



**HAL**  
open science

# L'utilisation des mathématiques en sciences physiques et chimiques

Guillaume Bodinier, David Sevrain

► **To cite this version:**

Guillaume Bodinier, David Sevrain. L'utilisation des mathématiques en sciences physiques et chimiques. Education. 2017. dumas-01647595

**HAL Id: dumas-01647595**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01647595v1>**

Submitted on 19 Feb 2018

**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.



# Écrit réflexif : l'utilisation des mathématiques en sciences physiques et chimiques

Écrit intermédiaire

Guillaume BODINIER et David SEVRAIN

Directrice d'écrit réflexif : Mme Armelle Manceau-Bretecher

Rendu le 24 avril 2017

## Liste des abréviations

---

SPC : Sciences Physiques et Chimiques

IREM : Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques

T<sup>ale</sup> S : Terminale Scientifique

## Liste des figures et tableaux

---

Tableau 1 : Évolution des programmes de SPC et mathématiques entre ancien et nouveau programmes de T<sup>ale</sup> S. . 9

Tableau 2 : Tableau des compétences en SPC faisant référence à des capacités et savoir-faire mathématiques. .... 16

Tableau 3 : Évaluation de la compétence « Réaliser » au cours d'un trimestre pour l'élève X. .... 17

Figure 1: Articulation des connaissances : théorie, modèle, champ expérimental. .... 6

Figure 2 : Le « triangle d'inversion », ou « triangle magique ». .... 13

## Table des matières

Liste des abréviations.....	2
Liste des figures et tableaux.....	2
Introduction.....	4
I. Éclairage théorique.....	6
1. Généralités.....	6
a. Qu'est-ce qu'une formule ?.....	6
b. Pourquoi des mathématiques en SPC ? L'importance de la modélisation.....	6
2. Interdisciplinarité entre mathématiques et SPC.....	7
a. Etat des lieux.....	7
b. Bulletins officiels.....	8
3. Grandeurs et unités.....	10
a. Définitions.....	10
b. Différentes cultures disciplinaires.....	11
4. Rôle des « astuces ».....	12
a. Type d'astuces.....	12
b. Utilisation d'une astuce : le triangle magique, ou triangle d'inversion.....	13
c. Conclusion sur le rôle des astuces.....	13
II. Méthodologie.....	15
1. Choix des outils de recueil de données.....	15
2. Présentation des outils.....	15
a. Questionnaires.....	15
b. Grille de compétences.....	16
3. Analyse des questionnaires.....	17
a. Question 1 (élève et enseignant).....	17
b. Question 2 (élève).....	18
c. Question 2 (professeur).....	19
d. Question 3.....	20
e. Question 4 (élève).....	20
f. Question 4 (professeur).....	21
g. Question 5.....	21
4. Analyse des grilles de compétences.....	22
Conclusion.....	23
Annexes : questionnaires.....	24
Questionnaire élève.....	24
Questionnaire enseignant.....	24
Bibliographie.....	25

**Note des auteurs :** le pronom personnel « nous » est le sujet d’usage de cet écrit. Il fait référence aux deux auteurs du présent document, Guillaume BODINIER et David SEVRAIN.

## Introduction

---

La question de la place des mathématiques en sciences physiques et chimiques (SPC) est une question brûlante : comment aborder des notions abstraites comme la masse volumique, la quantité de matière, ou la concentration massique ? Quelle est l’utilité du formalisme mathématiques (avec les redoutées *formules* à connaître, parfois par cœur !) dans la compréhension de ces notions ? Quelle définition donnée aux termes de grandeurs physiques ? d’unités ?

Nous nous sommes posés ces questions dès le début de notre année de stage. En effet, nous enseignons cette année les SPC à des classes de seconde, année durant laquelle les élèves sont confrontés à ces nouveaux problèmes. La modélisation des phénomènes, qui associe des relations entre grandeurs physiques et chimiques à des équations mathématiques, peut être vécue comme une difficulté par les élèves par rapport à l’enseignement de la Physique-Chimie au collège.

Des groupes de discussion entre professionnels de l’éducation des niveaux secondaires et supérieurs, traitent des difficultés soulevées par ces questions. Nous pouvons par exemple citer l’introduction du document-bilan de la Rencontre Maths-SPC organisée par le GREPhyC-IREM, rencontre réalisée en décembre 2015 dans l’Académie de Versailles. Selon ce document<sup>1</sup> :

« Lorsqu’on demande à des enseignants du Secondaire ou du Supérieur quelles difficultés rencontrent leurs élèves, on observe qu’au-delà du constat « les élèves ne savent plus calculer », leurs réponses s’orientent rapidement autour :

- des applications numériques,
- de l’isolement de variables,
- de la maîtrise de la proportionnalité. »

Ces trois points ont été observés dans nos classes respectives. À titre d’exemple, nous avons introduit dès le début de l’année scolaire, la masse volumique  $\rho$  d’un corps pur comme « *le quotient entre la masse du corps pur et de son volume, liés par la formule :*

$$\rho = \frac{m}{V}$$

où  $m$  s’exprime en gramme (g),  $V$  en litres (L), donc  $\rho$  en g/L (écrit aussi  $\text{g.L}^{-1}$ ) »

---

<sup>1</sup>(GREPhyC-IREM Paris7, 2015), page 5

À ce moment-là, même conscients de la difficulté de cette formulation pour certains élèves, nous ne nous doutions pas que la majorité des élèves de nos classes ne saisisait pas le concept de masse volumique. Ceci a été particulièrement remarqué lors de la première évaluation formative, réalisée dès la fin du mois de septembre : des difficultés ont surgi à la fois dans la compréhension des unités («  $\text{g.L}^{-1}$  » retenue mais «  $\text{g.mL}^{-1}$  » peu notée par les élèves), dans l'inversion de formule pour isoler une variable, et dans la conversion des unités. Nous avons également pu observer certains comportements d'élèves, révélateurs d'un malaise dans les parties calculatoires : des interjections comme « Ha, il faut calculer, je ferai pas la question », ou des élèves qui laissent des blancs dans de (très) bonnes copies aux endroits qui nécessitent du calcul.

Cet écrit réflexif n'est pas l'objet d'un traitement systématique de toutes les questions posées au début de cette introduction. La problématique qui nous intéresse est la suivante : **comment faciliter la compréhension des formules abordées en classe de sciences physiques et chimiques ?**

Nous émettons trois hypothèses de travail afin de répondre à cette question :

1. les élèves sont peu confrontés au calcul au cours de leur scolarité.
2. il faut les forcer à faire du calcul littéral pour qu'ils améliorent leurs compétences en calcul.
3. les astuces de calcul représentent un outil à utiliser de manière privilégié.

Nous commencerons notre travail en présentant les travaux de recherche en lien avec la problématique citée. Cette première partie sera l'occasion de présenter l'importance de l'interdisciplinarité entre les SPC et les mathématiques, observable dans les programmes actuels et leurs évolutions respectives. Nous étudierons par la suite les différences notables entre ces deux disciplines, différences qui peuvent constituer un obstacle didactique important pour les élèves. Enfin, cette partie sera l'occasion de présenter quelques outils qu'il pourrait être intéressant d'introduire dans l'enseignement des SPC dans le secondaire afin de permettre aux élèves de s'approprier l'outil mathématique dans cette discipline.

La deuxième partie de ce travail présente les outils de recueil de données, à savoir deux questionnaires d'enquête et un ensemble d'évaluations par compétences. Ces outils ont pour but d'établir un état des lieux de la maîtrise de l'outil mathématique par les élèves, l'évolution de cette maîtrise au cours de l'année et les représentations que les enseignants de SPC ont de l'usage des mathématiques dans leurs classes. Ces outils ont été créés durant l'année scolaire en cours, mais pas encore appliqués pour certains d'entre eux. Les résultats anticipés des questionnaires d'enquête sont cependant discutés, et une réflexion est amorcée sur l'utilisation des compétences comme moyen d'investigation de la maîtrise des mathématiques par les élèves.

# I. Éclairage théorique

## 1. Généralités

### a. Qu'est-ce qu'une formule ?

Une formule mathématique est définie, selon le dictionnaire Larousse, comme une « expression concise et rigoureuse, résumant des données scientifiques. » Nous étendons cette définition à toute relation mathématique (égalité ou inégalité) permettant de lier entre elles au moins deux grandeurs physiques. Mais pourquoi ces formules présentent-elles un si grand intérêt en SPC ?

### b. Pourquoi des mathématiques en SPC ? L'importance de la modélisation.

La modélisation est une étape importante du programme de SPC dans le secondaire. La figure 1, extraite de (Tiberghien, 2004)<sup>2</sup>, permet de comprendre la place importante de la modélisation comme le lien entre une théorie et un champ expérimental, permettant soit de valider le modèle proposé, soit de développer un modèle en adéquation avec les faits expérimentaux.

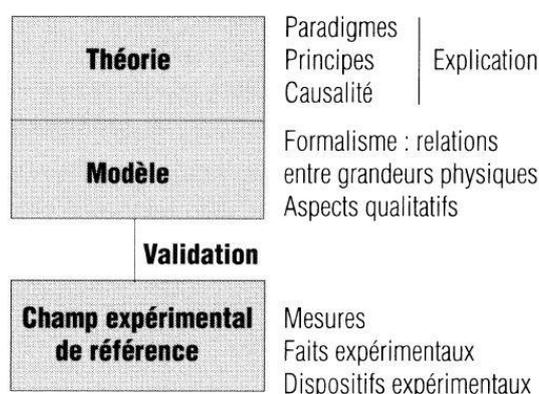


Figure 1: Articulation des connaissances : théorie, modèle, champ expérimental.

La modélisation consiste donc en un passage d'une relation entre des grandeurs physiques ou chimiques à une équation mathématique, et constitue une compétence essentielle que les élèves doivent acquérir avant leur entrée dans l'enseignement supérieur et la recherche. La préparation des élèves à cette fin est donc un point-clé du programme de SPC du secondaire. Ce fait est corroboré par le BO spécial de SPC (Hors-Série n°4 du 13 juillet 2000)<sup>3</sup> :

<sup>2</sup> TIBERGHIE A. (1994). Modeling as a basis for analysing teaching-learning situations. Learning and instruction, vol. 4, n° 1, pp. 71- 87.

<sup>3</sup> « Ministère de l'Education: Bulletin Officiel de l'Education Nationale BO hors-série N°4 du 13 juillet 2000 ».

« La formalisation, qu'elle soit sous forme de diagrammes, de symboles, de dessins, ou sous forme mathématique, aide bien sûr à la formation de ces images mentales. La modélisation du système étudié, par le choix des variables pertinentes, procède de cette reconstruction du réel par la pensée. Cette modélisation précède toujours une mise en équation éventuelle, et elle s'appuie sur une description de la situation physique à l'aide de la langue naturelle. Quant au langage mathématique, à l'évidence irremplaçable, il peut parfois masquer la compréhension physique [...] : c'est à la fois son avantage et, dans une certaine mesure, son inconvénient, en tout cas sa limite. Le résultat de l'analyse mathématique doit toujours être retraduit dans la langue naturelle. »

La modélisation peut ainsi se voir comme la correspondance entre le langage naturel des élèves, mis à profit pour décrire une observation expérimentale, et le langage mathématiques, qui permet de formaliser un résultat, voire de le généraliser.

À l'inverse, les élèves peuvent être amenés à comprendre des phénomènes physiques et chimiques via l'outil mathématiques. Sans la traduction des résultats (mathématiques) d'un calcul en langue naturelle, l'abstraction intrinsèque au langage mathématique peut constituer un frein majeur à la compréhension des élèves. Cette interconnexion entre les mathématiques et les SPC s'observe également dans l'évolution des programmes des deux disciplines : c'est le sujet de la prochaine partie.

## 2. Interdisciplinarité entre mathématiques et SPC

### a. Etat des lieux

La problématique énoncée en introduction est en lien avec des travaux de recherche portant sur les relations entre les disciplines « mathématiques » et « sciences physiques et chimiques ». La thèse de CISSE Ba (Ba, 2007), en cotutelle entre la France et le Sénégal et soutenue en 2007, réalise un état des lieux de l'interdisciplinarité entre les enseignements de ces deux disciplines :

« Concernant les activités interdisciplinaires faisant intervenir les mathématiques, Legrand [...] souligne une dualité, en distinguant :

- celles où un savoir mathématique que l'on connaît déjà permet d'explorer et mieux comprendre un aspect du monde qu'on ignore, et à l'inverse
- celles où la force significative des situations de vie ordinaire permet de donner sens et de faire parler des entités mathématiques complexes qu'on ne connaît pas encore et dont le côté nécessairement très abstrait ou technique risque de se dresser comme une barrière au sens et à la consistance si on les aborde d'entrée de jeu exclusivement par les mathématiques. (Legrand, 17) »

Cette citation, extraite de (Legrand, 1993)<sup>4</sup>, met en évidence un enjeu important de la « formule mathématique » tant employée en SPC : cette entité ne peut être désincarnée, mais doit être située dans un contexte, assorti d'exemples précis tirés de l'expérience quotidienne des élèves afin qu'ils puissent s'approprier cet outil. Une fois cet outil maîtrisé, il peut être développé et renforcé

---

<sup>4</sup> Legrand, M. (1993). Débat scientifique en cours de mathématiques et spécificité de l'analyse. Repères IREM, 10(123-159).

pour appréhender de nouveaux phénomènes physiques ou chimiques, sans que le formalisme ne vienne perturber la compréhension des élèves.

Par ailleurs, selon l'article de Levy-Lelond paru dans un recueil d'articles de conférences données dans le cadre d'un séminaire de philosophie et mathématiques de l'École normale et supérieure (Apéry, Guénard, & Lelièvre, 1982)<sup>5</sup> :

« Bien entendu, un concept physique n'est pas, ne s'identifie pas, ne se réduit pas aux concepts mathématiques qu'il met en jeu; la physique ne se ramène pas à la physique mathématique. Il importe de ne pas concevoir la distinction entre un concept physique et sa mathématisation comme une simple différence statique. Un concept physique n'est pas un concept mathématique plus « autre chose ». Le concept mathématique n'est ni un squelette auquel la physique prête chair, ni une forme abstraite que la physique emplirait d'un contenu concret : il est essentiel de penser le rapport des mathématiques à la physique en termes dynamiques. »

Ces deux disciplines ne peuvent donc pas être abordées de manière complètement séparée, mais peuvent (et peut-être, doivent), se développer conjointement. Les évolutions des programmes de SPC et de mathématiques lors de la dernière décennie montrent cet échange permanent et l'influence mutuelle des programmes de ces deux disciplines.

#### b. Bulletins officiels

Depuis la réforme des programmes de SPC (rentrée 2012) et de mathématiques (2<sup>nde</sup> : rentrée 2010, T<sup>ale</sup> S : rentrée 2012), certains contenus ont été profondément modifiés : soit ils ont disparu des programmes, soit ils ont été ajoutés ou leur rôle modifié. Les deux tableaux suivants récapitulent l'évolution des contenus disciplinaires entre l'ancien et le nouveau programme de Terminale Scientifique (T<sup>ale</sup> S) :

---

<sup>5</sup> Apéry, R., Guénard, F., & Lelièvre, G. (Éd.). (1982). Penser les mathématiques: séminaire de philosophie et mathématiques de l'École normale et supérieure (J. Dieudonné, M. Loi, R. Thom). Paris: Éd. du Seuil, p.199.

Évolution des contenus en SPC	Ancien Programme	Nouveau Programme
Fonction exponentielle	central	disparu
Équations différentielles	central	disparu
Calcul différentiel	central	présent
Calcul vectoriel	central	présent
Mesures et incertitudes	peu présent	rôle central
Équations algébriques	présent	rôle central

Évolution des contenus en maths	Ancien Programme	Nouveaux Programmes
Equations différentielles	présent	disparu
Coordonnées polaires	présent	disparu
Transformations	présent	disparu
Nombres complexes	central	peu présent
Calcul vectoriel	central	peu présent
Algorithmique	absent	présent
Probabilités/statistiques	présent	central

Tableau 1 : Évolution des programmes de SPC et mathématiques entre ancien et nouveau programmes de T<sup>ale</sup> S.

De ces deux tableaux, nous pouvons remarquer que les parties « techniques de calcul » sont moins développées dans le nouveau programme par rapport à l'ancien (disparition des équations différentielles en mathématiques, du passage des coordonnées polaires aux cartésiennes...). Les calculs numériques ne sont pas pour autant négligés : les probabilités et statistiques occupent une place plus importante dans les nouveaux programmes de mathématiques de la T<sup>ale</sup> S, avec l'introduction des intervalles de confiance propices à un développement autour, par exemple, du principe de fonctionnement d'un sondage. Les SPC laissent désormais plus de place aux mesures et incertitudes, donc une partie entre numérique et raisonnement (quels types d'incertitude sont à prendre en compte dans le problème ?). De manière générale, ces deux tableaux nous permettent d'observer que l'accent est désormais mis sur « le raisonnement et la démarche de résolution » (développement d'un protocole en SPC, algorithmique en maths). Ce constat peut s'étendre aux nouveaux programmes de SPC et de mathématiques au collège, et, selon l'étude menée par le « GREPhyC-IREM »<sup>6</sup>:

<sup>6</sup> GREPhyC-IREM Paris7, op. cite, page 5.

« L'état d'esprit des programmes a lui aussi beaucoup évolué tant en physique et chimie qu'en mathématiques, et ce, de manière à laisser plus de place aux questionnements, aux initiatives et aux raisonnements des élèves. Les programmes invitent aussi les deux disciplines à contextualiser les questionnements sur des situations "réelles" et complexes. »

Le constat est alors le suivant : le niveau actuel des élèves en calcul n'est pas lié à des lacunes qu'ils auraient accumulées durant leur scolarité pour des raisons obscures, mais bien à un défaut d'apprentissage dans leur cursus, lié aux différents changements de programme. L'élève n'est pas responsable de son manque de savoirs et de savoir-faire (inversion de formules, par exemple), il n'y a pas été préparé. Le « GREPhyC-IREM » parle alors d'un « biais aggravant [...] particulièrement valable concernant les disciplines qu'on n'enseigne pas et pour la liaison Lycée-Université. »<sup>7</sup>.

Si l'aspect purement formel du calcul semble ainsi délaissé au profit du raisonnement au collège, une autre difficulté majeure vient s'ajouter lorsque les élèves abordent les SPC en seconde : le vocabulaire spécifique à la discipline, et notamment les notions de grandeurs et d'unités.

### 3. Grandeurs et unités

#### a. Définitions

Un problème en SPC passe souvent par la résolution d'un calcul, avec pour finalité un résultat composé de trois parties :

- une **grandeur physique ou chimique**, symbolisée par une lettre (ex. : la masse  $m$ , la masse volumique  $\rho$ ...)
- un **mesurande** (la « valeur chiffrée » de la grandeur)
- une **unité** (qui situe la grandeur physique et son mesurande sur une échelle de valeurs dont la définition est établie)

En prenant pour exemple la masse volumique de l'eau à une température de 20°C :

$$\rho = 1000 \text{ g.L}^{-1}$$

↑ grandeur = ↑ mesurande ↑ unité

Cette notation ne fait cependant pas l'unanimité entre les deux disciplines. Le paragraphe suivant présente un cas illustrant les différences de culture disciplinaire sur un calcul simple : l'addition de deux longueurs.

<sup>7</sup> GREPhyC-IREM Paris7, *op. cite*, page 6.

## b. Différentes cultures disciplinaires

Selon le rapport du « GREPhyC-IREM »<sup>8</sup>, un exercice lors des journées de rencontre a permis de mettre à jour des différences de notation et d'écriture dans un simple problème d'addition. L'exercice proposé aux enseignants de SPC et de mathématiques participant à ces rencontres était le suivant :

« 3 types de rédaction qu'on retrouve dans les livres ou qui sont utilisées par les enseignants :

$L = 3 \text{ cm} + 4 \text{ cm} = 7 \text{ cm}$	Proposition 1
$L = 3 + 4 = 7 \text{ cm}$	Proposition 2
$L = 3 + 4 = 7$ donc $L = 7 \text{ cm}$	Proposition 3

Classez de 1 à 3 les propositions ci-dessus, de celle qui vous semble la plus préférable (« 1 ») à la moins préférable (« 3 »).

La grandeur calculée est une longueur notée « L », le mesurande est « 7 » et l'unité le centimètre « cm ». Ces 3 propositions ne sont pas identiques, et les résultats obtenus lors de cet exercice montrent clairement une différence dans l'approche d'un calcul entre enseignants des deux disciplines. La proposition 2, que l'on peut résumer sous la forme « longueur = nombre + nombre = longueur » est préférée par les « physiciens ». En revanche, la proposition 3 (« longueur = nombre + nombre = nombre » puis « longueur = longueur ») est préférée par les « mathématiciens ». La proposition 1 est rejetée par les enseignants des deux disciplines, alors qu'il s'agit de l'écriture actuellement recommandée à l'école primaire, et la seule faisant apparaître une homogénéité constante le long du calcul : « longueur = longueur + longueur = longueur ».

Si l'origine de ces différences n'est pas au cœur de notre étude, les conclusions que l'on peut tirer de cet exercice éclairent sur les difficultés que peuvent rencontrer des élèves, par nature inexpérimentés, face à ce genre de calculs. En effet, si l'on reprend les conclusions de cette étude :

« Au final, on constate que sur une simple addition, on observe déjà :

- des pratiques intra culturelles fortes (rédaction « à la mathématicienne » versus à la « physicienne ») ;
- une pratique inter culturelle marquée : l'absence des unités dans le calcul, placées uniquement à la fin ;
- des incohérences conceptuelles sur l'homogénéité des expressions (propositions 2 et 3) et sur le statut du signe égal (en ligne ou en colonne). »

<sup>8</sup> GREPhyC-IREM Paris7, op. cite, page 6.

Il n'est ainsi pas surprenant que, si sur ce simple calcul les différences entre les deux disciplines sont déjà marquées, des notions plus avancées et similaires abordées par les deux disciplines puissent être perçues par les élèves comme différentes, voire sans rapport entre elles.

Il est cependant intéressant de remarquer que dès le collège, les élèves sont amenés à manipuler, en classe de mathématiques, les grandeurs et les unités dans leur calcul (Eduscol, 2016) (page 27) :

« La théorie plus récente de Whitney [...] fournit une théorie axiomatique des grandeurs, suffisamment élaborée pour répondre à tous les besoins en physique classique, et permettant une mathématisation (utilisant l'algèbre linéaire) de l'analyse dimensionnelle [...]. Whitney y défend également la présence des grandeurs dans l'enseignement des mathématiques. »

Au-delà de ces différences de vocabulaire et de formalisation des résultats numériques, les élèves éprouvent de la difficulté à manipuler des relations mathématiques afin d'extraire l'information pertinente. Par exemple, savoir inverser une formule comme celle donnée en introduction,  $\rho = \frac{m}{V}$ , dans le but d'obtenir la masse « m » ou le volume « V » constitue parfois un obstacle pour les élèves. Les stratégies de résolution sont multiples, et une possibilité offerte aux enseignants de SPC pour « contourner » les difficultés associées à l'aspect mathématique de la discipline, est l'utilisation « d'astuces de calculs ». Cet aspect est détaillé dans la prochaine partie.

#### 4. Rôle des « astuces »

##### a. Type d'astuces

Selon le groupe de recherche « GREPhyC-IREM », une astuce fait référence à « toute procédure type, sans référence aux concepts mathématiques et à leurs propriétés »<sup>9</sup>. Quatre astuces ont été citées par le groupe de recherche :

- le produit en croix
- le « triangle magique », ou « triangle d'inversion »
- le « passage de l'autre côté du signe = », à l'aide des opérations réciproques
- les « moyens extrêmes », ou « produit des extrêmes » (inusité)

Par une analyse de quatre astuces couramment utilisées par les enseignants de SPC lors de l'inversion d'une formule (typiquement, passer de  $v = \frac{d}{t}$ , définition de la vitesse, à  $d = v \times t$ ), le groupe de rencontres a souligné les avantages et les inconvénients de ce type d'astuces. Nous détaillons dans

---

<sup>9</sup> GREPhyC-IREM Paris7, op. cite, page 15

la partie suivante l'emploi du triangle d'inversion comme astuce à l'inversion de formule testée dans nos classes.

b. Utilisation d'une astuce : le triangle magique, ou triangle d'inversion.

Le triangle d'inversion consiste à écrire dans un triangle la formule mathématique liant trois grandeurs sous forme de quotient, comme c'est le cas de la vitesse  $v = \frac{d}{t}$  :

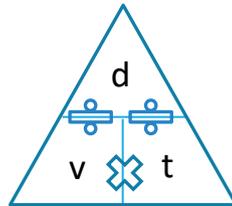


Figure 2 : Le « triangle d'inversion », ou « triangle magique ».

Selon le rapport du GREPhyC, les enseignants demandent aux élèves de remplir les trois parties du triangle en partant du triangle supérieur et de la grandeur prioritaire dans l'alphabet, et en complétant dans le sens des aiguilles d'une montre, dans l'ordre alphabétique « d,t,v ». Contrairement à cette pratique, nous expliquons aux élèves que les grandeurs doivent être rentrées dans le triangle en respectant la forme de la formule : le d est « en haut », donc le d doit être placé dans la partie supérieure du triangle. Le v est « à gauche » du signe « = », il se retrouve donc dans la partie gauche du triangle. Le dénominateur, t, occupe donc la case en bas à droite. La barre verticale symbolise l'opération « produit », la barre horizontale l'opération « quotient », comme symbolisé sur le schéma. Ainsi, si l'élève cherche à déterminer « d » par cette formule, il cache la case relative au « d », et lit directement « v x t ». Cette astuce marche pour toutes les formules se présentant sous la forme d'un quotient de deux grandeurs.

c. Conclusion sur le rôle des astuces

L'exemple du triangle d'inversion est transposable à toute astuce : cette méthode fonctionne pour les élèves présentant des difficultés en mathématiques, mais elle ne fait que masquer des problèmes de raisonnement et n'est en effet pas utilisable à long terme. Le recours aux astuces de calculs, notamment dans le cas d'une inversion de formules, n'est qu'un moyen de contourner une difficulté mathématique à court terme<sup>10</sup> :

<sup>10</sup> GREPhyC-IREM Paris7, *op. cite*, page 22

« La force de l’astuce dans la classe, c’est le temps qu’elle ne fait pas perdre – à court terme - à l’enseignant. Dans une logique de “résultat”, elle offre aussi un statu quo, satisfaisant pour l’élève et l’enseignant. Mais l’astuce a son coût sur le long terme : oubli de l’astuce, perte de capacité de raisonnement et d’initiative sur des problèmes nouveaux, image dogmatisée de la science et de la raison. »

Le constat que nous effectuons dans son utilisation est résumé par la conclusion du rapport du GREPhyC-IREM<sup>11</sup> :

« Au final, l’astuce ne nous semble pas nécessairement à bannir, mais il est important de la replacer dans un contexte d’apprentissage : utile dans un premier temps, pour savoir faire, il nous semble essentiel de la faire évoluer vers le raisonnement, (quitte à y revenir par la suite, à la lumière de la raison cette fois) pour enfin tendre vers une automatisation raisonnée.»

Une alternative proposée est d’inclure les unités dans les calculs, comme dans la proposition 1 de l’exercice présenté en page 11 de cet écrit. Dans un document de recommandations fourni par Eduscol<sup>12</sup>, l’introduction des unités dans les calculs permettent de donner un sens physique au calcul (retour au langage naturel), de commencer à pratiquer l’analyse dimensionnelle, utile pour vérifier l’homogénéité d’une formule et parfois de retrouver l’écriture de la formule, et de raisonner, ce qui permettrait aux élèves, à long terme, de devenir autonome dans l’emploi des formules en SPC.

Cette première partie a permis de mettre en évidence la place des mathématiques en SPC. Les difficultés rencontrées par les élèves dans l’emploi des outils mathématiques ont été mises en avant, et corrélées aux différences culturelles entre les deux disciplines impliquées. L’utilisation des astuces de calculs pour contourner les difficultés techniques a finalement été discutée. Cependant, avant de mettre en place, dans la salle de classe de SPC, les outils nécessaires à l’appropriation des mathématiques par les élèves, il nous faut établir un état des lieux du ressenti des élèves et des collègues enseignants de SPC sur l’utilisation des mathématiques dans cette discipline. L’éclairage théorique précédent permet de nous guider lors de l’élaboration des outils de recueil de données nécessaires, à destination à la fois des élèves et de leur professeur de SPC.

---

<sup>11</sup> GREPhyC-IREM Paris7, *op. cite*, page 22

<sup>12</sup> Eduscol, *op. cité*, page 30

## II. Méthodologie

### 1. Choix des outils de recueil de données

Nous proposons de répondre à notre problématique, « **Comment faciliter la compréhension des formules abordées en classe de sciences physiques et chimiques ?** », à l'aide de deux outils de recueil de données :

- le questionnaire d'enquête : ce type d'outils est, en accord avec (*Jean, Valérie & Lenoir, Yves, 2012*) « plus économe en temps et en énergie », et « permet de rejoindre un échantillon important d'une population. »<sup>13</sup>. Le public visé est à la fois les élèves et les enseignants de SPC ; nous reviendrons sur ce point dans la partie II-2-a, « Questionnaires » (p15). Le format écrit est privilégié, pour des raisons pratiques puisque ce type de questionnaire s'adresse à un nombre important d'élèves, mais aussi aux enseignants de SPC. L'anonymat est également garanti, ce qui évite aux élèves de se sentir évalués. Par ailleurs, l'analyse des résultats de ces enquêtes peut être réalisée de manière systématique, et des corrélations peuvent être effectuées entre les volets « élève » et « enseignant » du questionnaire, enrichissant la réflexion.

- l'évaluation par compétences : cet outil est au cœur des programmes de SPC du second degré, notamment dans le cadre de la sensibilisation des élèves à la démarche scientifique. De nombreuses compétences font référence à l'usage de l'outil mathématique en SPC. Leur évaluation régulière peut servir à suivre la progression des élèves dans l'utilisation et la compréhension des relations mathématiques étudiées dans notre discipline.

Les deux types d'outils proposés ayant été exposés, nous allons désormais nous intéresser à leur contenu, notamment le type de données que nous nous attendons à analyser.

### 2. Présentation des outils

#### a. Questionnaires

Chaque professeur de SPC de nos lycées d'affectation recevra, à la fin de l'année, le questionnaire « enseignant » présenté en annexe. De plus, une classe choisie par le professeur recevra le questionnaire « élève ». Chaque professeur ayant généralement plusieurs classes de différents niveaux, il est très probable que sa façon d'enseigner les méthodes mathématiques dépende de la classe considérée. C'est pourquoi il est demandé au professeur de choisir une classe et de répondre au questionnaire en fonction de cette classe. En effet, beaucoup de questions sont communes afin

---

<sup>13</sup> Jean, V., *op cité*, p.3

d'appréhender la manière dont les élèves se sont appropriés les méthodes de calcul de leur professeur. Ces questionnaires seront aussi utilisés par nous-mêmes avec nos deux classes de Seconde respectives. Notons que l'étude des résultats selon les différents niveaux de classe ne sera pas traitée ici, les questionnaires étant prévisionnels et non distribués à ce stade de la réflexion.

Au regard de l'éclairage théorique présenté, les questionnaires portent sur trois points principaux : l'usage du langage mathématique, le calcul avec des grandeurs dimensionnées et l'utilisation des astuces de calculs. Les questionnaires prévus seront distribués en fin d'année, car les élèves auront eu le temps d'acquérir les méthodes enseignées par leur professeur et de choisir la méthode qu'ils préfèrent parmi celles qu'ils se sont appropriées durant leur scolarité. Il est cependant envisageable de le distribuer en début d'année scolaire afin d'établir un état des lieux des connaissances des élèves (portée diagnostique), et un autre en milieu/fin d'année scolaire pour observer l'évolution des pratiques des élèves. Notons que ces questionnaires seront à remplir à la maison et à rendre à la vie scolaire en faisant comprendre aux élèves que ce n'est pas leur professeur qui va les ramasser, afin d'éviter qu'ils se sentent sous la pression de leur professeur.

#### b. Grille de compétences

Le deuxième outil proposé se base sur les compétences de SPC. Nous avons mis en place, dès le début de l'année scolaire, des évaluations (diagnostiques, formatives ou sommatives) visant à développer les compétences des élèves parmi celles prescrites par le BO de Physique-Chimie de la classe de Seconde. Parmi ces compétences, certaines sont associées à l'utilisation de l'outil mathématique. Elles sont répertoriées dans le tableau 2.

Ces compétences ont été évaluées tout au long de l'année, le plus souvent séparément les unes des autres, aussi bien durant les séances de travaux pratiques que lors de démarches actives en classe entière ou d'évaluations sommatives.

Compétences	Exemples de capacités associées
<b>Analyser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proposer un modèle (choix d'un modèle mathématique)</li> <li>• Évaluer l'ordre de grandeur d'un phénomène, d'une valeur.</li> <li>• Effectuer une analyse dimensionnelle.</li> </ul>
<b>Réaliser</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectuer un calcul simple (littéral ou numérique avec un nombre de chiffres significatifs adapté).</li> </ul>
<b>Valider</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exploiter et interpréter des observations, un graphe, exploiter et interpréter des mesures en comparaison ou non avec une référence.</li> </ul>
<b>Communiquer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utiliser des symboles et unités adéquats.</li> <li>• Présenter, formuler une proposition, une argumentation, une synthèse ou une conclusion de manière cohérente, complète et compréhensible.</li> </ul>

Tableau 2 : Tableau des compétences en SPC faisant référence à des capacités et savoir-faire mathématiques.

À chaque compétence est associée un chiffre allant de 1 à 4, 1 étant associé à une compétence non-maîtrisée, 4 à une compétence suffisamment maîtrisée. Le suivi du progrès des élèves peut-être effectué en renseignant un tableur qui répertorie les valeurs des compétences au fur et à mesure de l'année. Ceci permet d'apprécier l'évolution des élèves en cours de trimestre, et d'un trimestre à l'autre. L'élève se sent par ailleurs guidé : suivant la valeur de la note, il peut être nécessaire de travailler un peu plus une compétence insuffisamment maîtrisée ou, au contraire, entretenir une compétence maîtrisée. Nous donnons ci-dessous un exemple de tableur avec la compétence Réaliser.

		ABS	Réaliser				
			ABS	1	2	3	4
Prénom	Nombre d'évaluations		3				
X					1	2	
	Pourcentage		0	0	33,3	66,7	

Tableau 3 : Évaluation de la compétence « Réaliser » au cours d'un trimestre pour l'élève X.

Dans cet exemple, on observe que l'élève X maîtrise très bien cette compétence à 67%, le reste constituant une maîtrise satisfaisante (33%). Un graphique peut-être représenté sur la base de ces résultats pour observer l'évolution de la compétence durant le trimestre ou d'un trimestre à l'autre, et d'apprécier la pertinence d'une méthode de résolution pour cet élève.

Ces outils désormais décrits, plusieurs résultats peuvent être anticipés. Nous proposons dans un premier temps une analyse question par question des deux questionnaires, puis une discussion sur l'impact de l'évaluation par compétences dans le cadre de la problématique proposée dans ce travail.

### 3. Analyse des questionnaires

Chaque question analysée sera systématiquement rappelée en début de paragraphe dans la suite de ce travail.

#### a. Question 1 (élève et enseignant)

<b>Questionnaire élève</b>	<p><b>1) Pour déterminer d ou t à partir de la formule <math>v=d/t</math>, quelle méthode utilisez-vous ? Pourquoi ?</b></p> <p>a. Le triangle magique, b. Le produit en croix, c. Les règles de calcul avec le signe « = », d. Vous raisonnez, e. Vous connaissez les trois formules par cœur.</p>
<b>Questionnaire enseignant</b>	<p><b>1) Pour déterminer d ou t à partir de la formule <math>v=d/t</math>, quelle méthode enseignez-vous ?</b></p> <p>a. Le triangle magique, b. Le produit en croix, c. Les règles de calcul avec le signe « = », d. Le raisonnement physique, e. Apprendre les trois formules par cœur.</p>

Il s'agit de comprendre quelle méthode d'inversion de formule est privilégiée par les professeurs et leurs élèves. Il est possible que les élèves utilisent des méthodes qui ne sont pas celles que le

professeur enseigne. En effet, les élèves ont déjà acquis d'autres méthodes par le passé et peuvent choisir celle qui leur correspond le mieux. Ainsi, il est demandé la raison de ce choix aux élèves (avec l'ajout de la question « Pourquoi ? » dans le questionnaire élève) afin de comprendre ce qui les intéresse dans leur méthode d'inversion de formule. Généralement, les élèves utilisent spontanément une méthode simple à apprendre, qui fonctionne correctement dans la plupart des cas et qui est rapide à mettre en place, les dirigeant vers les « astuces » du type du produit en croix. Ces critères seront corrélés à la réponse à la question 2 du questionnaire « professeur ».

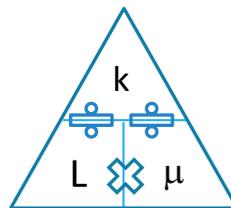
On peut s'attendre à ce que la majorité des élèves utilisent la méthode enseignée par le professeur, et même que certains élèves justifient leur choix en disant que c'est celle de leur professeur. Ils peuvent aussi la justifier comme leur professeur la leur justifie. L'influence du professeur permet alors aux élèves d'utiliser des méthodes plus générales ou plus utiles à long terme, qui leur paraissent peut-être moins faciles que les astuces qu'ils connaissent.

b. Question 2 (élève)

Questionnaire élève

2) On donne :  $k = L \times \mu$ . Isoler  $\mu$ .

Il s'agit de voir comment les élèves utilisent la méthode de la question 1) dans un autre cas. Les adeptes du triangle magique (réponse a. à la question 1)) auront des difficultés à établir le triangle en utilisant l'ordre alphabétique comme décrit dans la partie I (p.13) (quelle place dans l'alphabet accordée à «  $\mu$  » ?). Ils vont probablement être coincés ou ils vont changer de méthode. Mais ceux qui ont appris à utiliser cette astuce de façon plus poussée peuvent s'en sortir :  $k = L \times \mu$ , correspond au cas où  $k$  est caché et la multiplication a lieu à la base du triangle. On obtient alors :



Et le problème peut être résolu :  $\mu = \frac{k}{L}$ .

Les élèves préférant le produit en croix (réponse b. à la question 1)) vont aussi devoir réfléchir car la formule n'est pas écrite sous forme de fraction. Il ne s'agit donc pas d'écrire le numérateur sur une case, mettre le dénominateur sur celle de dessous et de faire de même avec le troisième terme et « 1 ». Ici, il faut comprendre que  $L$  et  $\mu$  sont en diagonale et  $k$  et « 1 » sont sur l'autre diagonale :

$k$	$\mu$
$L$	1

Ceux qui utilisent habituellement les règles de calculs (réponse c. à la question 1)) devraient répondre sans difficultés à la question.

Ceux qui raisonnent « physiquement » (réponse d. à la question 1)) ne pourront donner aucun sens à cette formule et devront trouver une autre méthode. Cependant ils peuvent faire des analogies avec  $v$ ,  $d$  et  $t$ , s'ils ont appris à le faire, mais cela demande aussi de bien comprendre le langage mathématique.

Enfin, Ceux qui apprennent habituellement les trois formules par cœur (réponse e. à la question 1)) devront trouver une autre méthode.

### c. Question 2 (professeur)

<b>Questionnaire enseignant</b>	<p><b>2) Quel ordre de priorité donneriez-vous à ces critères de méthode de calcul ?</b></p> <p>a. Rapide,    b. Structurée,    c. Généralisable à tout type de problème, d. Simple à apprendre,    e. Intuitive,    f. Proche des règles mathématiques.</p>
---------------------------------	--

Cette question permet de comprendre l'intérêt que trouve le professeur dans les méthodes qu'il enseigne en général, en particulier la méthode choisie à la question 1). Le critère « Simple à apprendre » sera probablement haut dans le classement car les professeurs veulent que les élèves retiennent bien les méthodes qu'ils enseignent. Néanmoins, il faut aussi que les élèves sachent calculer rapidement, comprennent ce qu'ils font en calculant, acquièrent et utilisent un langage mathématique et soient capables d'utiliser une approche scientifique. Comme il s'agit d'une tâche difficile, les professeurs doivent trouver des compromis en choisissant des priorités. C'est pourquoi la question est posée sous cette forme.

On peut s'attendre à ce que les professeurs mettant l'accent plutôt sur la rapidité que l'intuition (réponses « a » et « d » prioritaires) s'orientent vers les astuces ou l'apprentissage des trois formules par cœur. Néanmoins, comme on le verra pour les questions suivantes du questionnaire élève, ces professeurs peuvent étendre la compréhension de ces astuces de sorte que les élèves soient capables de les adapter à un vaste champ d'application, demandant parfois aux élèves d'avoir un minimum de recul à propos de leurs astuces.

Les professeurs préférant l'intuition à la structure mathématique (réponse « e » prioritaire) favoriseront des méthodes utilisant le raisonnement physique décrit dans un langage naturel, le langage mathématique étant peu intuitif pour les élèves. Cela aide les élèves à comprendre les problèmes et limite la quantité de savoirs à acquérir, mais ils doivent réinventer un raisonnement différent par problème qu'ils rencontrent et ils ne comprennent pas mieux le langage mathématique. On devrait alors observer que cette méthode est intéressante pour les professeurs s'attachant moins aux méthodes généralisables et aux méthodes mathématiques.

À l'inverse, on peut observer des professeurs plus attachés à la rigueur et à la méthode scientifique (réponses « b » et « f » prioritaires), quitte à mettre moins de priorité à l'intuition

d. Question 3

<b>Questionnaire élève</b>	<b>3) Un train voyage entre Rennes et Strasbourg (1 000 km), à la vitesse de 300 km/h. Combien de temps dure le voyage ?</b>
<b>Questionnaire enseignant</b>	<b>3) Comment conseillez-vous aux élèves de résoudre la question suivante :</b> <i>Un train voyage entre Rennes et Strasbourg (1 000 km), à la vitesse de 300 km/h. Combien de temps dure le voyage ?</i> Merci d'écrire toutes les étapes de calculs.

Cette question est proche de la question 2), mais sous une forme inversée : elle est écrite en langage naturel. On peut donc s'attendre à ce que les élèves qui aiment raisonner répondent facilement à la question en conservant ce langage. Les autres devront traduire l'énoncé en variables mathématiques  $v$ ,  $d$  et  $t$  avant d'utiliser leur méthode, ce qui introduit une difficulté supplémentaire. C'est aussi ce que l'on devrait observer pour la méthode enseignée par le professeur.

L'utilisation des unités peut être évaluée à travers cette question. En effet, les étapes de la résolution du calcul produite par les élèves et le professeur montreront comment ces unités seront traitées. Le calcul pourra, par exemple, se faire selon un des trois types de présentation étudiée par le rapport du «GREPhyC-IREM» (cf. partie I-3-b, p.11). Les élèves pourront également utiliser de nouvelles stratégies de résolution : l'analyse dimensionnelle pour établir une formule (la réponse est un « temps », il faut donc diviser une distance par une « distance par unité de temps », autrement dit une vitesse), mais également leur utilisation à des fins de simplification dans la fraction. En se fiant aux résultats du rapport du « GREPhyC-IREM », on peut s'attendre à ce que les professeurs préconisent de mettre l'unité pour la ligne de calcul finale seulement.

e. Question 4 (élève)

<b>Questionnaire élève</b>	<b>4) Avec 437 réacteurs nucléaires en fonctionnement, tout l'uranium exploitable aura disparu au bout de 100 ans. Si on fait fonctionner 12000 réacteurs nucléaires au total, en combien de temps l'uranium exploitable aura disparu ?</b>
----------------------------	---

Cette question ne correspond pas à une inversion de formule. Les élèves habitués au raisonnement physique devraient être ceux qui s'en sortiront le mieux. Les autres élèves devraient présenter plus de difficultés à répondre à cette question, et peuvent même aboutir à des résultats faux. Qu'ils

traduisent l'énoncé sous forme mathématique ou non, ils ne peuvent pas utiliser les astuces de la question 1). En effet, le produit en croix donne :

437	12000
100	x

Donc  $x = 12000 \cdot 100 / 437 = 2746$  ans. Ce qui est absurde.

Cette question a déjà été posée à une classe de 1<sup>ère</sup> ES, qui a majoritairement résolu le problème avec le produit en croix. Ils ont bien remarqué que le résultat n'avait pas de sens et ont eu beaucoup de mal à comprendre comment s'en sortir. Cela montre bien les limites des astuces, en particulier la trop grande dépendance des élèves à celles-ci.

f. Question 4 (professeur)

<b>Questionnaire enseignant</b>	<p><b>4) Lors de résolutions de problèmes, conseillez-vous à vos élèves de :</b></p> <p>a. Traduire le problème sous forme algébrique,      b. Expliquer les étapes du raisonnement en français, c. Faire les deux.</p>
---------------------------------	---

Cette question est à mettre en parallèle avec la quatrième question du questionnaire élève. En effet, les élèves ont un problème à résoudre et il n'est possible de trouver la solution qu'en raisonnant. Ce raisonnement peut se faire dans le langage naturel ou dans le langage mathématique. On peut s'attendre à ce que les professeurs utilisent un mélange des deux. En effet, ils veulent que les élèves soient capable de traduire l'énoncé vers un langage mathématique en donnant des noms de variables, puis de donner un résultat littéral avant d'effectuer l'application numérique. Ces deux questions (4) « élève » et 4) « enseignant ») devraient être l'occasion d'observer les différences et les similitudes entre les conseils donnés par l'enseignant et les techniques de résolution des élèves.

g. Question 5

<b>Questionnaire élève</b>	<p><b>5) On dissout 10 mg de sel dans 50 mL d'eau. Donnez la concentration massique de la solution en g/L.</b></p>
<b>Questionnaire enseignant</b>	<p><b>5) Comment conseillez-vous aux élèves de résoudre le problème suivant :</b></p> <p><i>On dissout 10 mg de sel dans 50 mL d'eau. Donnez la concentration massique de la solution en g/L. Merci d'écrire toutes les étapes de calculs.</i></p>

Cette question traite des calculs avec les unités. Plusieurs solutions sont possibles :

- convertir en avance les « mg » (milligrammes) et les « mL » (millilitres) en « g » et « L » car le résultat sera demandé en g/L, puis faire le calcul. Les facteurs 1000 issus de chaque conversion se simplifient alors.
- faire le calcul et donner le résultat en mg/mL puis convertir en g/L.
- écrire les unités dans le calcul du rapport et simplifier les préfixes « m » et voir qu'il ne reste que les « g/L », unité « irréductible ». Il s'agit de la méthode que nous enseignons pour essayer de mieux faire comprendre l'importance des unités aux élèves.

Les deux premiers cas seront les plus courants car le troisième cas est rare d'après le rapport du « GREPhyC-IREM ». On pourra voir ici comment les élèves utilisent ces trois méthodes.

Il serait intéressant d'observer la compréhension de l'unité par les élèves, notamment au début de l'année de seconde, comme suggéré dans la partie II-2-a : savent-ils ce que « g/L » signifie ? Ceci nécessiterait de fournir ce questionnaire dès le début de l'année scolaire pour situer leur compréhension de ce qu'est un résultat en SPC.

#### 4. Analyse des grilles de compétences

Comme exposé dans la partie II-2-b, les grilles de compétences permettent d'observer la progression des élèves au fur et à mesure de l'année dans l'utilisation des mathématiques. Il s'agit alors à la fois d'un repère pour les élèves, mais également pour les enseignants. En effet, l'amélioration des résultats des élèves dans ces compétences est un moyen de valider une stratégie pédagogique, ou au contraire de remédier à des situations de blocage en utilisant une autre approche parmi celles décrites précédemment (le triangle magique, le produit en croix, les règles de calcul avec le signe « = », etc.). Cette démarche s'inscrit par ailleurs pleinement dans une démarche de différenciation pédagogique.

À titre d'exemple, nous avons pu observer dans nos classes de seconde respectives des évolutions très différentes suivant les orientations choisies par les élèves. Ainsi, des élèves intéressés par les sciences et qui se dirigent vers les filières scientifiques (S, STI2D...) auront tendance à s'améliorer dans l'utilisation des relations mathématiques, ce qui se traduit par une amélioration de leurs compétences mathématiques. En revanche, les élèves à forte orientation littéraire ou STMG éprouveront plus de difficultés, et connaîtront peut-être même une régression dans ces compétences en cours d'année. Les techniques développées précédemment montrent alors des limites dans leur efficacité, et d'autres pistes d'évolution sont à chercher en dehors du cadre restrictif de ce travail (motivation des élèves, contextualisation plus poussée, analogies avec d'autres disciplines...).

## Conclusion

---

### **Comment faciliter la compréhension des formules abordées en classe de sciences physiques et chimiques ?**

Notre éclairage théorique nous a permis de mieux comprendre les difficultés qu'ont les professeurs pour enseigner les formules mathématiques à leurs élèves. D'une part, les élèves sont actuellement peu préparés au calcul et donc à l'utilisation de formules. D'autre part les professeurs de mathématiques et de physiques abordent les calculs selon leur culture et langue disciplinaire, qui ne sont pas (encore) acquises par les élèves. Ainsi, contrairement aux habitudes des professeurs, l'usage des unités à l'intérieur des lignes de calculs est préconisé. Aussi, l'usage d'« astuces » de calculs permet d'aider les élèves, mais présentent le risque de créer des lacunes de raisonnement sur le long terme.

Les méthodes d'inversion de formules, l'usage des unités, et l'usage du langage scientifique, seront les sujets d'intérêt lors d'une enquête sur les stratégies mathématiques de résolution des exercices de SPC. Cette enquête se fera sous la forme de questionnaires présentés en parallèle aux professeurs et à leurs élèves. Le but sera de mettre en exergue les limites des méthodes de calcul enseignées et de révéler comment les élèves peuvent dépasser ces limites en utilisant intelligemment une, ou plusieurs stratégies de résolution. Les résultats de cette enquête ne seront obtenus qu'à la fin de l'année, une fois les questionnaires soumis et leurs réponses analysées. Nous espérons alors améliorer notre enseignement en apprenant comment aider les élèves à comprendre les formules mathématiques avec des méthodes présentant peu de risques de lacunes sur le long terme.

Nous pouvons cependant déjà suggérer que la présentation aux élèves des différentes méthodes de calcul (astuce de calculs, inversion mathématiquement « rigoureuse » des formules...), dès le début de l'année scolaire, peut constituer un moyen de lever certaines difficultés techniques pour résoudre des problèmes posés en SPC. Présenter ces méthodes lors d'une séance d'aide personnalisée, que ce soit en mathématiques ou en SPC, nous semble pertinent.

Il est aussi intéressant de noter qu'au-delà de l'emploi de techniques de résolution variées et théoriquement adaptées à tout profil d'élève, la motivation intrinsèque de l'élève et son intérêt pour la discipline peut conditionner l'acquisition de certaines compétences. Un travail sur la motivation, notamment par le biais de la contextualisation des savoirs et savoir-faire, devient alors primordial. Le développement de démarches actives, notamment la résolution de problèmes, aussi bien dans le cadre des travaux pratiques que des cours, peut être utilisé à cette fin.

## Annexes : questionnaires

### Questionnaire élève

**1) Pour déterminer  $d$  ou  $t$  à partir de la formule  $v=d/t$ , quelle méthode utilisez-vous ? Pourquoi ?**

- a. Le triangle magique, b. Le produit en croix, c. Les règles de calcul avec le signe « = »,  
d. Vous raisonnez, e. Vous connaissez les trois formules par cœur.

**2) On donne :  $k = L \times \mu$ . Isoler  $\mu$ .**

**3) Un train voyage entre Rennes et Strasbourg (1 000 km), à la vitesse de 300 km/h.**

**Combien de temps dure le voyage ?**

**4) Avec 437 réacteurs nucléaires en fonctionnement, tout l'uranium exploitable aura disparu au bout de 100 ans.**

**Si on fait fonctionner 12000 réacteurs nucléaires au total, en combien de temps l'uranium exploitable aura disparu ?**

**5) On dissout 10 mg de sel dans 50 mL d'eau. Donnez la concentration massique de la solution en g/L.**

### Questionnaire enseignant

**Classe choisie :**

**1) Pour déterminer  $d$  ou  $t$  à partir de la formule  $v=d/t$ , quelle méthode enseignez-vous ?**

- a. Le triangle magique, b. Le produit en croix, c. Les règles de calcul avec le signe « = »,  
d. Le raisonnement physique, e. Apprendre les trois formules par cœur.

**2) Quel ordre de priorité donneriez-vous à ces critères de méthode de calcul ?**

- a. Rapide, b. Structurée, c. Généralisable à tout type de problème,  
d. Simple à apprendre, e. Intuitive, f. Proche des règles mathématiques.

**3) Comment conseillez-vous aux élèves de résoudre la question suivante :**

*Un train voyage entre Rennes et Strasbourg (1 000 km), à la vitesse de 300 km/h. Combien de temps dure le voyage ?*

Merci d'écrire toutes les étapes de calculs.

**4) Lors de résolutions de problèmes, conseillez-vous à vos élèves de :**

- a. Traduire le problème sous forme algébrique, b. Expliquer les étapes du raisonnement en français,  
c. Faire les deux.

**5) Comment conseillez-vous aux élèves de résoudre le problème suivant :**

*On dissout 10 mg de sel dans 50 mL d'eau. Donnez la concentration massique de la solution en g/L.*

Merci d'écrire toutes les étapes de calculs.

## Bibliographie

---

- Apéry, R., Guénard, F., & Lelièvre, G. (Éd.). (1982). *Penser les mathématiques: séminaire de philosophie et mathématiques de l'École normale et supérieure* (J. Dieudonné, M. Loi, R. Thom). Paris: Éd. du Seuil.
- Ba, C. (2007, novembre 9). *Etude épistémologique et didactique de l'utilisation du vecteur en mathématiques et en physique – lien entre mouvement de translation et translation mathématique*. (phdthesis). Université Claude Bernard - Lyon I ; Université Cheikh Anta DIOP. Consulté à l'adresse <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00192241/document>
- Eduscol. (2016). *Grandeurs et mesures au collège*.
- GREPhyC-IREM.. Consulté à l'adresse [http://spcfa.ac-creteil.fr/IMG/pdf/0\\_renouer\\_calcul\\_20150211.pdf](http://spcfa.ac-creteil.fr/IMG/pdf/0_renouer_calcul_20150211.pdf)
- GREPhyC-IREM Paris7. (2015). *Rencontre Maths-SPC : pour renouer avec le calcul, Du Primaire au Supérieur* ,.
- Jean, Valérie, & Lenoir, Yves. (2012). *Les méthodes d'analyse des pratiques d'enseignement : un regard comparatif*. Présenté à XVIIème Congrès International de l'Association mondiale des sciences de l'éducation, Reims.
- Legrand, M. (1993). *Débat scientifique en cours de mathématiques et spécificité de l'analyse*. *Repères irem*, 10(123-159).
- Ministère de l'Education: *Bulletin Officiel de l'Education Nationale BO hors-série N°4 du 13 juillet 2000..* Consulté 16 décembre 2016, à l'adresse <http://www.education.gouv.fr/bo/2000/hs7/default.htm>
- Tiberghien, A. (2004). *Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations*. *Learning and Instruction*, 4, 71-87.