difficultés survenues, cela demande bien une réflexion métacognitive importante.

Notons cependant que malgré le manque d'application de l'approche métacognitive de nombreuses pratiques pédagogiques l'utilisent sans la citer explicitement. Par exemple la réflexivité de Schon préconise des échanges sur ses pratiques avec d'autres acteurs de sa filière sous la forme d'un tour de table. Cette pratique bien que chronophage a l'avantage de travailler la partie déclarative de la métacognition ce qui contribue à renforcer ses autres aspects et ainsi aider à améliorer les pratiques de chacun.

---

<sup>11</sup> Butler, D. L., & Winne, P. H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of educational research*, 65(3), 245-281.

## 4 – Problématique

### 4.1 – Hypothèses

Avant d'énoncer la problématique il convient de lister les hypothèses sur lesquelles elle repose. Elles découlent de mon analyse en classe et de mes recherches bibliographiques. Elles ne sont donc pas exemptes de simplification et prise de position mais constituent une approche simplifiée et délimitée des problèmes rencontrés en classe.

- Les problèmes rencontrés avec mes élèves sont le résultat d'une mauvaise planification exécutive, symptôme d'un manque plus vaste de métacognition. Je limiterai ma réflexion à cette partie (*en rouge sur la figure 1 page 10*) mais l'aspect déclaratif sera abordé comme levier d'apprentissage.
- Ils ont une mauvaise métacognition car cet aspect se travaille en autonomie et en réfléchissant sur ses démarches, or le système actuel suit plus un schéma de répétition, ou les solutions sont trouvées par analogie grâce à une mémorisation et non une compréhension des principes du cours. On apprend plus qu'on comprend.
- Les aspects de la métacognition sont liés, travailler le déclaratif fait développer l'exécutif, ainsi forcer les élèves à verbaliser leurs réflexions permettent d'améliorer leurs capacités métacognitives générales.
- La planification exécutive et les savoirs sur les stratégies sont étroitement liés, ainsi travailler l'un améliore l'autre de façon significative.
- Une meilleure planification pourrait aussi permettre de limiter l'aspect démoralisant d'un nouveau problème complexe, en découpant le problème en sous-tâches à effectuer on décompose en même temps la difficulté. Ce qui pourrait aussi limiter le blocage des élèves.

## 4.2 - Définition et limitation de la problématique

La problématique sera constituée de deux parties.

La première, indispensable avant d'aller plus loin, se proposera de vérifier si un manque de métacognition est à l'origine des problèmes rencontrés par mes élèves.

Ensuite il conviendra de proposer une méthode de remédiation et d'en évaluer les résultats.

Les questions auquel je me propose de répondre par la suite sont donc :

- Les difficultés rencontrées par mes élèves sont-elles en parties imputable à un manque de métacognition ?
- Si oui, peut-on y remédier en faisant prendre conscience aux élèves de leurs processus de métacognition et en le travaillant au travers d'exercice de verbalisation de processus de planification ?

Ces questions se heurtent à certaines limites :

On ne peut pas prendre en compte l'hétérogénéité des élèves dans le résultat.

Il est difficile d'enlever totalement les autres aspects qui peuvent influencer la réussite d'un exercice, comme la motivation, etc ...



## 5 – Expérimentation

### 5.1 – Contexte de l'essai

L'essai s'est déroulé avec une classe de première STI2D du lycée Réaumur à Laval. La population y est donc plutôt rurale. Mes élèves sont agréables mais posent un problème d'investissement. En cela ils sont très représentatifs de l'image générale des STI2D, c'est-à-dire des élèves avec des capacités inexploitées, pour ainsi dire, puisque la grande majorité de la classe démontre d'une très mauvaise habitude de travail.

Cela rend le choix de ce niveau d'autant plus pertinent dans cette recherche puisque les difficultés rencontrées aujourd'hui ne sont pas imputables à un simple déficit cognitif mais plutôt à un sous-développement de leurs capacités métacognitives.

L'essai s'est déroulé en classe sur une séance d'activité pratique en demi-groupe.

Il y a eu 11 élèves un lundi de 10h à 12h et 10 élèves le jour suivant de 8h à 10h.

Soit un total de 21 élèves, le groupe test est donc très restreint, et limite à lui seul la portée de cette expérimentation.

On peut déjà souligner que le groupe du mardi a plus de mal à rentrer rapidement dans les activités et de manière efficace. Et cela a eu un impact sur leur travail pendant l'essai. Les copies seront traitées en totalité sans différenciation de groupe.

À noter aussi que cet essai plutôt calculatoire et sur feuille est intervenu la dernière semaine avant les vacances de printemps et après une activité pratique sur un drone. Alors la motivation des élèves n'était pas suffisante pour pouvoir éliminer totalement des causes probables d'échec.

## 5.2 - Protocole

Les mathématiques semblent appropriés pour tester mes hypothèses dans la mesure où la plupart des problèmes ne demandent pas un grand nombre de savoir pour être résolu mais bien une réflexion logique. Cela permet de limiter l'impact de la variable de mémorisation dans l'analyse du procédé cognitif.

Les questions ont un caractère ludique dans le sens où le résultat peut avoir un sens pour les élèves et piquer leurs curiosités. Par exemple une question demande de calculer la taille de l'univers, de nombreux élèves ont alors rétorqué que l'univers était infini et après une courte explication de ma part ils ont pu commencer à réfléchir sur la question mais avec un intérêt supérieur que pour une simple question d'application de cours.

- Modalité :

L'activité est présentée comme une expérience afin de les aider. J'ai par le passé abordé la métacognition (sans la citer) avec eux et leur ai fait remarquer leur impossibilité à résoudre des problèmes complexes. Je présente cette activité comme un entraînement afin d'y pallier. Le document est ramassé mais anonyme.

Les élèves sont un par table. Cela permet de s'assurer que chaque élève ait à réfléchir aux problèmes sans interagir avec les autres et donc possiblement utiliser une méthode externe.

Bien que certain soit devant un poste informatique il leur est interdit de s'en servir pour éviter qu'il n'aille directement rechercher la réponse sur internet. Les téléphones sont bien sûr aussi interdits.

Chaque problème peut donner lieu à une discussion avec la classe entière mais sans aborder la résolution. Cela a pour but de maintenir leur intérêt sur la longueur.

Aucun document de cours n'est nécessaire, certaines formules simples peuvent être redonnées à toute la classe à l'oral. Mais après un certain temps afin d'éviter d'orienter la réflexion des élèves sur une voix.

- Questionnaire

La feuille comporte sept problèmes plus une partie composée de questions sur la métacognition (les questions se limitent à oui ou non).

La première question ne nécessite pas de capacité métacognitive particulière elle sert à donner confiance à l'élève et le faire rentrer en activité. Elle ne sera pas prise en compte dans les résultats.

Chaque problème se décompose comme suit :

- **L'énoncé** : *le plus simple possible, pas de contexte, une valeur par ligne.*

- **La question** : *volontairement éloignée de l'énoncé, la marche à suivre pour y répondre n'apparaît pas instantanément, il faut y réfléchir soigneusement. La réponse a un côté anecdote scientifique.*

- **Pensez-vous réussir à résoudre ce problème sans aides ? OUI / NON**  
*Avant même le début de la rédaction l'élève se questionner sur ses capacités.*

- **Décrivez les étapes de calculs successifs à réaliser pour résoudre ce problème** : *Ici l'élève doit rédiger en français les étapes qu'il pense devoir réaliser pour résoudre le problème.*

- **Résolvez le problème** : *C'est ici que le calcul est réalisé, normalement c'est une simple application de la méthode déterminée plus haut. Il est rappelé de faire attention à la rédaction scientifique et aux unités.*

- **La résolution était-elle trop difficile ? OUI / NON**  
*L'objectif de cette question est de faire réfléchir l'élève après coup, de sorte à lui faire prendre conscience de ses lacunes. Si la correction lui paraît simple mais qu'il n'a pas réussi à y répondre alors il est forcé de se poser la question de son échec.*

- La difficulté venait : de l'énoncé / de la difficulté de déterminer une marche à suivre / des calculs / autres : *Cette question sert à vérifier que la difficulté ne venait pas d'un autre facteur que celui isolé.*

Le questionnaire est complété par quatre questions sur leur ressentie.

- La séance était intéressante : OUI / NON

- J'ai déjà entendu parler de métacognition : OUI / NON

- Je sais comment m'améliorer dans ce domaine : OUI / NON

- J'ai pris conscience de mes difficultés à résoudre des problèmes complexes :  
OUI / NON

*La première question a pour but d'évaluer l'impact de la motivation sur leurs résultats, cette partie est complétée par mon ressentie et les échanges oraux avec les élèves.*

Les deux dernières questions visent à initier un commencement de réflexion métacognitive chez les élèves.

*Le questionnaire est donné en annexe 1*

## 6 – Résultat

Chacun des tableaux ci-dessous reprends les cinq questions évoquées plus haut pour chaque problème. Rappel : l'effectif est de 21 élèves.

Problème n°2	
Réussite à la question sans aide ?	12 Non
	5 Oui
	4 Sans objet
Rédaction des étapes à suivre.	2 Correct
	2 Bonnes formules
	7 Incorrect
	10 Sans objet
Résolution mathématique.	2 Correct
	2 Correct avec aide
	1 Presque correct
	15 Incorrect
	1 Sans objet
Problème trop complexe ?	10 Non
	7 Oui
	4 Sans objet
Origine de la difficulté.	3 Énoncé
	3 Calcul
	5 Démarche
	10 Sans objet

Problème n°3	
Réussite à la question sans aide ?	4 Non
	13 Oui
	4 Sans objet
Rédaction des étapes à suivre.	1 Correct
	2 Bonnes formules
	3 Incorrect
	15 Sans objet
Résolution mathématique.	1 Correct
	1 Abandon
	16 Incorrect
	3 Sans objet
Problème trop complexe ?	7 Non
	4 Oui
	10 Sans objet
Origine de la difficulté.	1 Formule
	1 Calcul
	2 Démarche
	1 Aucune difficulté
	1 Tout
	15 Sans objet

Problème n°4	
Réussite à la question sans aide ?	2 Non
	2 Oui
	17 Sans objet
Rédaction des étapes à suivre.	2 Correct
	1 Incorrect
	18 Sans objet
Résolution mathématique.	2 Correct
	4 Incorrect
	15 Sans objet
Problème trop complexe ?	3 Non
	3 Oui
	15 Sans objet
Origine de la difficulté.	1 Énoncé
	3 Calcul
	17 Sans objet

Problème n°5	
Réussite à la question sans aide ?	2 Non
	19 Sans objet
Rédaction des étapes à suivre.	1 Correct
	20 Sans objet
Résolution mathématique.	1 Presque correct
	2 Incorrect
	18 Sans objet
Problème trop complexe ?	3 Oui
	18 Sans objet
Origine de la difficulté.	1 Énoncé
	1 Calcul
	19 Sans objet

Problème n°6	
Réussite à la question sans aide ?	4 Non
	3 Oui
	14 Sans objet
Rédaction des étapes à suivre.	1 Correct
	2 Incorrect
	18 Sans objet
Résolution mathématique.	1 Correct
	1 Correct avec aide
	1 Presque correct
	13 Incorrect
	5 Sans objet
Problème trop complexe ?	3 Non
	2 Oui
	16 Sans objet
Origine de la difficulté.	1 Énoncé
	3 Calcul
	4 Démarche
	13 Sans objet

Problème n°7	
Réussite à la question sans aide ?	2 Non
	4 Oui
	15 Sans objet
Rédaction des étapes à suivre.	21 Sans objet
Résolution mathématique.	2 Correct
	2 Incorrect
	17 Sans objet
Problème trop complexe ?	3 Non
	1 Oui
	17 Sans objet
Origine de la difficulté.	1 Calcul
	2 Démarche
	18 Sans objet

6.1 - Traitement des résultats

Il est plus parlant de comparer certaines questions entre-elles sur tous les problèmes.

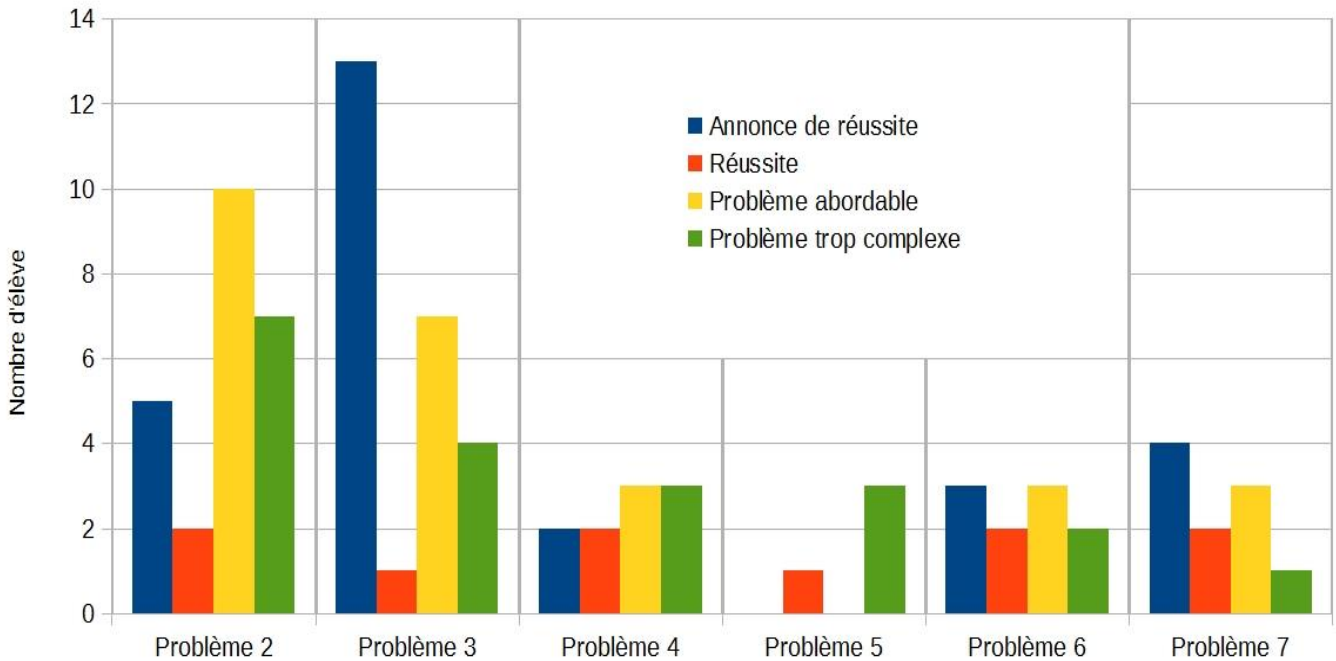


Diagramme 1 : Comparaison du nombre de pronostique positif, de réussite effective, et du jugement de la difficulté de chaque problème

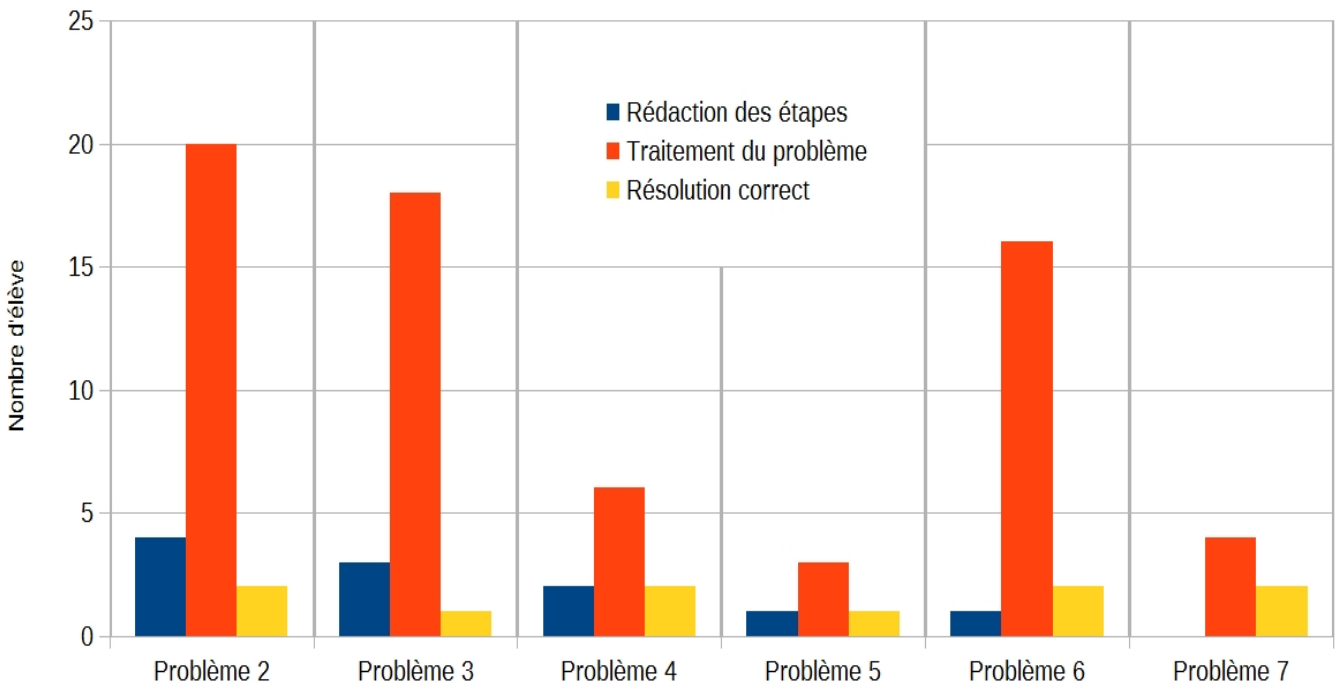


Diagramme 2 : Comparaison du nombre de rédaction des étapes, de celui des traitements et des réussites de chaque problème

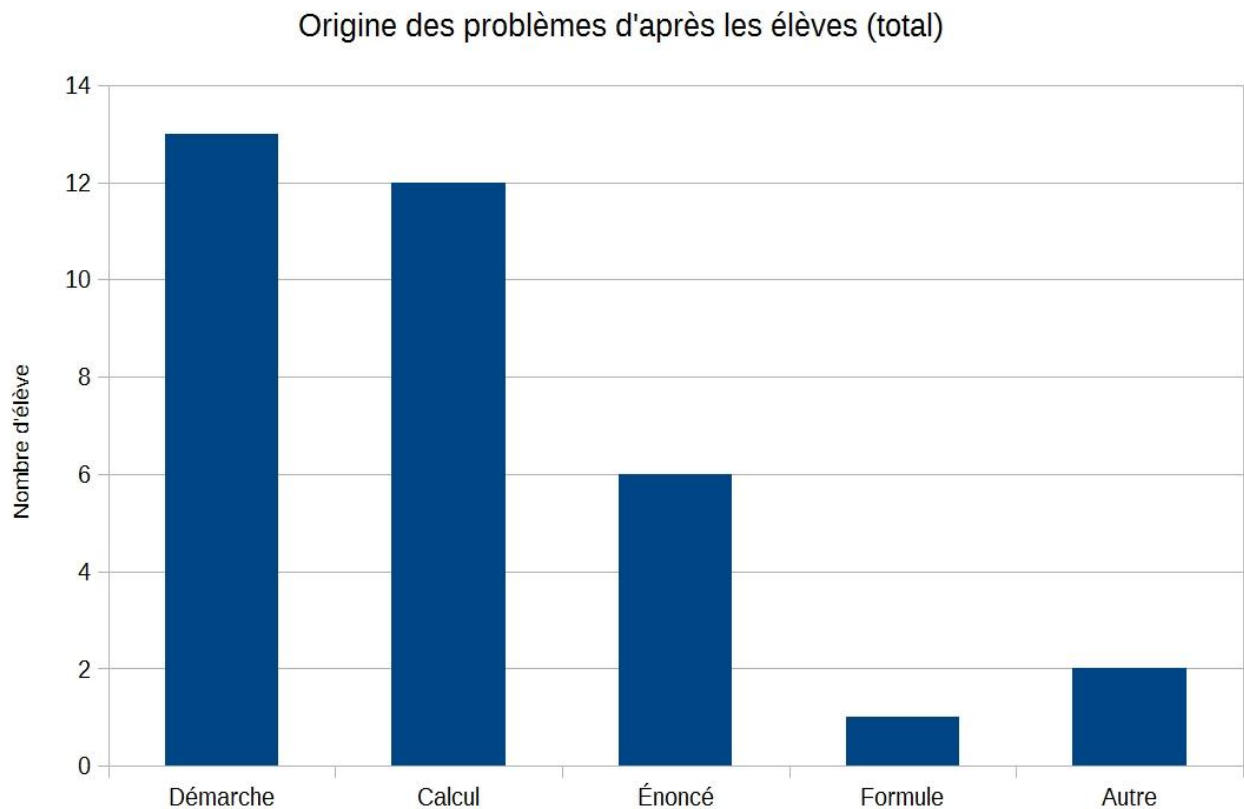


Diagramme 3 : Origine des problèmes identifié par les élèves sur tous les problèmes

Ensuite, pour ce qui concerne les quatre questions de ressentie :

- 86% des élèves ont déclaré que la séance était intéressante. Nombre d'entre eux ont posé des questions subsidiaires sur le sujet des questions. Les explications sur le contexte étaient suivies par les élèves et cela semblait les intéresser, et les nombreuses questions qui suivaient vont dans ce sens.
- Bien entendu aucun élève n'avait déjà entendu parler de la métacognition.
- 86% des élèves admettent avoir des difficultés dans la résolution de problèmes mathématiques complexes ne demandant pas ou peu de savoir.
- 47% des élèves déclarent savoir comment s'améliorer dans ce domaine.



## 6.2 - Analyse

- Points préliminaires :

- La question 5 présentait une grande difficulté, cela explique le manque de tentative sur ce problème.
- Après le problème 3 la consigne était de choisir le problème à traiter ensuite, ce qui explique le peu de traitement de la 4 et le taux élevé de la 6, qui a attiré leur attention.
- Les problèmes 5 et 7 n'ont été que très peu traités, ce qui limite leur intérêt dans l'analyse. Le problème 5 sera exclu de la réflexion sur le diagramme 1.
- Le taux de remplissage des questions annexes aux problèmes est aussi très faible, si on exclu le problème 5 les réponses restent exploitable.
- Le nombre assez faible de participant limite la portée de cette recherche, mais quelques tendances semblent tout de même se détacher.

- Analyse des résultats :

Le diagramme 1 révèle deux choses :

- Il y a beaucoup plus d'élèves qui déclarent réussir l'exercice que de réussite. Cela prouve qu'ils ne connaissent pas bien leur propre niveau, ils ont du mal à l'évaluer et à le comparer avec celui de la tâche à réaliser, c'est le résultat d'une mauvaise planification et d'un mauvais savoir déclaratif sur les stratégies.
- Le nombre d'élèves n'ayant pas trouvé le problème trop complexe après coup est systématiquement plus grand que le nombre de réussite au problème. Cela montre qu'il trouve ça difficile en grande partie à cause de leur incapacité à planifier la démarche qu'ils pensent pourtant abordable.

Le diagramme 2 indique deux choses :

- La plupart des élèves n'ont pas rédigé d'étapes, et ce malgré une insistance particulière sur ce point. Cela leur est extrêmement difficile car ils n'ont pas l'habitude de procéder ainsi. Notons aussi que la rédaction en français est un de leurs défauts et que celui-ci s'est ajouté au problème métacognitif. À défaut d'une rédaction un schéma leur a été proposé, très peu d'élève en ont fait, et ils sont ici comptabilisés avec les rédactions d'étapes.
- Le taux de réussite est relativement proche de celui des rédactions d'étapes. Il est même supérieur dans les problèmes 6 et 7 car les élèves ayant les capacités de les réussir se sont dépêchés pour finir avant la fin de la séance et ont donc éludé cette étape, mais il est facile de s'imaginer que la planification a quand même eu lieu. Le taux d'échec (la différence entre tentative et réussite) est élevé. On pourrait imputer cela à un manque de réflexion sur la planification à condition de s'assurer que les élèves ayant réussi sont les mêmes que les élèves ayant formalisé une planification.

Mais pour cela il faut regarder les copies ayant réussi de façon individuelles.

Approche individuelle des copies :

- En regardant les copies individuellement et non dans l'ensemble on remarque que les meilleurs élèves ont significativement plus réussi à décrire leur démarche.
- 74% des élèves ayant résolu les problèmes ont réalisé l'étape des stratégies. Les élèves qui ont réussi sans rédiger de planification ont en revanche pour la plupart utilisée une méthode moins efficace et plus longue d'essai-erreur, laissant des calculs brouillons et autres ratures dans leurs sillages.

On pourrait considérer que les élèves ayant réussi ont simplement de grandes capacités cognitives et que la rédaction des étapes ne les a pas spécialement aidé, ils ont simplement respecté la consigne. Il est effectivement difficile de déterminer le pourcentage d'implication de la métacognition dans leurs réussites. Mais il est évident qu'elle y joue un rôle.

- En observant les copies des meilleurs élèves on s'aperçoit que des difficultés ont tout de même été rencontrées sur certain problème alors même que les compétences à mettre en jeu sont maîtrisées.

Le diagramme 3 nous renseigne sur l'origine des difficultés :

- Les élèves identifient majoritairement la démarche à trouver comme point de blocage. Cela va dans le sens de cette recherche mais peut être modéré par le fait qu'ils avaient été prévenus de l'objectif du TP et qu'ils ont peut-être identifié ce point pour donner la réponse attendue plus que par réflexion objective.
- On note que les calculs sont aussi un point important de blocage, alors même que les formules sont très peu citées et que la résolution mathématique demande le plus souvent un simple produit en croix ou une opération simple. Il semble que les élèves aient utilisé le terme calcul comme un terme générique regroupant de nombreux aspects de la résolution de problème. Il aurait fallu éviter ce terme imprécis et le remplacer par opération mathématique pour avoir un résultat peut être plus significatif.
- L'énoncé a aussi posé problème par moment, les questions peuvent être confuses par moment. Le fait de poser des questions dont la réponse ne peut être trouvée rapidement implique une incompréhension inévitable à la première lecture. J'ai insisté sur la reformulation de chaque question pour dénouer ce point, mais comme pour tout exercice le résultat n'est pas parfait.
- Les formules ne sont identifiées qu'une seule fois. Cela valide l'objectif visé de ne demander que des résolutions sans formule complexe. La formule la plus complexe,  $v=r.\omega$  a été vu de nombreuses fois pendant l'année et redonnée pendant le TP.

Limitation de l'aspect motivation.

- Le problème n°6 a été plus traité que le 4 et 5 car celui-ci portait sur Star Wars, ce qui comme prévu a aidé les élèves à trouver un regain de motivation. Pourtant ce contexte particulier n'a pas d'influence sur la réflexion recherchée.
- Les questions étaient volontairement ouvertes sur une science plus générale, spatiale ou quantique, ce qui a semblé motiver les élèves. Les anecdotes et les discussions qui suivaient ou précédait chaque phase de réflexions ont su reconcentrer les élèves et les faire rentrer dans chaque problème de façon plus efficace que la plupart des activités que j'ai réalisées jusqu'à maintenant avec eux.
- Plusieurs élèves ont déclarés avoir aimé la séance même si ils ont été extrêmement passifs et ont produit très peu.

- Ces éléments et les résultats chiffrés me font penser que l'objectif de limiter l'impact de la motivation face à des calculs mathématiques a été suffisamment atteint pour ne pas trop altérer les résultats de l'expérience.

Prise de conscience de la métacognition :

Les deux dernières questions de fin de TP nous indiquent qu'une prise de conscience a eu lieu sur leur propre processus métacognitif. La grande majorité reconnaît ses difficultés, ce qui est la première étape vers un changement positif.

-En revanche la moitié ne sait pas comment procéder à ce changement. Ce qui me fait dire que la théorie ne leur a pas assez été expliquée ou de façon abordable pour qu'ils cernent l'ensemble du problème. C'est aussi pourquoi j'ai par la suite proposé une correction d'un exercice accompagné d'une analyse des résultats du TP.

- Le fait de les avoir isolés a pu renforcer le côté prise de conscience car seul devant la difficulté ils n'ont pu que se rendre compte de leurs propres lacunes. Certains pour se protéger de cette réalisation, sorte d'aveu de faiblesse ont préféré se réfugier dans la posture classique de l'élève en difficulté, c'est-à-dire une grande passivité justifiée par l'inutilité supposée de l'activité. Devant la difficulté si l'on essaye et que l'on rate on est obligé d'admettre notre incapacité à réussir, notre égo préfère alors ne pas essayer du tout. Ce point pourrait aussi expliquer le faible tût de remplissage du TP malgré une motivation satisfaisante comme nous l'avons vu.

En conclusion pour cette partie on peut considérer que les objectifs censés permettre d'isoler les problèmes de métacognition ont été remplis et que l'expérience peut être considérée comme concluante notamment sur la prise de conscience des élèves. «Une prise de conscience, quand elle accompagne l'activité mentale, vient enrichir les connaissances métacognitives, lesquelles, à leur tour, viennent influencer la gestion d'une activité mentale ultérieure.» L. Lafortune et L. Saint Pierre (1996, p. 19)

Mais cette partie ne répond qu'à une partie de la problématique posée à savoir l'origine des problèmes rencontrés avec les élèves est bien d'ordre métacognitif. Il convient maintenant de mettre en place une stratégie afin de remédier à ces difficultés.

### **6.3 – Proposition de remédiation**

Bien évidemment un simple TP de deux heures ne peut pas avoir d'impact significatif sur la métacognition de mes élèves. Il a au mieux servi à conforter mes idées et à leur faire prendre conscience de leur défaut de métacognition.

Il faut maintenant définir une nouvelle procédure à intégrer à mes pratiques pédagogiques pour développer la métacognition sur la durée au même titre que la rigueur d'écriture ou les méthodes mathématiques.

J'ai donc complété l'expérience avec la correction du problème 5 (le plus difficile) d'une demi-heure en cours, accompagné d'une synthèse du TP afin de clarifier l'objectif de ce moment et la nouvelle stratégie que je leur ferai mettre en place lors des prochains problèmes que je ne manquerai pas leur proposer.

Comme je l'ai dit dans les hypothèses, l'idée est de développer leur planification exécutive en les faisant réfléchir et échanger sur leur stratégie (Savoir exécutif sur les stratégies).

Pour ce faire je leur ai proposé une méthode de résolution graphique qu'ils devront mettre en place à l'avenir. J'ai appuyé cette méthode sur un exemple concret, à savoir un des exercices du TP.

L'exercice 5 du TP se prête bien à l'exemple car il demande plusieurs étapes pour trouver la solution finale.

L'explicitation est bien un levier, mais l'oral est trop long et tous les élèves n'ont pas le même niveau métacognitif ou les mêmes méthodes de résolution. La rédaction semble aussi un problème, alors faire un schéma paraît le plus efficace quand c'est possible, d'autant plus en STI2D.

Le résultat de cette décomposition est la figure suivante :

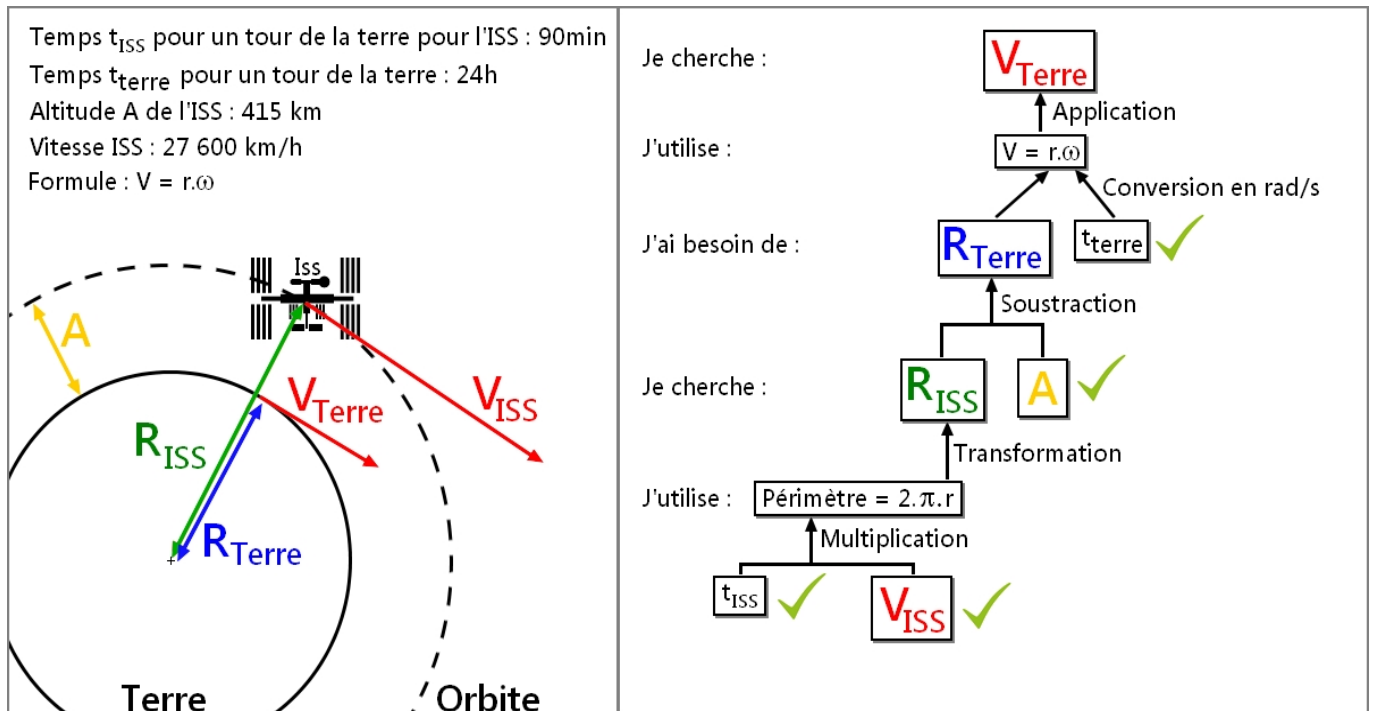


Figure 2 : Explication de la méthode de résolution

Rappel : L'exercice est donné en annexe 1, problème 5

J'ai envoyé des élèves au tableau afin qu'ils réalisent eux-mêmes la rédaction du problème. Je leur ai demandé de réécrire les informations données dans l'énoncé. C'est la partie en haut en gauche.

Ensuite, j'ai demandé un schéma du problème avec une représentation de ce que l'on cherchait. C'est le schéma en bas à gauche. Les rayons n'apparaissent pas à ce stade sur le schéma.

À ce moment les élèves ne peuvent toujours pas résoudre le problème. Mais ce préambule est très utilisé en science et fait partie de la méthode que nous essayons de transmettre aux élèves.

J'ai ensuite commencé le diagramme de droite, afin de guider leur réflexion. Les élèves au tableau continuent la rédaction des calculs (non représentés ici) Les autres élèves prennent en note la totalité du tableau.

Dans ce problème il est difficile de partir que ce que l'on sait pour avancer. J'ai donc commencé par noter en haut ce que l'on cherchait, à savoir la vitesse que nous avons à cause de la rotation de la terre.

Pour la calculer, il faut utiliser la formule  $v = r \cdot \omega$  je la note en dessous avec une flèche pour indiquer un ordre.

Ensuite, il nous faut trouver les éléments de la formule, la fréquence de rotation de la terre et son rayon. La fréquence de rotation de la terre est connue de tous, un tour en 24h. On sait que la formule utilise des radians par seconde, il faut faire une conversion. Celle-ci est réalisée et la case  $t_{\text{terre}}$  se voit validée.

Il nous faut le rayon de la terre. Pour ce faire il faut utiliser les seules informations dont nous disposons et qui concernent l'ISS. On peut trouver le rayon de la terre en soustrayant l'altitude de l'ISS à son rayon de rotation. Le schéma est complété et une nouvelle ligne apparaît sur le diagramme.

L'altitude est connue il nous faut maintenant le rayon.

Avec les informations dont nous disposons encore nous pouvons calculer le périmètre du cercle décrit par l'ISS, et donc retrouver son rayon ou appliquer de nouveau  $v = r \cdot \omega$ ; Cette dernière méthode demande une conversion de plus, les élèves proposent de calculer simplement le périmètre en multipliant la vitesse par le temps avant de trouver le rayon. Les cinquième et sixième lignes sont notées et cette fois il n'y a plus d'inconnu, tous les éléments possèdent une coche verte, nous pouvons réaliser le calcul.

Les élèves ont été très actif et rapide pour répondre à chacune de mes questions concernant l'étape à réaliser ensuite, alors même que le problème est ardu. Cela montre que ce genre de réflexion est bien à leur portée et que ce genre de méthode pourrait les aider dans ces situations tout en développant leur planification métacognitive.

Ce type de réflexion et de représentation n'est jamais demandé aux élèves, à la place nous décomposons pour eux la méthode en plusieurs questions. Cette façon de faire bienveillante a eu pour effet de limiter leur capacité d'analyse. Ils savent principalement appliquer des formules préalablement sélectionné pour eux. C'est pour ça que j'entends souvent des objections sur l'absence de formule d'un problème.

Ces diagrammes de planification pourraient permettre de développer sur la durée la métacognition des élèves. Ils ont les avantages de pouvoir s'intégrer dans la méthode scientifique que nous transmettons, d'être rapide à mettre en œuvre et d'être clair.

Ils peuvent être à compléter partiellement, en correction ou en aide.

Ces diagrammes sont bien plus clairs que la résolution proposée en page 7, et si j'avais proposé cette méthode pendant le TP de dimensionnement les résultats aurait sans doute été meilleurs.

Ils pourraient faire le lien entre la schématisation et la résolution pour les élèves tout en développant leur métacognition, et ce jusqu'à ce qu'il n'en ait plus besoin une fois leur planification exécutive à un bon niveau.



## 7 – Conclusion

### 7.1 – Sur l'expérience

Cette expérimentation n'a bien entendu pas pu régler totalement le problème métacognitif mais a permis de le confirmer et d'amorcer une réflexion chez les élèves comme chez moi.

J'ai pu suffisamment isoler la composante métacognitive et ainsi obtenir des résultats concluant malgré le nombre restreint d'élève (n=21).

Il s'avère que leur problème est bien d'ordre métacognitif, car :

- Les problèmes ont été jugés abordables dans la majorité alors que les réussites sont minoritaires.
- Les élèves qui ont réussi les problèmes sont parvenus à identifier la marche à suivre à l'avance et ont donc une bonne planification.
- Ils reconnaissent eux-mêmes qu'une meilleure planification pourrait leur permettre de résoudre plus facilement des problèmes voir de sortir de situations de blocages.

De plus, les élèves qui ont réussi sans planification (essai-erreur) pourraient gagner en efficacité avec une bonne planification. Sans compter que cette méthode trouve vite ses limites à mesure que les problèmes se complexifient.

La métacognition est donc bien un élément à faire travailler chez nos élèves et c'est particulièrement vrai dans les filières scientifiques de S2I.

Cette vérification a permis de mettre en place une remédiation, et de là, a émergé une stratégie pédagogique qui pourrait permettre de limiter l'impact de leur déficit de planification exécutive tout en la leur faisant travailler.

Cette méthode consiste à traiter la planification au même titre qu'une question en d'y répondre sous forme d'un diagramme de planification.

Une approche graphique des stratégies à mettre en œuvre est la meilleure solution car malheureusement leur manque de métacognition rend très difficile une verbalisation de leur réflexion dans le but de s'améliorer sur ce point.

Pour cette année il sera difficile de quantifier les progrès réalisés par mes élèves sur ce point, l'expérimentation a commencé tard dans l'année. Et la métacognition est un processus long à développer.

Il sera aussi difficile de valider l'hypothèse selon laquelle faire travailler le savoir déclarative sur les stratégies renforce la planification exécutive. Même si mes recherches bibliographiques vont dans ce sens, il faudrait faire une autre étude sur une durée importante pour la valider.

Mais je compte bien appliquer les leçons apprises pendant ce mémoire et j'espère que je pourrais valider cette théorie un jour.

## **7.2 – Préconisation pour le développement de la métacognition**

La métacognition est récente certes, mais son importance semble avoir été négligé lorsque l'on regarde les pratiques pédagogiques actuelles.

Tous les chercheurs qui s'y sont attardés sont d'accord pour dire qu'une meilleure connaissance de ses processus cognitif permet un apprentissage plus efficace et plus autonome.

Pourtant on ne peut que constater le manque d'application de la métacognition en pédagogie et dans les programmes officiels.

Le côté implicite et inconscient de la métacognition fait penser qu'il n'y a pas besoin de le traiter directement mais qu'il vient avec le reste, quand il n'est pas simplement ignoré et assimilé à la cognition, alors que c'est un aspect important de l'apprentissage des élèves et pourrait donc à ce titre être un levier supplémentaire pour aider ceux en difficulté.

Aujourd'hui et depuis plusieurs années, devant les blocages des élèves nous simplifions d'avantage le raisonnement, les élèves n'ont plus qu'à appliquer une formule par analogie avec le cours. Leur capacité de réflexion s'en voit donc

grandement diminué. Ce qui cause des blocages chez les élèves et nous force à simplifier encore nos cours, et le cycle continu.

Il faut arrêter de décomposer le raisonnement à la place de l'élève et ne lui demander que des applications simples. La bienveillance trouve ses limites quand l'élève y perd au final. Ils doivent bloquer, se poser les bonnes questions, trouver leur propre méthode. Tout cela développe la métacognition.

Il faut que les élèves apprennent d'avantage les compétences indispensables à l'apprentissage. Et cela passera par une modification de l'enseignement. La métacognition et la prise de conscience qu'elle implique doit être présenté aux élèves.

Il faut donc qu'elle soit assimilée par le corps enseignant et qu'elle devienne une part entière de la pédagogie.

De mon côté je m'attacherai à ne pas oublié d'inclure la métacognition dans mes future cours. Et pas seulement la partie vu dans ce mémoire mais bien la métacognition au sens large. Je n'y vois que des avantages.

## 8 – Bibliographie

Flavell, J. H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. *The nature of intelligence*, 231-235.

Piaget, J. (1977). Recherches sur l'abstraction réfléchissante.

Lafortune, L., & Saint-Pierre, L. (1996). Affectivité et métacognition en classe, 2 e édition. Québec, Logiques.

Richer, J., Deschênes, P., & Neault, S. (2004). Métacognition et TIC étude de l'évolution de la métacognition et de la pratique enseignante à l'utilisation d'une stratégie exploitant le carnet virtuel et visant l'autonomie des étudiants face à leurs apprentissages.

Kaiser, A., & Kaiser, R. (2009). Métacognition et formation des adultes. *Questions Vives. Recherches en éducation*, 6(12), 147-163.

Lafortune, L., & Saint-Pierre, L. (1998). Affectivité et métacognition dans la classe: des idées et des applications concrètes pour l'enseignant. De Boeck Université.

Lafortune, L., Jacob, S., & Hébert, D. (2000). *Pour guider la métacognition* (Vol. 1). PUQ.

Leclercq, D., & Poumay, M. (2004). Méthodes de formation et théories de l'apprentissage. Chapitre 7. La métacognition.

Wang, M. C., Haertel, G. D., & Walberg, H. J. (1990). What influences learning? A content analysis of review literature. *The Journal of Educational Research*, 84(1), 30-43.

Delvolvé, N. (2006). Métacognition et réussite des élèves. *Les Cahiers pédagogiques*, Décembre.

Butler, D. L., & Winne, P. H. (1995). Feedback and self-regulated learning: A theoretical synthesis. *Review of educational research*, 65(3), 245-281.

## 9 – Remerciements

Je tiens à remercier mon directeur de mémoire, Jérôme Thomas pour sa bienveillance et ses encouragements quant à la réalisation de ce mémoire.

Je remercie en particulier Cendrine Mercier et Jean-Claude Jamet, formateurs et chercheurs à l'ESPE du Mans pour avoir guidé la genèse et la réalisation de ce mémoire.

Je souhaite aussi remercier mes collègues stagiaires de l'ESPE, Azzopardi Léa, Bertain Damien, Gonzalez Joakim, Lucas Yann, Pasquier Thomas, Rabemananjara Liva et Richard Sylvain avec qui j'ai pu échanger sur mon mémoire et faire évoluer ma réflexion.

Et pour finir, mon tuteur, Jégo Éric et mes collègues de S2I du lycée Réaumur à Laval pour m'avoir aidé à réaliser mon essai pédagogique.

## Annexe 1

### Objectif de la séance :

- Apprendre les méthodes pour mieux réussir à résoudre des problèmes faisant intervenir un calcul.
- Prendre conscience de ses capacités métacognitives.
- Rappeler les éléments de rédaction des calculs mathématiques.

### Contenu du TP :

- Pour aider à la prise de conscience de chacun les calculs seront accompagnés de questions visant à formaliser votre réflexion.

#### Problème n°1 :

##### Énoncé :

Un électron pèse  $9,1 \times 10^{-31}$  kg.

On peut considérer qu'internet n'est qu'une somme de signaux électrique constitué de  $2.2 \times 10^{28}$  électrons.

- Quel est le poids d'internet ?
- Pensez-vous réussir à résoudre ce problème sans aides ? OUI / NON
- Décrivez les étapes de calculs successives à réaliser pour résoudre ce problème :

.....  
.....

- Résolvez le problème : (*attention aux règles de rédaction mathématiques*)

.....  
.....  
.....

- La résolution était-elle trop difficile ? OUI / NON

- La difficulté venait : de l'énoncé / de la difficulté de déterminer une marche à suivre / des calculs / autres : .....

**Problème n°2 :**

**Énoncé :**

La lumière du soleil met 8min20s pour arriver sur terre.

Il faudrait qu'un photon voyage pendant 93 millions de millénaires pour traverser l'univers.

L'orbite de la terre a un périmètre de 940 millions de kilomètres.

- Quelle est le diamètre de l'univers ?
- Pensez-vous réussir à résoudre ce problème sans aides ?            OUI / NON
- Décrivez les étapes de calculs successives à réaliser pour résoudre ce problème :

.....  
.....  
.....

- Résolvez le problème : *(attention aux règles de rédaction mathématiques)*

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

- La résolution était-elle trop difficile ?    OUI / NON

• La difficulté venait : de l'énoncé / de la difficulté de déterminer une marche à suivre / des calculs / autres : .....

**Problème n°3 :**

**Énoncé :**

Le diamètre d'un atome est de l'ordre de  $10^{-10}$  m.

Le diamètre du noyau d'un atome est de l'ordre de  $10^{-15}$  m.

- Quel est le pourcentage de vide dans la matière ?
- Pensez-vous réussir à résoudre ce problème sans aides ?      OUI / NON
- Décrivez les étapes de calculs successives à réaliser pour résoudre ce problème :

.....

.....

.....

- Résolvez le problème : (*attention aux règles de rédaction mathématiques*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- La résolution était-elle trop difficile ?      OUI / NON

- La difficulté venait : de l'énoncé / de la difficulté de déterminer une marche à suivre / des calculs / autres : .....



## Problème n°4 :

### Énoncé :

Le diamètre des atomes d'une pêche est de  $3 \times 10^{-10}$  m.

Le diamètre des noyaux des atomes est de l'ordre de 10-15 m.

Une pêche fait en moyenne 60mm de diamètre.

• Quelle serait le diamètre d'une pêche si les atomes qui la composent avaient la taille d'une pêche ?

• Pensez-vous réussir à résoudre ce problème sans aides ?            OUI / NON

• Décrivez les étapes de calculs successives à réaliser pour résoudre ce problème :

.....  
.....  
.....

• Résolvez le problème : (*attention aux règles de rédaction mathématiques*)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

• La résolution était-elle trop difficile ?                                    OUI / NON

• La difficulté venait : de l'énoncé / de la difficulté de déterminer une marche à suivre / des calculs / autres : .....

## Problème n°5 :

### Énoncé :

L'ISS vole à 415 km d'altitude.

L'ISS fait le tour de la terre en 90 minutes.

L'ISS vole à 27 600 km/h

• À quelle vitesse constante dû à la rotation de la terre nous déplaçons nous à cet instant ?

• Pensez-vous réussir à résoudre ce problème sans aides ?      OUI / NON

• Décrivez les étapes de calculs successives à réaliser pour résoudre ce problème :

.....

.....

.....

• Résolvez le problème : (*attention aux règles de rédaction mathématiques*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

• La résolution était-elle trop difficile ?      OUI / NON

• La difficulté venait : de l'énoncé / de la difficulté de déterminer une marche à suivre / des calculs / autres : .....

## Problème n°6 :

### Énoncé :

Grâce aux modifications de Han Solo le Millennium Falcon a un hyperpropulseur de classe 0.5

Il peut aller à une vitesse de 1050 année lumière par heure.

Il faut 2 secondes pour passer en vitesse lumière.

- Combien de G encaisserait un corps soumis à une telle accélération?
- Pensez-vous réussir à résoudre ce problème sans aides ?      OUI / NON
- Décrivez les étapes de calculs successives à réaliser pour résoudre ce problème :

.....

.....

.....

- Résolvez le problème : (*attention aux règles de rédaction mathématiques*)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- La résolution était-elle trop difficile ?      OUI / NON

- La difficulté venait : de l'énoncé / de la difficulté de déterminer une marche à suivre / des calculs / autres : .....

**Problème n°7 :**

**Énoncé :**

On ne peut pas voyager plus vite que la vitesse de la lumière.

Un voyage en dehors de notre système solaire prendrait des années.

On ne peut pas encaisser une accélération de 9 g pendant plus de quelques secondes.

On désire se rendre sur une planète à une année lumière d'ici.

- **Combien de temps le voyage prendrait-il si on ne dépasse pas une accélération de 1g ?**
- **Pensez-vous réussir à résoudre ce problème sans aides ?**      OUI / NON
- **Décrivez les étapes de calculs successives à réaliser pour résoudre ce problème :**

.....

.....

.....

- **Résolvez le problème :** *(attention aux règles de rédaction mathématiques)*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- **La résolution était-elle trop difficile ?**      OUI / NON

- **La difficulté venait :** de l'énoncé / de la difficulté de déterminer une marche à suivre / des calculs / autres : .....

## Résumé

Pour comprendre l'origine des difficultés rencontrées par mes élèves lors de résolution de problème en S2I j'explore les différents aspects de la métacognition. Après avoir défini la métacognition et identifier la planification exécutive comme responsable je propose une méthode de vérification et de remédiation basé sur le savoir déclaratif sur les stratégies.

Mots clefs : métacognition / résolution de problème / planification exécutive / savoir déclaratif / savoir sur les stratégies / S2I

## Abstract

After some issues with my students on problem solving I decide to look after the metacognition aspect in reasoning. After defining the metacognition and pointing out the executive planification as a cause of it I propose a method to check the implication of metacognition and a solution based on the declarative knowledge about strategies.

Key Words : metacognition / problem solving / executive planning / declarative knowledge / strategy knowledge / engineering