



HAL
open science

Quels sont les obstacles que rencontrent les élèves dans l'apprentissage de la physique - chimie dans le secondaire ?

Quentin Boulanger, Mattéo Hoarau

► To cite this version:

Quentin Boulanger, Mattéo Hoarau. Quels sont les obstacles que rencontrent les élèves dans l'apprentissage de la physique - chimie dans le secondaire ?. Education. 2024. dumas-04639379

HAL Id: dumas-04639379

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04639379v1>

Submitted on 9 Jul 2024

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.

MÉMOIRE DE MASTER 2 MEEF

Métiers de l'enseignement, de l'éducation et de la formation

Mention Second degré – Parcours Sciences Physiques et Chimiques

**Quels sont les obstacles que rencontrent les élèves dans l'apprentissage de la
physique-chimie dans le secondaire ?**

Présenté et soutenu par

Quentin Boulanger – 36009237

Mattéo Hoarau – 40010209

Année universitaire 2023-2024

Sous la direction de :

Éric Roussel

Jury :

Remerciements :

Nous adressons nos remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de ce mémoire ainsi que les personnes qui nous ont soutenus.

Dans un premier temps, nous souhaitons remercier Monsieur ROUSSEL Eric, notre directeur de mémoire, qui nous a accompagnés et encadrés durant ce travail de recherche.

Dans un second temps, nous voulons également remercier Mme MARVILLIERS Sandrine pour les différentes pistes de recherches qu'elle nous a fournies ainsi qu'à ses différents cours méthodologiques qui nous furent d'une grande aide.

Merci au lycée Evariste de Parny, au collège Leconte de Lisle et à leurs équipes pédagogiques de nous avoir reçu en stage.

Un grand merci à nos tutrices et tuteurs de nous avoir accueilli dans leur classe, qui grâce à leur expertise, leur disponibilité et à leur engagement ont été des éléments essentiels dans la réussite de notre projet de recherche et l'ont grandement enrichi.

Et enfin, nous tenons à remercier l'équipe pédagogique du master MEEF pour leur enseignement de qualité, leurs conseils et aux différentes opportunités qui nous ont données durant ces deux années.

Résumé :

La physique-chimie est une matière qui fait son apparition dès le collège. Comme la plupart des matières scientifiques, cette discipline requiert des compétences mathématiques, il s'agit d'une matière pluridisciplinaire. L'utilisation des outils mathématiques est un indispensable en science-physique. Les élèves ont parfois beaucoup de mal à distinguer les liens et les différences entre ces deux matières.

Ils peuvent faire des confusions ou avoir des lacunes dans une de ces matières, ce qui probablement entrainera des soucis au niveau de leur apprentissage. Ce travail de recherche a été mené au sein d'un collège et d'un lycée, il s'intéresse aux difficultés que rencontrent les élèves en mathématiques et aux répercussions qu'il pourrait y avoir en physique-chimie.

Mots clefs : Compétences, physique-chimie, apprentissage, mathématiques, difficultés.

Abstract :

Physics-chemistry is a subject that makes its first appearance in junior high school. Like most science subjects, it requires mathematical skills, and is a multi-disciplinary subject. The use of mathematical tools is a must in Science-Physics. Students sometimes find it hard to distinguish the links and differences between these two subjects. They may become confused and have gaps in one of these subjects, which is likely to lead to learning difficulties. This research project was carried out in a middle and high school, looking at the difficulties students encounter in mathematics and the repercussions this can have in physics and chemistry.

Key words : Skills, physics-chemistry, learning, mathematics, difficulties.

Sommaire

Introduction :.....	6
Chapitre 1 : Histoire des Sciences.....	10
Chapitre 2 : Lien entre les mathématiques et la physique-chimie dans les écoles	17
A) Les programmes de mathématiques et de physique-chimie :.....	17
B) Etude TIMSS 2019.....	18
C) PISA 2022 :.....	22
E) Note d’alerte du CSEN :.....	25
Chapitre 3 : Méthodologie de recherche.....	27
A) Description de l’hypothèse :.....	27
B) Cadre de notre étude :.....	27
i) Les entretiens :.....	28
ii) Des bulletins pluriannuels concernant les classes de 6ème, 5ème et 4ème et les moyennes de brevet blanc :.....	29
iii) Des copies d’élèves pour les niveaux de 4ème et première enseignement scientifique :...	30
Chapitre 4 : Analyse de données.....	31
A) Entretien avec une professeure de mathématiques au collège :.....	31
B) Entretien avec une enseignante de physique-chimie au collège (académie de la Réunion) :..	33
C) Entretien avec un enseignant de physique-chimie au collège (académie de la Créteil) :.....	35
D) Entretien avec une enseignante de physique-chimie au lycée :.....	35
E) Bulletin pluriannuel :.....	37
i) Résultats de 6ème.....	40
ii) Résultats de 5ème.....	41
iii) Résultats de 4ème.....	43
iv) Résultats de 3ème.....	45
v) Conclusion de l’étude statistique :.....	47
F) Analyse des copies de 4ème.....	47
G) Analyse des copies de première d’enseignement scientifique :.....	50
i) 1ère étude :.....	50
ii) 2ème étude :.....	51
Conclusion :.....	53
Bibliographie :.....	56
Annexe :.....	58

Introduction :

Les étudiants inscrits en première année de Master MEEF Parcours Sciences Physiques et Chimiques à l'université de la Réunion bénéficient, lors de leur premier semestre, d'un stage SOPA (Stage D'observation et de Pratique Accompagnée) qui se déroule en EPLE (Etablissement public local d'enseignement).

Ce stage s'est déroulé plus particulièrement dans un lycée général et technologique de l'académie de la Réunion. Celui-ci s'est étalé sur une période de trois semaines : du 3 au 9 octobre 2022 et du 24 octobre au 4 novembre 2022. Cette expérience professionnelle s'est réalisée sous la tutelle d'un enseignant agrégé de physique-chimie de l'établissement. Lors de ce stage, une observation sur un très grand nombre de niveaux présents dans les lycées généraux a été possible, avec l'opportunité d'observer des filières technologiques.

A savoir, pour les voies générales :

- Seconde générale
- Première spécialité Physique-Chimie
- Terminale spécialité Physique-Chimie
- Première enseignement scientifique
- Terminale enseignement scientifique
- Première spécialité SI (Science de l'ingénieur)
- Terminale spécialité SI

Pour les voies technologiques :

- Première STI2D (Sciences Technologie de l'Industrie et du Développement Durable)
- Terminale STI2D

Bien que toutes ces classes soient différentes concernant leur profil scientifique, elles partagent cependant une donnée commune qui a pu être observée au cours de ce stage :

Il s'agissait incontestablement d'un manque de maîtrise concernant les outils mathématiques. Cette non-maîtrise impacte directement et très fortement à la fois l'enseignement mais aussi

l'apprentissage de la physique-chimie. Afin d'illustrer ces propos, bien qu'un exemple ne puisse substituer une démonstration, rien de mieux que l'expérience développée sur le terrain et la description de situations rencontrées au cours du stage. Prenons par exemple un des cas qui a pu être observé, celui des terminales spécialité SI, qui, dans l'esprit, regroupe des élèves possédant un niveau satisfaisant à la fois en physique-chimie et en mathématiques.

Afin d'avoir de meilleurs repères sur le niveau habituel de ces filières et donc de se rassurer sur les affirmations faites précédemment, il est intéressant de faire une analogie avec l'ancien système des filières qui existait avant la réforme de 2019. Les élèves sélectionnés en première et terminale S-SI avaient un niveau relativement élevé en physique-chimie, ils étaient équivalents à des anciennes filières S. Pour s'en convaincre, une consultation du taux d'obtention du baccalauréat suivant les spécialités a été effectuée sur l'année 2007. Ces données proviennent de l'Éducation Nationale et comme toutes les données chiffrées, les sources complètes ainsi que leurs origines seront disponibles en fin d'étude via la bibliographie et la sitographie. Si la comparaison s'effectue entre les élèves de spécialité SI et ceux de spécialité physique-chimie, le taux d'obtention est de 79,4 % pour le premier groupe et de 80,2 % pour le second. De plus, malgré leur faible effectif par rapport aux autres filières (15 429 inscrits contre 157 182 pour l'ensemble de la filière S), leur taux d'obtention du baccalauréat est dans la moyenne qu'il s'agisse d'une obtention au premier tour (79,4 % contre 79,7 % pour l'ensemble) ou d'un taux d'obtention global (89,3 % contre 89,4 % pour l'ensemble). Il n'y a donc pas de grandes différences de niveau en physique-chimie entre un élève de spécialité SI et un autre de spécialité physique-chimie. De ce fait, il peut être admis que l'observation d'une classe de spécialité SI en 2022 est pertinente afin de jauger les difficultés rencontrées en physique-chimie au lycée.

Revenons à l'observation faite au cours du stage. Le programme de spécialité SI regroupe des connaissances demandant à des lycéens un bon niveau en mathématiques avec par exemple l'apprentissage de notion d'électrocinétique et donc le traitement de circuits RC et RL qui demandent la résolution d'équations différentielles du premier ordre. La résolution d'un exercice en électrocinétique nécessite une certaine maîtrise concernant les équations différentielles, elle demande également une connaissance, au moins des bases, de ce qu'est une dérivée, une primitive, une intégrale, etc afin de mieux se familiariser avec les notions vues au cours de ces chapitres. Même si la résolution n'est pas exigible, et que la solution de l'équation était donnée sous forme de formule à apprendre, comment comprendraient-ils ce qu'ils font s'ils ne saisissent pas les termes

contenus dans l'équation ? Comment pourraient-ils établir l'équation différentielle avec sérénité s'ils ne maîtrisent aucune des notions mathématiques qu'ils doivent manipuler au cours de leur raisonnement ? Il s'agit ici d'un problème majeur, qui ne se présente pas comme un simple frein dans l'apprentissage, mais comme véritable obstacle.

Ajoutons à cet exemple, une autre situation observée. On a constaté que dans le cadre d'un cours traitant de mécanique newtonienne, des élèves de terminale ne savaient pas ce qu'était une dérivée, voire pour certains la notion de vecteur était sujette à des difficultés empêchant toute réalisation du problème. Il est donc certain que la résolution d'équation différentielle posera aussi quelques problèmes, voire l'impossibilité totale pour l'élève ayant des lacunes en mathématiques, ce qui se traduira par une impasse à ses yeux lors de son apprentissage.

Après de telles observations, la question devient plus que légitime et doit se poser. Comment une telle situation a pu se produire ? Il est question d'élèves en terminales qui ont besoin de ces outils mathématiques pour, ne serait-ce, résoudre un exercice de type Bac. Ces manques mettent à la fois en grand péril l'enseignement mais également l'apprentissage de la physique-chimie. Comment enseigner lorsque le premier obstacle que rencontrent les élèves est certes lié à la matière mais n'est pas dépendant de notre propre enseignement ? Comment l'apprentissage des élèves pourrait-il être un succès si les pré-requis en mathématiques ne sont pas maîtrisés et sont hors du domaine d'expertise de l'enseignant ? Cela pose beaucoup de questions, nous nous limiterons évidemment à une seule pour ne pas nous éparpiller.

Afin d'en savoir plus, nous avons discuté avec notre tuteur de stage sur les différentes situations observées, le but étant d'en comprendre l'origine.

Selon lui, une partie du problème concernant les élèves les plus en difficultés venait de leur choix de spécialités. En effet, le choix leur est entièrement libre. Malgré les conseils et les avertissements des enseignants, ce sont bien les élèves qui prennent la décision, aboutissant à des situations où ils se pénalisent. Beaucoup choisissent des spécialités qui ont parfois très peu de lien entre eux, posant des problèmes au niveau de leur apprentissage et pour la suite de leurs études. Effectivement, certains jugent bon de délaissier les mathématiques lorsqu'ils veulent s'orienter vers une spécialité physique-chimie.

Il est vrai que des élèves n'ayant pas choisi les options mathématiques / physique-chimie auront plus de mal à assimiler certaines notions comme énoncées ci-dessus. Mais selon lui et selon nos observations, les lacunes en mathématiques s'observent peu importe le profil de l'élève, il est simplement plus marqué sur ceux qui n'ont pas choisi la spécialité mathématiques. Le fait que les élèves ne choisissent pas les mathématiques comme spécialités n'expliquent pas en soit pourquoi les élèves de spécialités rencontrent des difficultés, puisqu'il faut souligner qu'une grande majorité de ces élèves prennent la spécialité mathématiques.

Un autre point a été abordé. Ce point portait sur l'origine des lacunes. D'après notre tuteur, il semblerait que ces lacunes subsistent depuis le collège et ne viennent pas uniquement du lycée.

On ne peut cependant pas tirer de conclusion quant aux différents avis et observations qu'on a pu recueillir au cours de ce premier stage, puisqu'ils étaient de simples suppositions non quantifiées et vérifiées. Néanmoins, ils permettent de nous fournir un axe privilégié dans les recherches à mener et sur les réflexions à avoir. Si nous devons résumer la situation, les difficultés qu'ont les élèves en physique-chimie semblent provenir de leurs lacunes en mathématiques. Mais étant donné que notre stage s'est déroulé au sein d'un lycée, peut-on généraliser ces propos concernant les élèves du secondaire ? Et il y a-t-il des thèmes développés dans le secondaire qui échappent à ce ressenti ? Aujourd'hui, le fait de se demander si il y a un lien entre les mathématiques et la physique-chimie est légitime. On se posera alors la question suivante : Existe-t-il une corrélation entre le niveau des élèves en mathématiques et leur niveau en physique-chimie dans le secondaire ?

Chapitre 1 : Histoire des Sciences

Afin d'affiner nos propos et de répondre à ces questionnements, il est intéressant de ne pas se restreindre à une étude moderne et contemporaine de la physique. Ce choix est justifié par la nature plurimillénaire de ces disciplines dans l'histoire de l'Humanité. En effet, nombreux pourraient affirmer que la physique a connu son essor et ses plus grandes avancées au cours du siècle dernier avec le développement de la mécanique quantique qui a ouvert de très nombreuses portes en son temps. Les divers travaux d'Albert Einstein sur l'Effet Photoélectrique, ses travaux sur la Relativité Restreinte et Générale ne sont pas en reste et ont révolutionné la physique. Ce fut un pas de géant dans le domaine, mais ce ne fut certainement pas le commencement de celui-ci. Mais alors, quand est ce que la physique a commencé ? Avec James Clerk Maxwell lorsqu'il énonce les lois de l'électromagnétisme en 1864 ? Avec Joseph Fourier et ses travaux sur la diffusion de la chaleur en 1807 ? Ou encore Isaac Newton et la publication de ses principes sur le mouvement en 1687 ?

En réalité, il est très difficile de répondre à une telle question, sans doute car il n'y a pas vraisemblablement de réponse claire. Tout domaine distinguable naît. Les grands physiciens que notre monde a pu connaître ne sont jamais partie de rien. Ils se sont toujours inspirés et ont fait évoluer des travaux plus anciens comme Isaac Newton qui reconnaît sans hésiter qu'aucun de ces travaux sur le mouvement n'aurait pu être possible sans le colossal travail de Galilée.

Il est très compliqué de remonter à une "origine" de la physique. Mais il peut être communément acté que pour de nombreux savants aux cours de l'histoire, la source principale de leur savoir remonte très souvent aux savants de l'antiquité Grecque. De grands noms ressortent en effet de cette époque, des noms tels que Archimède, Euclide, ou encore Pythagore, sans qui de nombreux physiciens actuels seraient bien dans l'embarras s'ils devaient travailler sans les résultats de leurs recherches... Mais ces hommes sont-ils des physiciens ? Pour Archimède il ne fait aucun doute que les physiciens se l'approprient sans hésiter, mais en est-il un pour autant ? Parler "physique" avait-il un sens à ce moment ? Ce n'est pas certain, en effet "physique" provient de φυσική, phusiké (« science de la nature ») dérivé de φύσις, phúsis (« nature ») pour les grecs anciens. Il s'agit de l'étude de la nature, l'étude des phénomènes naturels, mais par quels moyens ?

Des moyens physiques ? mathématiques peut être ? De nombreux questionnements sont soulevés ici, davantage de questions que de réponses, mais ces questionnements sont capitaux afin de tenter de déceler la véritable nature de ce que nous appelons aujourd'hui, la physique.

Sans cela, comment avancer sur les idées développées ici ? Comment affirmer sans se tromper et avec certitude que le niveau des élèves en physique-chimie est corrélé à leur niveau en mathématiques si nous ne savons même pas ce qu'est la physique pour ceux qui ont initié la naissance même de ce domaine ? Afin de déterminer quelle est l'essence de la Physique et donc la manière de l'aborder aujourd'hui il est nécessaire de découvrir comment ces savants la considéraient.

En premier lieu, parler d'Archimède peut être intéressant, toute personne ayant fait de la physique dans sa scolarité a sûrement entendu parler d'Archimède, il est en effet présent dans les programmes dès le cycle 3 avec la fameuse poussée d'Archimède. Sa présence dans le programme de physique-chimie nous pousserait à penser qu'il s'agirait d'un physicien.

Bien qu'Archimède soit connu à notre époque pour ses travaux portant sur la mécanique, comme ceux développés dans son œuvre "*Le Traité des Corps flottants*" qui a abouti sur la dite "Poussée d'Archimède", il est également à l'origine de nombreuses œuvres mathématiques, comme par exemple "*La Quadrature de la parabole*", "*De la mesure du cercle*" ou encore "*Sur les conoïdes et les sphéroïdes*", toutes des traités de mathématiques, et non de physique ! Tout en étant un physicien, Archimède fut aussi un mathématicien, mais cela ne peut signifier que les deux sciences étaient liées pour les grecs anciens. La plus grande preuve que ces domaines étaient liés pour ces savants est sans doute l'œuvre la plus connue d'Archimède : "*Le Traité des Corps flottants*". Bien que celui-ci soit un traité de physique, il suffit de le feuilleter quelque instant pour se rendre compte de l'omniprésence des mathématiques pour quiconque souhaite suivre le raisonnement mis en place. Par exemple, relevons un extrait de l'œuvre: "*Soit un segment droit de conoïde rectangulaire dont la flèche (ne) dépasse (pas) en longueur une fois et demie la-ligne-qui-vient-jusqu'à l'axe, [...] il ne garde pas cette position, mais se redresse.*" (page 20-21 hal). Comment espérer suivre un tel raisonnement sans un niveau avancé de géométrie euclidienne, et donc en mathématiques ? Pour les savants de ce temps, il apparaît évident que la physique et les mathématiques sont indissociables, du moins il n'arrivait probablement pas à dissocier ces deux sciences.

Un nouvel exemple afin de conforter l'idée que les mathématiques et la physique sont indissociables, est de parler du cas de Isaac Newton et de son traité de mécanique. L'œuvre publiée en 1687 et qui se prénomme *Philosophiæ naturalis principia mathematica* a posé les fondements de la mécanique classique avec l'énoncé des trois lois de Newton. Le titre de cette œuvre est assez explicite, en français ce texte a été traduit par Émilie du Châtelet et se nomme : "*Principes mathématiques de la philosophie naturelle*", aucune mention à une quelconque sciences physique, mais un appel fort aux mathématiques et à la philosophie. Il y a encore quelques siècles, le lien entre physique et mathématiques était encore parfaitement évident. Pour Newton les mathématiques étaient un élément clef dans l'étude des lois naturelles. Nous reviendrons sur ce point un peu plus tard.

Aujourd'hui, de nombreux physiciens, mathématiciens, philosophes et historiens tentent de comprendre à quel moment il y a eu à proprement dit une distinction entre physique et mathématiques. Par exemple, la physicienne et historienne des sciences Françoise Balibar enseignante à l'Université Paris Diderot, essaye d'expliquer le lien entre les mathématiques et la physique lors de l'une de ses conférences. Elle explique que le rapport entre les mathématiques et la physique a eu un tournant depuis la 1ère guerre mondiale, l'arrêt du travail scientifique durant cette période n'a fait qu'accentuer cette rupture. En effet, la séparation ne s'est pas faite d'un seul coup, il y a eu de nombreux faits historiques et scientifiques qui ont mené à cette scission.

Faisons un petit point historique pour tenter de comprendre pourquoi et comment il y a eu une scission entre ces deux sciences. Il faut déjà noter qu'à l'époque un des seuls à parler de la discipline physique est Henri Poincaré, c'est l'un des précurseurs de la discipline : « Physique mathématiques » qu'il a enseigné 10 ans à la Sorbonne à l'époque. Ce qui est étonnant, c'est que seul des mathématiciens suivaient ces cours, évidemment il devait tout de même avoir des connaissances en « physique ». Poincaré était l'un des seuls qui enseignait les mathématiques pour l'application à l'électrodynamique, puisque seul des mathématiciens étaient élus à cette chaire à l'époque. C'est à partir de ce moment que la discipline « physique » naît. En effet, il faut comprendre qu'avant cela, la physique était un ensemble de domaine spécialisé dans lequel on

étudiait des phénomènes naturels comme : l'acoustique, les solides, la lumière, ... Partout en Europe, les étudiants voulant utiliser des méthodes mathématiques pour la recherche en physique ont recours à des mathématiciens comme Riemann. Evidemment le terme « physique » ne date pas de cette époque, comme on l'a expliqué plus haut, mais il a pris un sens nouveau durant cette période et est devenue une discipline autonome.

Si l'on veut savoir davantage sur la question : Qu'est ce qui a réellement donné un nouveau sens à la physique ? Une des réponses qui revient souvent c'est le développement de l'analyse mathématiques et des théories qui suivent notamment la théorie des groupes et des invariants. Poincaré a joué un rôle important et selon Emile Borel c'est ce dernier qui a permis de développer « l'esprit des théories physique » contemporains. Il ajoute que « c'est une certaine structure mathématiques qui fait la solidité de la discipline physique et l'unité disciplinaire qu'elle forme ». D'ailleurs, Borel a transformé la chaire de « physique mathématiques » en « physique théorique » et c'est ce passage qui a permis de qualifier un nouveau type de physique.

Si l'on comprend bien, les mathématiques ont joué un rôle important dans ce tournant mais on ne sait toujours pas quand il y a eu une mathématisation de la physique. A quel moment peut-on dire que la mathématisation de la physique est apparue ? Il faut comprendre qu'en effet, la mathématiques était toujours présente lorsqu'il s'agissait d'étudier les phénomènes naturels, elle a plus ou moins toujours existé. Mais, tout comme la physique avec Poincaré, elle avait un tout autre sens et utilité. Les mathématiques n'étaient qu'un simple outil de quantification ou de description. Par exemple, selon Jean Marc Lévy-Leblond, c'est au début du XVIII que les Sciences Physique ont commencé à se mathématiser. Il illustre son propos en citant Galilée (*l'Essayeur*) : « *La philosophie est écrite dans cet immense livre qui se tient toujours ouvert devant nos yeux, je veux dire l'Univers, mais on ne peut le comprendre si l'on ne s'applique d'abord à en comprendre la langue et à connaître les caractères avec lesquels il est écrit. Il est écrit dans la langue mathématiques et ses caractères sont des triangles, des cercles et autres figures géométriques, sans le moyen desquels il est humainement impossible d'en comprendre un mot. Sans eux, c'est une errance vaine dans un labyrinthe obscur.* ». La plupart des physiciens et mathématiciens sont d'accord pour l'origine de cette mathématisation : 1726 lors de la publication de Principia mathematica de Newton et du commencement du calcul différentiel. Effectivement, les

mathématiques sont devenus avec la méthode de calcul différentiel non pas un simple outil de description de la nature, mais a permis de produire des connaissances et des théories en physique, ce qui est depuis ce jour une première historique dont on ne savait pas si il fallait qualifier de connaissances mathématiques ou physiques.

Mais pourquoi les mathématiques ont, depuis ce jour, pris un tout autre sens ? Parce qu'on pourrait croire qu'il s'agit juste d'une nouvelle méthode de calcul qui décrit la nature dont on pourrait s'en priver après tout c'est simplement l'application des mathématiques pour décrire la nature comme auparavant. Selon Françoise Balibar, le terme « infiltration » serait plus approprié que le terme « application ». En effet, la deuxième loi de Newton (loi dans laquelle il y a eu le commencement de la mathématisation de la physique) s'énonce de la façon suivante : “ La mutation du mouvement est proportionnelle à la force motrice imprimée et ce fait dans la ligne droite dans laquelle cette force a été imprimée.”

A première vue, il y a rien de mathématiques, sauf un mot qui a une signification tout autre lorsque l'on prend au sens mathématiques du terme, il s'agit du mot : « mouvement ». Il est vrai que si le mouvement est un mot courant, c'est à cause de sa signification dans le langage courant, qui peut induire dans plusieurs erreurs de compréhensions. Pour éviter ces erreurs, Newton propose de distinguer le mouvement au sens vulgaire et le mouvement au sens mathématiques, pour lequel il a défini au sens mathématiques, une quantité appelée “quantité de mouvement ». Newton utilise alors le même mot mais pris dans son sens mathématiques. C'est pour cela qu'il faudrait prendre des précautions en disant que les mathématiques ne sont que des simples outils pour l'appliquer à la physique, car cette pensée ne prend pas en compte la substitution qu'à fait Newton entre le sens vulgaire du mouvement et son sens mathématiques.

Le calcul différentiel a été inventé pour pouvoir écrire d'un point de vue mathématiques l'énoncé de la deuxième loi. C'est à partir de ce moment, que l'on peut considérer qu'il y a eu une certaine mathématisation de la physique contaminant tout le monde et le domaine scientifique. De nombreux mathématiciens de renom s'appropriant ainsi cette nouvelle méthode de calcul tel que Euler, D'alembert, etc.

Un siècle plus tard, Gauss s'est posé une question fondamentale :

A quoi ça sert de mathématiser ?

Gauss s'est attardé sur cette question. L'intérêt de la mathématisation est :

- de donner à la physique une forme de certitude qui est propre aux mathématiques
- de donner aux énoncés de physiques le même degré de certitude que les calculs mathématiques.

Mais Gauss explique que cette mathématisation n'a de sens que si les résultats de l'expérience sont conformes aux résultats provenant des calculs mathématiques. On remarque d'ailleurs que ce n'est jamais le cas, et aujourd'hui l'objectif de la physique expérimentale c'est de s'approcher de ces valeurs. C'est pour cela que Gauss a contribué à cette mathématisation avec tous les calculs d'erreurs sur les mesures ainsi que les méthodes permettant d'améliorer les mesures expérimentales.

Si l'on devait résumer :

La mathématisation de la physique s'est accentuée depuis Newton, si bien que cette tendance est devenue le critère même d'un modèle universel scientifique. C'est le degré de formalisation atteint qui attesterait désormais de la valeur scientifique des résultats. En conséquences, plus la mathématisation de la science progresse plus il y a un appauvrissement marqué de la langue dans la description des phénomènes étudiés. Ce processus est particulièrement marqué jusqu'au début du XXème siècle.

Si l'on revient à l'homme qui a scindé les mathématiques de la physique. Poincaré a, comme tous les autres, utilisé la mathématisation de la physique. Mais il s'est aperçu que la mathématisation permet d'émettre plusieurs théories (non pas qu'une seule) qui sont totalement équivalentes d'un point de vue purement mathématiques (c'est d'ailleurs ce qu'il démontre) mais aussi expérimentales. Il dit d'ailleurs qu'elles sont scientifiquement « équivalentes ». Pour Poincaré il est impossible de distinguer des théories physiques dont les conséquences sont équivalentes : « Tant que la physique est incomplète et que nous essayons de comprendre des lois inconnues (objectif de la mathématisation), les différentes formulations possibles peuvent suggérer ce qui se passent dans d'autres circonstances. ». Il explique alors que le but est de voir les différences entre les diverses théories puisqu'ils n'ont pas les mêmes allures (dans le sens où elles

sont équivalentes d'un point de vue mathématiques mais ne se ressemblent pas dans l'énonciation) et de chercher ce qui diffère entre elles.

Si l'on peut conclure, la façon qu'a Poincaré de concevoir le rôle des mathématiques au sein de la physique est légèrement différente de celle de Newton. Délaissant cette mathématisation de la physique, qui a lui-même beaucoup pratiqué et enseigné car il s'agit tout de même d'un socle nécessaire pour l'étude de la nature, afin d'inventer un autre mode d'intervention des mathématiques. On pourrait prendre l'analogie d'un critique littéraire consistant à comparer les théories mathématiques (nécessité d'utiliser la mathématisation de la physique) entre-elles, non pas en les mettant en compétitions, mais en analysant en quoi elles sont liées les unes aux autres.

De toute évidence, quelque soit le sens donné aux mathématiques et à la physique, ou l'intérêt de l'un ou de l'autre discipline, on se rend compte qu'elles sont intimement liées. La question qui peut être posée est alors :

Ce lien est-il suffisamment exploité aujourd'hui ?

Dans les programmes, qu'il s'agisse de ceux du collège ou du lycée, les mathématiques et la physique-chimie sont deux matières distinctes. Il est donc essentiel d'étudier de plus près s'il existe encore, dans l'école française, ce lien si particulier et tenter de découvrir l'origine du malaise que connaissent les élèves lorsqu'il s'agit d'apprendre la physique-chimie à l'école.

Chapitre 2 : Lien entre les mathématiques et la physique-chimie dans les écoles

Avant toutes choses, il paraît inévitable, d'étudier brièvement les programmes de mathématiques et de physique et de voir si il y a une corrélation entre les deux. Nous allons évidemment prendre les programmes de la réforme de 2019.

Puis, nous intéresser aux études TIMSS 2019 (Trends in Mathematics and Science Study) et PISA 2022 (Programme International pour le Suivi des Acquis des élèves) relèvent d'un intérêt car ils permettent :

- D'évaluer le niveau des élèves français en les comparant avec les autres élèves des pays membres de l'OCDE.
- De distinguer les domaines évalués lors de l'étude nous permettant de voir les domaines les moins appréciés par les élèves français.
- De possiblement observer une corrélation entre les mathématiques et la physique-chimie.

Pour finir, nous allons nous pencher sur deux autres enquêtes. L'une traitant de la réforme de 2011 et de ses conséquences, l'autre montrant les points faibles des élèves de sixième.

A) Les programmes de mathématiques et de physique-chimie :

Les programmes de mathématiques et de physique-chimie furent récupérés sur le site internet éducol. Le programme de physique-chimie montre de manière explicite que l'étude de certaines notions nécessite des prérequis mathématiques. Le programme de mathématiques quant à lui, insiste sur le fait qu'il est nécessaire de faire des liens entre les mathématiques et les autres disciplines (SVT, Physique-chimie, Science-économique...). En effet, dans les programmes de mathématiques, on peut retrouver le fait que : « *l'élève consolide sa compréhension de notions mathématiques [...] en les mobilisant dans des situations issues de la physique, chimie, ...* » ; « *Les problématiques liées au développement durable, [...] doivent figurer au coeur des préoccupations.* » ; l'utilisation des fonctions « *pour modéliser les évolutions temporelles de grandeurs (température, niveau des océans, consommation électrique, etc.)* »... Il s'agit ici que d'une ébauche de ce que le programme de mathématiques recommande, et on voit clairement que l'enseignement de celle-ci est recommandé en utilisant des liens avec des concepts physiques.

On pourrait à présent classer les différents outils mathématiques nécessaires pour la physique et observer à partir de quel niveau ils sont appris en mathématiques et utilisés en physique.

Pour cela, nous avons réalisé un tableau présent en annexe. Un exemple de ce tableau se trouve ci dessous :

Concepts	Physique-Chimie	mathématiques
Aires, volumes, conversions,...	Tout le cursus d'un élève du secondaire	Cycle 4 voire cycle 3
Pythagore, trigonométrie	Surtout en terminale spécialité (avec des problèmes de mécanique)	Cycle 4

Globalement, on remarque que les programmes sont en concordances. Les outils mathématiques nécessaires à la physique s'enseignent généralement un an auparavant ou la même année, mis à part quelques exceptions comme pythagore et la trigonométrie qui sont surtout nécessaires en spécialité physique-chimie alors qu'ils sont étudiés lors du cycle 4 en mathématiques.

Finalement, les deux programmes montrent une corrélation entre ces deux disciplines.

B) Etude TIMSS 2019

L'étude internationale TIMSS mesure les performances en sciences et en mathématiques des élèves (il s'agit des élèves de CM1 pour la France). L'étude permet de comparer le score des élèves français avec les autres pays de l'OCDE. Elle montre que globalement que le score des élèves français reste plus ou moins stable mais est en baisse depuis les années ultérieures. Les élèves français restent en dessous de la moyenne européenne avec un score de 485 points en mathématiques et 488 points en sciences.

L'étude se concentre sur deux niveaux d'enseignement, celui de CM1 et de 4ème.

Un intérêt supplémentaire est ici de pouvoir comparer non pas le niveau des élèves français avec les autres élèves de l'OCDE mais de suivre l'évolution d'un même groupe d'élèves français au cours de leur scolarité.

En 2019 il s'agit de plus de 58 pays qui participent à l'étude TIMSS, dont la majorité dans le monde Occidentale à l'exception de certains pays asiatiques comme la Chine et le Japon par

exemple. Bien que les résultats individuels soient confidentiels, le classement de la France permet de nous situer pour comprendre quelles pourraient être les origines du problème en physique-chimie et en mathématiques en écartant la biologie de l'équation.

L'étude consiste en une évaluation séparée du niveau en mathématiques et en physique-chimie, il nous permettrait donc de déceler les possibles corrélations entre le niveau de mathématiques et de physique-chimie des élèves.

Les résultats TIMSS démontrent la présence de fortes difficultés à la fois en physique-chimie et en mathématiques avec non seulement des scores en dessous de la moyenne des pays de l'OCDE mais également en dessous des points centraux des deux échelles TIMSS fixés à 500 en 1995.

Afin d'aller plus loin, simplement regarder leur niveau global n'est pas pertinent, il est intéressant d'étudier le niveau des élèves en différenciant les domaines évalués. Le classement TIMSS néanmoins va bien plus loin et évalue les élèves selon des critères cognitifs et dans des domaines disciplinaires bien précis, par exemple leur compétence "raisonner" dans le domaine de la géométrie. S'attarder sur ces données semble bien plus pertinent lorsque l'on croise leur niveau en physique-chimie et en mathématiques. Grâce à ce raisonnement, le lien entre mathématiques et physique-chimie pourra être affiné.

Il y a trois domaines mathématiques qui sont évalués, à savoir :

- Nombre
- Données
- Géométrie et Mesures

- La compétence « Nombre » mobilise les capacités algébriques des élèves. Savent-ils ce qu'est un nombre pair ? Quel est le plus grand nombre dans une sélection donnée ? Calculer ? Ou encore leur compréhension des opérations mathématiques telles que l'addition, la soustraction, la multiplication et la division, ainsi que leur compréhension des différents nombres existants comme par exemple les entiers, décimaux, fractions, etc.

- La compétence « Données » mobilise la capacité des élèves à lire et à remplir des graphiques mathématiques tels que des histogrammes, ou des tableaux, tous les outils mathématiques capables de présenter une base de données sous forme graphique.

- La compétence « Géométrie et Mesures » mobilise la connaissance des différentes figures géométriques existantes et à leur structure dans l'espace. La connaissance des angles, leur comparaison, la détermination de l'aire d'une figure, etc.

Ces catégories permettent d'observer à l'aide de données quantitatives le niveau des élèves français dans les différents aspects du domaine mathématiques. Elles permettront de déterminer le niveau des élèves en mathématiques en ciblant les compétences pertinentes en physique-chimie.

Les scores des élèves français sont résumés dans le tableau ci-dessous tiré de l'étude TIMSS 2019 :

Points centraux TIMSS	Score Globale	Nombre	Données	Géométrie et Mesures
500	485	480	476	498

L'étude de ces résultats compilée à la note d'information 20.46 permet de se rendre compte, avec plus de précision, de la compréhension réelle des élèves de CM1 lors de la résolution de problèmes mathématiques. Pour commencer le score globale est inférieur aux points centraux TIMSS, autrement dit, les élèves français, en mathématiques, sont en deçà du niveau considéré comme satisfaisant, selon les critères fixés par l'étude. Plus en détails, le score de 480 en « Nombre » et de 476 en « Données » est particulièrement éloquent. De par la définition de ces compétences données précédemment, bien qu'elles soient utiles au développement de la physique-chimie, les données qui sont les plus intéressantes sont celles du domaine « Nombre » et « Données ». En effet, les élèves ont une importante incompréhension de la nature des nombres qu'ils utilisent, ne faisant pas nécessairement, pour une large partie d'entre eux, la différence entre nombre entier, décimal, fraction, et tous calculs faisant intervenir des nombres de natures

différentes. Ils ne parviennent pas à appliquer les concepts mathématiques que l'on peut retrouver dans la vie courante.

Les résultats TIMSS démontrent également que, peu importe le domaine cognitif évalué (connaître, appliquer, raisonner), les élèves français se situent en dessous des points centraux TIMSS montrant une maîtrise insuffisante.

Les données pertinentes sont résumés dans le tableau ci dessous :

Points centraux TIMSS	Score Globale	Connaître	Appliquer	Raisonner
500	485	488	482	480

On remarque que la compétence évaluée avec le score le plus faible est « Raisonner ». La réflexion est pourtant un indispensable pour le développement cognitif chez un élève. Sa capacité à réussir et à performer dans une matière est fortement corrélée avec sa capacité à raisonner et cela quel que soit le domaine étudié, que ce soit scientifique ou littéraire. Elle entraînera donc nécessairement des problèmes dans la compréhension de nouvelles notions notamment en physique-chimie où le raisonnement logique et les démonstrations mathématiques sont effectivement des compétences que l'élève doit acquérir au cours de son parcours. Pour appuyer sur ce point, on pourrait aussi observer les résultats en physique-chimie où le score est de 477, score en inférieur aux points centraux TIMSS et mais surtout très proche du score « Raisonner », « Données » et « Nombre ».

Des résultats similaires sont montrés par l'étude TIMSS 2019 sur les élèves de 4ème en mathématiques. Les domaines mathématiques évaluées en 4ème sont plus nombreux et précis, ils comportent 4 domaines :

- Algèbre
- Statistiques et probabilités
- Géométrie
- Nombre et calculs

Les résultats des élèves dans les différents domaines sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Points centraux TIMSS	Algèbre	Statistiques et probabilités	Géométrie	Nombre et calculs
500	468	496	493	477

Les résultats les plus bas concernent le domaine « Algèbre » ainsi que le domaine « Nombre et calculs », les résultats sont bien meilleurs en « statistiques et probabilités » et en « géométrie » bien que toujours inférieurs aux points centraux TIMSS. Cela dénote d'une difficulté plus grande chez les élèves pour les domaines mathématiques susceptibles d'être utilisés en physique-chimie.

L'étude TIMSS est riche d'information, pour affiner ces résultats, il est possible de compiler ces données avec celles de l'étude PISA afin de compléter et d'approfondir notre réflexion.

C) PISA 2022 :

L'étude PISA est une évaluation qui vise à tester les différentes compétences des élèves de 15 ans au niveau de la lecture, des mathématiques et des sciences.

Nous allons nous intéresser au deux dernières études : 2018 et 2022.

En 2018, 6300 élèves ont participé à cette enquête (lycéens et collégiens). Le score moyen des français reste stable mais au dessus de la moyenne des pays de l'OCDE. « En France, la performance globale en culture mathématique est stable depuis 2012 ». Ce que nous pouvons noter de cette étude c'est que globalement, les élèves ont réussi à maintenir plus ou moins leur niveau que ce soit en mathématiques ou en sciences. Cependant, il faut prendre en compte que le niveau global des élèves ont baissés durant ces 20 dernières années.

En 2022, on constate qu'il y a eu une nette évolution. En effet, l'étude montre que les élèves français ont bien plus de difficultés à formuler des situations de façon mathématiques, ce qui pose réellement problème pour l'enseignement et l'apprentissage des notions en physique. Ce problème peut être associé à la compétence « Reasonner » de l'étude TIMSS qui, précédemment, rappelle

qu'il s'agit de la compétence avec le taux de réussite le plus bas. Elle note également que les résultats de 2022 sont parmi les plus bas jamais mesurés par l'enquête PISA que ce soit en lecture, en mathématiques ou en sciences. Toutefois on s'aperçoit qu'il y a une légère corrélation entre la baisse observée en mathématiques et en sciences. En effet les deux courbes sont des droites affines tandis que celle liée à l'évolution des résultats en lecture à une courbe plutôt parabolique.

Si l'on devait conclure sur ces études, que ce soit les études TIMSS et PISA, le niveau des élèves ne cesse de baisser (en mathématiques et en physique-chimie). On remarque que les compétences où les élèves ont des lacunes sont les compétences mathématiques les plus nécessaires pour l'apprentissage de la physique-chimie. Etant donné que les élèves ont de plus en plus de difficulté en mathématiques, une étude sur la réforme de 2011 concernant les lacunes que pouvaient rencontrer les élèves à cette époque pourrait être intéressant.

D) Réponses à des questionnaires sur la réforme du lycée :

Réforme de 2011 des lycées, la commission Inter-Irem Université à lancé un questionnaire en 2013 sur l'impact de cette réforme. La plupart des enseignants ayant répondu se trouve en filière S ou ES, et dont plus de la moitié a enseigné pendant plus de 10 ans en 1ère ou en Terminale.

En ce qui concerne la réforme, parmi les 283 enseignants, 241 ont identifié les modifications dans les connaissances des élèves par rapport aux années précédentes.

Les enseignants ont souligné lors de cette réforme plusieurs problèmes :

1. Le calcul
2. La géométrie
3. La trigonométrie et l'analyse
4. Un nouveau programme favorisant les connaissances superficielles et sans fondements (avec un manque d'implication des élèves)

Ils ont aussi mis en avance le fait qu'il y a eu un ajout de la programmation avec une présence des outils numériques indispensables pour l'enseignement et pour l'apprentissage de l'élève. En revanche, 62 % notent que « la disparition des équations différentielles qui permettent un lien entre la physique et les mathématiques ». D'autres disent qu'au vu de la disparition de la partie mathématique et du calcul en physique, il n'est plus possible d'effectuer de belles

modélisations. Cependant, ce questionnaire date de l'ancienne réforme, et avec la réforme de 2019, comme nous l'avons vu, les équations différentielles sont de nouveau bien dans les programmes du secondaire.

Concernant les lacunes des élèves, beaucoup remarquent:

- “ Grandes difficulté dans les calculs, utilisation de la calculatrice à tort (pour calculer racine de 1 ou $\frac{1}{2} + \frac{1}{3}$)”
- “ Factoriser, développer, résoudre des inégalités, deviennent vite compliqués pour eux”
- “L'apprentissage des notions calculatoires demande de la pratique, les élèves n'ont pas développé cette pratique. De plus le travail à la maison étant difficilement concevable, les enseignants ont du mal à faire travailler les élèves”

Au niveau de l'étude des fonctions : les lacunes en calculs reviennent souvent avec la notion de dérivées. Les élèves ont du mal avec cette notion et souvent disent : “A quoi bon faire ces études puisque la calculatrice peut quasiment la faire en entier” ce qui les démotivent. On pourrait pousser ce raisonnement avec l'apparition de l'intelligence artificielle dans nos vies. Les élèves seront sûrement davantage décourager et solliciterons probablement moins leurs compétences.

Effectivement, l'apprentissage des méthodes calculatoires demandent beaucoup de pratique. Selon eux, le manque de pratique vient du collège, et les élèves qui réussissent le mieux en science sont les élèves n'ayant pas de lacunes au niveau calculatoire

En somme les professeurs de sciences notent que le problème vient du fait que les formules des leçons sont souvent parachutées sans réel fondement (pas de démonstration ou d'explication sur l'origine de la formule malgré le fait qu'effectivement celles-ci sont contextualisées). Si l'on va un peu plus loin, pour les élèves qui continueront en sciences dans le supérieur, les professeurs notent que les élèves ont du mal avec les notions de démonstrations que ce soient d'un point de vue réalisation de la démo et l'intérêt de celle-ci.

Et enfin, ils notent également des lacunes dans la compréhension et la communication. Cela peut engendrer de nombreux problèmes dans la compréhension d'un exercice en sciences physique mais aussi lors d'une activité expérimentale où l'a communication est très largement sollicitée.

E) Note d'alerte du CSEN :

Comme nous l'avons vu, les précédentes enquêtes montrent le retard des élèves sur leurs acquis mathématiques. Une note d'alerte du CSEN (Conseil scientifique de l'éducation nationale) publiée en septembre 2023 nous permet d'étayer les précédentes enquêtes. Selon le CSEN, en mathématiques les élèves français occupent la dernière place en Europe dans cette discipline. Le CSEN a souhaité se pencher sur le cas de la compréhension des nombres des élèves de sixième et plus particulièrement sur les fractions. 6000 élèves à l'entrée de la sixième ont participé à cette étude. Plusieurs points ont été relevés lors des résultats de ce test :

En premier lieu, la plupart des élèves de 6ème ignorent le sens des fractions. Par exemple, 78 % des élèves ne savent pas placer $\frac{1}{2}$ sur une ligne graduée de 0 à 5 et la moitié des élèves ont été incapables de répondre à la question "Combien y a-t-il de quart d'heure dans $\frac{3}{4}$ d'heure ?".

En deuxième lieu, ces erreurs révèlent une confusion entre différents types de nombres : des erreurs dans les calculs, des erreurs dans la compréhension, ...

En troisième lieu, contrairement à ce que l'on peut penser, ce déficit de compréhension est présent dans tous les milieux socio-économiques. En effet, en REP, le taux d'erreurs lors de l'utilisation de fractions est de 85 %, dans les établissements privés et en HEP le taux d'erreur atteint tout de même 75 % et dans les écoles considérées comme les plus favorisées il y a 70 % d'échec.

Il faut ajouter à cela deux éléments très préoccupants qui justifient ce message d'alerte comme l'indique le CNES : Il n'y a aucune évolution positive depuis ces 3 dernières années, mais surtout ce déficit de compréhension continue de s'observer durant toute la scolarité même si le taux diminue d'année en année. On remarque que des élèves du lycée professionnel ont un niveau proche du niveau 6ème. Il s'avère que quel que soit le niveau de l'élève la compréhension et l'utilisation de ces outils mathématiques posent véritablement problème, or ces outils mathématiques sont indispensables à la mesure de n'importe quelle dimension physique. Dans un monde où les mathématiques et le numérique sont au cœur des enjeux, les générations futures risquent de souffrir de ce profond déficit.

Cette approche théorique sur l'histoire des sciences ou encore la vision que nous avons pu obtenir sur les élèves aux travers des différentes études et enquêtes comme PISA, TIMSS ou même la note du CSEN nous permet de préciser notre questionnement initial, à savoir :

Existe-t-il une corrélation entre le niveau des élèves en mathématiques et leur niveau en physique-chimie dans le secondaire ?

Nous pouvons à présent expliciter une problématique d'étude qui sera le sujet de ce mémoire et auquel nous allons tenter de répondre aux travers de divers études sur le terrain et analyse à savoir : **Quel est l'impact des mathématiques sur le développement des compétences en physique-chimie chez les élèves du secondaire ?**

Chapitre 3 : Méthodologie de recherche.

Il a été décidé que de part la nature de la problématique qui ne se concentre pas sur un niveau particulier du secondaire, mais bien, sur l'ensemble des niveaux rencontrés en EPLE (de la sixième à la terminale), qu'une seule hypothèse sera formulée afin de répondre à la problématique : **Le niveau de compétences développé en physique-chimie est lié aux acquis mathématiques.**

A) Description de l'hypothèse :

Il a été observé au travers du cadrage théorique que le niveau des élèves en mathématiques ainsi que leur niveau en physique-chimie étaient en dessous des moyennes des autres pays de l'OCDE. Néanmoins aucun lien fort n'est mis en évidence entre les deux disciplines. Le but de notre étude sera de valider ou de réfuter l'hypothèse formulée ci dessus afin de répondre à la problématique.

B) Cadre de notre étude :

Afin d'obtenir une réponse à la problématique étudiée et de valider ou d'invalider notre hypothèse, une série de mesures a été effectuée dans un collège, un lycée (dans l'académie de la Réunion) et également dans un collège de métropole (dans l'académie de Créteil). Nous allons dans cette partie détailler les données qui ont été recueillies.

Premièrement il a été décidé que nous traitons l'hypothèse à l'aide de deux approches différentes mais que nous trouvons néanmoins complémentaires. En effet certaines données ont été collectées afin de permettre une approche qualitative du problème tandis que d'autres permettent une approche quantitative. Il ne semble pas judicieux de se limiter uniquement à des entretiens ou à des questionnaires afin de résoudre le problème proposé.

Les données en notre possession sont les suivantes :

- Quatre entretiens divers réalisés avec des enseignants de collège et de lycée.
- Des bulletins pluriannuels concernant les classes de 4ème, 5ème et 6ème.
- Des copies d'élèves pour les niveaux de 4ème et 1ère enseignement scientifique

Ces données se justifient par la volonté de coupler approche qualitative et quantitative. Ils débutent d'abord par des entretiens permettant une ouverture qualitative sur le problème rencontré en physique-chimie.

Ensuite, des études quantitatives sont menées à l'aide des bulletins pluriannuels et de copies d'élèves afin d'observer, d'une méthodologie précise et de l'influence des acquis mathématiques sur le développement de nouvelles compétences en physique-chimie.

Enfin, il est à présent important de préciser les données recueillies, notamment la manière dont elles ont été collectées.

i) Les entretiens :

Quatre entretiens ont été réalisés auprès de quatre enseignants :

- Le premier en physique-chimie au collège en zone REP dans l'académie de la Réunion. Celui-ci a été complété par écrit par l'enseignant. L'entretien complet est disponible dans l'annexe 1.
- Le second avec aussi un enseignant de physique-chimie au collège en zone REP, mais cette fois ci dans l'académie de Créteil. Celui-ci avait pour objectif de déterminer si les problématiques rencontrées par les enseignants de la Réunion étaient des problèmes locaux ou si une portée nationale était à privilégier. L'entretien complet est disponible dans l'annexe 2.
- Le troisième avec un enseignant de lycée en physique-chimie dans l'académie de la Réunion. Il a été fait à l'oral puis retranscrit. L'entretien complet est disponible dans l'annexe 3.
- Le dernier en mathématiques au collège en zone REP. L'objectif étant d'en savoir plus quant à l'état de la discipline mais aussi de parler si il y a un potentiel lien avec la physique-chimie.

Dans le cas d'entretien similaire et ayant le même but, il est évident qu'une même méthode pour réaliser l'entretien aurait été souhaitable afin de limiter au maximum les divergences que cela pourraient produire sur la qualité des réponses obtenues. Je prends pour exemple le premier et le

troisième entretien qui ont la même portée dans l'étude menée ici. Le premier fut réalisé par l'enseignant de manière indépendante, celui-ci a donc eu tout le temps nécessaire pour réfléchir sur les questions sélectionnées et effectuer les recherches nécessaires si besoin. Le troisième a été réalisé à la méthode d'un interview, aucune préparation ne fut possible.

ii) Des bulletins pluriannuels concernant les classes de 6ème, 5ème et 4ème et les moyennes de brevet blanc :

Les bulletins pluriannuels furent obtenus pendant notre stage SOPA réalisé durant les deux années de Master MEEF dans l'académie de la Réunion. Un enseignant de physique-chimie de l'établissement nous les a fournis après anonymisations des données. Ils ne contiennent pas l'ensemble des moyennes des élèves mais se concentrent sur les matières à caractère scientifique et à caractère littéraire.

Les moyennes recueillies concernent :

- La physique-chimie
- Les mathématiques
- La SVT
- La technologie
- Le français

L'échantillon étudié comprend 78 élèves de collège en zone REP. Les bulletins pluriannuels d'élèves de lycée n'ont pu être obtenus empêchant une étude plus large sur le lycée.

Les résultats de brevet blanc furent obtenus à l'aide d'un enseignant de physique-chimie de l'Académie de Creteil. Les notes nous ont été transmis après anonymisation des données. Ces données ont pour objectif de compléter l'étude réalisée sur les niveaux du collège. En effet les bulletins pluriannuels ne concernaient pas les élèves de 3ème. Des relevés de notes de ces classes ont donc été obtenus afin de compléter l'étude réalisée. Il est important de noter que cela n'est pas optimal car nous changeons d'échantillons. Les bulletins pluriannuels avaient cet avantage de suivre l'évolution des mêmes élèves sur leurs années au collège. Ici nous obtenons des données d'élèves différents, dans une académie autre.

L'échantillon brute étudié concerne 217 élèves de collège en zone REP.

iii) Des copies d'élèves pour les niveaux de 4ème et première enseignement scientifique :

Les productions d'élèves furent récupérées en établissement, qu'il s'agisse de collège ou de lycée, et recouvrent les classes de 4ème et 1ère enseignement scientifique.

L'échantillon comprend :

- Une évaluation sommative de 4ème.
- Deux évaluations sommatives différentes de 1ère enseignement scientifique.

Les analyses de productions devront être nuancées. En effet, il ne s'agit pas des mêmes populations. Certaines sont au collège en zone REP et d'autres au lycée général et technologique. Les collèges REP concentrant une plus grande proportion de difficultés sociales, des problématiques supplémentaires sont présentes, mais ne seront pas analysées lors de ce mémoire.

Chapitre 4 : Analyse de données

A) Entretien avec une professeure de mathématiques au collège :

Lors de notre stage au collège Leconte de Lisle nous avons pu réaliser 2 entretiens en lien avec notre mémoire professionnalisant. Tout d'abord, nous avons pris le temps de discuter avec une enseignante de mathématiques qui a enseigné plus de 20 années au collège.

Elle nous a fait part de son expérience, de son ressenti et de l'évolution de sa matière. Dans un premier temps, elle nous explique qu'elle a suivi et vu de nombreuses réformes puisqu'elle enseigne au collège depuis 2001. Elle a remarqué une chute du niveau des élèves en mathématiques. Selon elle, il y a plusieurs explications de la baisse du niveau :

- Il y a eu beaucoup de notions supprimées. Nous pouvons prendre l'exemple des systèmes d'équations à deux inconnues qui ne se voient plus au collège mais au lycée.
- La simplification en général du programme de mathématiques. Le programme stipule que seul les définitions sont à connaître, les formules ne le sont pas.
- La relation enseignant/élève. Aujourd'hui ce ne sont plus aux élèves de s'adapter à l'enseignant mais à l'enseignant de s'adapter aux élèves. Selon elle, cela engendre des problèmes notamment sur le fait que l'enseignant se retrouve obligé de niveler par le bas les cours et les exercices. Ce nivellement provoque nécessairement une baisse du niveau moyen des élèves (et donc du niveau général), l'enseignant qui décide de ne pas baisser le niveau se retrouve à travailler seul où seulement avec certains élèves.

En ce qui concerne la relation entre les mathématiques et la physique-chimie. L'enseignante de mathématiques parle de la concordance des deux programmes. Les programmes de collège de ces deux disciplines ne seraient pas vraiment en concordance. Par exemple la proportionnalité qui est vue en 4ème en mathématiques est réellement utilisée en physique en 3ème ou en seconde. Pour autant, on a vu que les programmes de physique et de mathématiques semblaient être cohérents. Il se pourrait alors qu'un léger décalage dans les programmes engendre alors aussi des soucis dans l'apprentissage de l'élève.

Parfois, des outils mathématiques nécessaires à la physique ne sont pas enseignés de façon à ce qu'il soit utilisé dans le cadre de l'enseignement de ce dernier. Par exemple, on peut penser au puissance de 10 qui sont vus en physique à l'aide de formules mathématiques alors qu'en mathématiques ils sont vus d'une manière totalement différente. Cela peut entraîner un retard au niveau de la compréhension des élèves, ils auront alors du mal à voir la connexion entre ses deux matières et peut conduire à des lacunes dans les connaissances ainsi que les compétences demandées aux élèves pour réussir dans la matière. Si il y a un retard dans le programme de physique, les élèves pourraient s'interroger sur l'intérêt d'étudier ce concept mathématiques et donc probablement vite décrocher. Et à l'inverse, si il y a un retard au niveau des mathématiques, le concept physique serait probablement incompris et vu que très partiellement. C'est la raison pour laquelle les programmes de physique et de mathématiques doivent être le plus possible en concordance. Surtout, on voit la nécessité de la coopération entre les professeurs de mathématiques et de physique-chimie au collège.

Elle ajoute également que parfois le vocabulaire mathématique est différent de celui de la physique. En effet, on pourrait prendre par exemple la notion de vecteur. En mathématiques un vecteur à une direction, un sens et une valeur. La différence c'est que en physique, un vecteur a aussi un point d'application. Il y a aussi le cas des puissances de 10 : en mathématiques on parle de 10 exposant 4, en physique on parle de 10 puissance 4. Ces nuances peuvent perturber les élèves, surtout lorsque l'on veut leur montrer que ces disciplines sont intimement liées et qu'une bonne compréhension du cours en mathématiques est nécessaire pour l'étude des phénomènes physiques.

Mais pour essayer de limiter ces problèmes, l'enseignante utilise parfois des notions de physique dans son cours ou dans ses exercices de mathématiques comme le recommande le programme de mathématiques. Elle développe en disant que les enseignants essayent d'ajouter le plus possible d'exercice et d'exemple associé à la physique-chimie, car ils se rendent compte qu'il y a un progrès au niveau des élèves. Mais malheureusement, elle se rend compte effectivement que parfois que des élèves n'ont pas vu le cours correspondant en physique.

B) Entretien avec une enseignante de physique-chimie au collège (académie de la Réunion) :

L'entretien est composé de quatre questions disponibles en annexe.

L'enseignante a passé plus de vingt ans dans son collège et a principalement eu des élèves des classes de 6ème, 5ème et 4ème et rarement des 3èmes. Plusieurs éléments ont été soulevés :

Premièrement, une forte baisse du niveau des acquis des élèves, et ce depuis plusieurs années. Elle insiste fortement sur le fait que son établissement soit classé REP, ce qui selon elle, peut expliquer en partie le niveau « globalement faible ». De plus la baisse du niveau est « incontestable » dans l'établissement, nous citons : « En 20 ans d'enseignement au sein du collège, la baisse des acquis des élèves en physique-chimie, tous niveaux confondus est incontestable. ». Une telle déclaration est en accord avec les résultats qui ont pu être établis. En effet, dans le cas de l'étude TIMSS et PISA, on remarque également que le niveau des élèves est en baisse depuis les années 2000 et qu'en 2022, l'enquête PISA montre que les résultats « sont parmi les plus bas jamais mesurés ». L'enseignante appuie ses propos en expliquant que : « des notions de bases enseignées sans grande difficulté aux élèves il y a quelques années ont beaucoup plus de mal à être acquises de nos jours (notions de masse, de volume, unités de mesure,...)

Deuxièmement, les difficultés des élèves et leurs origines. Le fait que le collège soit classé REP fut le premier facteur à être évoqué. Les facteurs environnementaux sont prépondérants. En tant qu'établissement REP, il concentre une plus grande part d'élèves boursiers et d'élèves issus de catégories socioprofessionnelles les moins favorisées. Le problème ici semble donc être le cadre d'apprentissage des élèves et cette approche n'est volontairement pas prise en compte lors de notre étude afin de nous concentrer sur d'autres facteurs. Il est néanmoins important de le noter.

Le comportement des élèves face au travail. Il semblerait que toute forme de motivation et d'intérêt aient disparu chez les élèves (comme le souligne le questionnaire sur la réforme de 2011 qui explique que les élèves ont un manque général d'intérêt). L'intervenante questionne également la possibilité que les élèves n'aient plus cette habitude à travailler : « dû au fait qu'ils n'ont pas eu l'habitude de travailler à la maison avant l'entrée au collège ? ».

La maîtrise de la langue est « primordiale en physique-chimie » et cette non-maîtrise semble prendre également plus en plus d'ampleur. Effectivement, « les élèves ont une maîtrise du

langage de plus en plus faible » selon l'enseignante. Il y a une baisse notable de la lecture et de l'écriture chez l'élève ce qui se traduit par un appauvrissement lexical pouvant freiner le bon déroulement de leur apprentissage. Il est question ici de la lecture mais également, plus en général, de compréhension de la langue ou d'écriture : « L'écriture peut être parfois illisible et les phrases formulées incompréhensibles » ; « lisent et écrivent de moins en moins bien » ; « Beaucoup de difficultés en lecture [...] et lisent sans comprendre », entraînant :

- une relecture difficile pour l'élève
- une correction compliquée pour l'enseignant
- des réponses souvent incomplètes ou hors sujet
- des défauts dans la compréhension et dans l'assimilation des notions

Cela montre l'importance de la maîtrise de la langue pour l'apprentissage de la physique-chimie.

Troisièmement, les lacunes en mathématiques. La physique-chimie est encore très qualitative en 6ème et 5ème ce qui permet de ne pas ressentir de réel blocage dû aux mathématiques encore absentes. Selon l'enseignante, la mathématisation de la physique-chimie se fait à partir de la 4ème. Bien qu'encore légère, elle provoque « une désaffection pour la matière » avec l'ajout « de la réalisation de dispositifs de mesure, l'interprétation des résultats de mesure ou encore l'utilisation de formules mathématiques ». Chez certains élèves, les opérations de bases ne sont pas maîtrisées. Le raisonnement mis en place en mathématiques demeure un mystère pour beaucoup d'élèves comme le montre l'entretien : « La manipulation d'une formule mathématiques apparaît comme abstraite et souvent incompréhensible. ». Ces propos sont en adéquations avec l'étude TIMSS ainsi qu'avec la note d'alerte du CSEN.

Pour conclure, il est incontestable que les mathématiques jouent un rôle crucial en physique-chimie. Son degré de compréhension est lié à la capacité d'un élève à acquérir de nouvelles compétences en physique-chimie. Néanmoins d'autres problématiques toutes aussi importantes que celle liée au mathématiques ont été soulevées : les facteurs environnementaux, le manque de travail et la non-maîtrise de la langue. Afin d'aller plus loin il serait intéressant de comparer les résultats précédents avec ceux d'une académie autre que celle de la Réunion

C) Entretien avec un enseignant de physique-chimie au collège (académie de la Créteil) :

L'enseignant, titulaire depuis deux ans, enseigne dans un collège de l'académie de Créteil. Il s'agit du seul enseignant de physique-chimie au collège. Deux éléments ont été soulevés :

Le faible niveau des élèves. Les difficultés proviennent aussi en partie d'un manque de compréhension de l'outils mathématiques. Les notions de base dans le cadre d'un apprentissage efficace en physique-chimie comme : la proportionnalité, les conversions et l'utilisation de lettre dans des équations sont mal maîtrisées. Beaucoup d'erreurs d'ordre de grandeur sont observées : « un escargot de 69m » ou « une règle de 45m » semble être des dimensions cohérentes pour l'élève. La baisse du niveau concorde avec l'entretien ci-dessus ainsi que les résultats des études TIMSS et PISA.

L'incompréhension des textes et des questions. En effet, l'enseignant explique que : « lors du dernier brevet blanc, la première question était : En lisant le document, donner l'année à laquelle la sonde Eosetta a été envoyée ? Beaucoup d'élèves n'ont pas réussi cette question. » Il ne s'agit que d'un exemple parmi tant d'autres. Cependant ce manque de vocabulaire qui affecte l'apprentissage de la physique-chimie semble se reproduire que ce soit dans l'académie de la Réunion ou dans une académie métropolitaine. Les problématiques liées au français et à l'appauvrissement du vocabulaire est donc bien une donnée nationale et non régionale.

D) Entretien avec une enseignante de physique-chimie au lycée :

Après avoir analysé et interprété les différents entretiens, nous voulions en faire de même avec le lycée. Pour se faire, on s'est entretenu avec une enseignante de physique qui avait elle aussi de l'expérience que ce soit au collège mais aussi au lycée. L'enseignante que nous avons interviewé au lycée enseigne en seconde général, première et terminale spécialité. Concernant le niveau de ces élèves, elle explique que c'est surtout en seconde que l'on voit les grosses lacunes en mathématiques : « Le problème qu'on a c'est les maths évidemment ». D'après elle, cela vient du fait qu'au collège, les élèves font relativement peu de physique « peu d'élèves ont fait sérieusement

de la physique au collège ». L'exigence est moindre alors que les programmes de collège sont plutôt complets et englobent tout ce que les enseignants de physique ont besoins pour l'enseignement au lycée (que ce soit en mathématiques ou en physique). Lorsqu'ils arrivent en seconde leur principal blocage c'est bien les mathématiques pour la physique et pas nécessairement la physique en elle même. De plus, tout comme l'enseignante de physique qu'on a pu interviewer en REP au collège Leconte de Lisle, elle ajoute que le français peut entraver certains élèves « ils sont pour beaucoup d'entre eux en difficultés mathématiques pour la physique et une autre part en français ».

En première et terminale spécialité, les élèves s'en sortent généralement tous très bien mais celles et ceux qui ont des difficultés dans la matière, sont les élèves n'ayant pas pris la spécialité mathématiques. L'écart entre un élève qui a pris la spécialité mathématiques et un élève ne l'ayant pas prise est flagrant sur les résultats en physique-chimie et « il y a une répercussion sur toute la terminale ». L'élève aura du mal « à suivre les démonstrations mathématiques » dans le cadre d'un cours ou d'une résolution de problème en physique. Les programmes de physique-chimie, surtout en spécialité, demandent beaucoup de prérequis mathématiques afin de suivre l'enseignement alors qu'un élève ayant un programme plus complet, plus poussé et des heures supplémentaires en mathématiques aura bien plus de facilité qu'un élève ne l'ayant pas.

En conclusion, selon l'enseignante, la principale lacune des élèves que l'on retrouve au lycée c'est bel et bien les mathématiques même si d'autres paramètres comme le français peuvent altérer l'apprentissage de la physique. La maîtrise du français est effectivement nécessaire pour une bonne compréhension des phénomènes physiques et chimiques étudiés dans le secondaire. Cette non-maîtrise entraîne un manque cruel de vocabulaire et ne facilite pas l'apprentissage ou l'enseignement de la physique-chimie. Il peut y avoir plusieurs causes, selon elle cela est dû : à une façon d'enseigner le français qui a changé ; de l'école ou de la classe où l'élève a appris le français ; ou parfois à un problème d'interférence linguistique (créole/français) qui peut parfois amener à un manque de pratique du français.

De toute évidence, que ce soit à travers les enquêtes PISA, TIMSS ... le niveau des élèves est en baisse. Certains parlent même de chute du niveau. Vers les années 2000, « c'était un bon

niveau, enfin les exigences étaient relativement forte dès la seconde » mais depuis 2010 « ça n'a fait que baisser et baisser ». Il est certain que le niveau est en baisse mais il est vrai que depuis la réforme de 2019, les programmes de spécialité en physique sont plus complets et que depuis les années 2010 « on a un peu fait marche arrière, et on leur demande un peu plus qu'avant ». Bien qu'en seconde « il n'a pas vraiment eu de changement » le niveau est toujours aussi faible et qu'en spécialité il y a encore du travail avant d'atteindre « le niveau des années 2000 mais on s'en rapproche ».

E) Bulletin pluriannuel :

Afin de valider ou d'invalider notre hypothèse, une étude statistique sera réalisée afin d'exploiter les bulletins pluriannuels ainsi que les résultats de brevets blancs. Cette étude aura pour objectif de déterminer si le niveau de mathématiques des élèves peut engendrer une modification de leur niveau en physique-chimie. Pour ce faire, une mesure de corrélation et de dépendance entre les résultats de mathématiques et de physique-chimie sera réalisée à l'aide de grandeurs statistiques qui seront présentées.

Deux grandeurs statistiques ont été sélectionné afin d'étudier un tel lien :

- Le coefficient de corrélation de Pearson.
- Le test du Chi Carré de Pearson.

Le test de corrélation de Pearson est une première étape intéressante avant de passer à une grandeur plus complète et plus forte qu'est le test du Chi Carré. Il permet de s'assurer de l'existence ou non d'une corrélation entre nos variables, ici les résultats en physique-chimie et les résultats en mathématiques. Il est important de noter qu'il faut être très vigilant quant aux résultats obtenus par ce test car il ne démontre qu'une corrélation entre variables, et ne peut pas aller jusqu'à démontrer une dépendance.

Afin de mieux comprendre les résultats que nous obtiendrons, une présentation succincte du test de corrélation de Pearson sera détaillée. Il s'agit d'une grandeur statistique comprise entre -1 et

1. Les détails mathématiques seront épargnés. Les résultats obtenus sont calculés à l'aide de logiciels intégrant cette grandeur mais peuvent être obtenus par simple application d'une formule mathématique et définition de ses variables.

Un coefficient de Pearson supérieur à 0,5 démontre une corrélation positive forte entre les variables, c'est-à-dire que l'augmentation d'une des variables implique l'augmentation de l'autre.

Un coefficient de Pearson inférieur à -0,5 démontre une corrélation négative forte entre les variables, c'est-à-dire que l'augmentation d'une des variables implique la diminution de l'autre.

Un coefficient de Pearson compris entre -0,5 et 0,5 implique qu'il n'y a pas de corrélation entre les variables.

Ce premier test est un préambule à l'étude de dépendance qui sera effectué à l'aide du test du Chi Carré de Pearson. En effet, si le test du Chi Carré de Pearson parvient à démontrer une dépendance entre variables, il n'exhibe en rien les relations de corrélation qui existent entre elles, relations qui seront démontrables à l'aide du coefficient de corrélation de Pearson.

Le test du Chi carré de Pearson permet de calculer à l'instar du test précédant une grandeur statistique. Celui-ci permet de réaliser divers tests, néanmoins seul un sera conservé car utile à notre étude, c'est le test d'indépendance. Il a pour objectif de déterminer si deux variables sont indépendantes ou non.

Là où le coefficient de corrélation de Pearson pouvait utiliser des variables continues afin d'être obtenu, il n'en est pas de même pour le test du Chi Carré de Pearson, celui-ci requière des variables catégorielles. Il faut donc avant de pouvoir l'utiliser, catégoriser nos variables, les catégories choisies seront donc arbitraires et d'autres auraient pu être utilisés. Les catégories choisies sont celles souvent utilisées en France à savoir la catégorie en niveau en compétence :

- Très insuffisant (TI) pour des notes inférieures à 4,99
- Insuffisant (I) pour des notes comprises entre 5 et 9,99
- Passable (P) pour des notes comprises entre 10 et 11,99
- Assez Bien (AB) pour des notes comprises entre 12 et 13,99
- Bien (B) pour des notes comprises entre 14 et 15,99
- Très Bien (TB) pour des notes supérieures à 16

Une fois ces catégories créées, le test du Chi Carré peut être mis en place. Il s'agit d'un test d'indépendance et nécessite l'élaboration d'une hypothèse nulle afin d'être réalisée. Cette hypothèse sera notée H_0 : « Les moyennes en mathématiques et en physique-chimie sont indépendantes ». Il faut également établir une hypothèse alternative au cas où celle-ci soit rejetée, naturellement elle sera notée H_1 : « Les moyennes en mathématiques et en physique-chimie sont associées ».

Par la détermination de la valeur numérique du Chi Carré et de sa valeur-limite défini dans le cadre de notre étude, nous pourrions rejeter ou non l'hypothèse nulle.

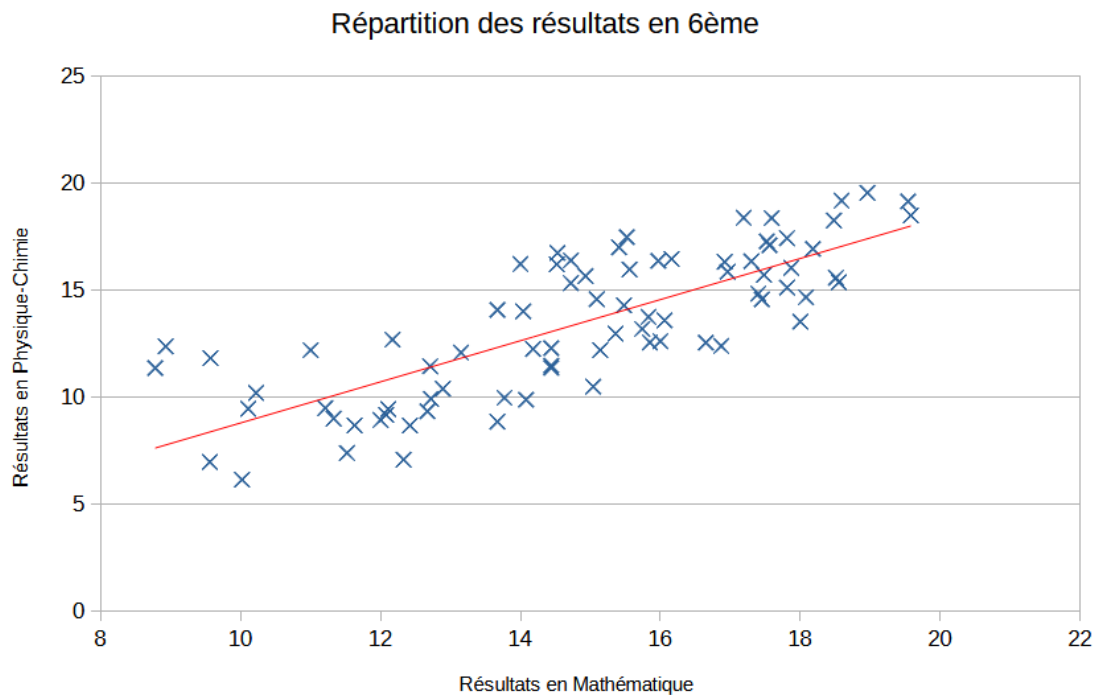
Si la valeur du Chi Carré est inférieure à sa valeur critique, l'hypothèse nulle ne pourra pas être rejetée et nous ne pourrions pas statuer de la dépendance des variables.

Si la valeur du Chi Carré est supérieure à sa valeur critique, l'hypothèse nulle pourra pas être rejetée et nous ne pourrions statuer d'une dépendance entre les variables.

La détermination du coefficient de corrélation de Pearson sera déterminée pour les 4 niveaux que l'on retrouve au collège.

i) Résultats de 6ème

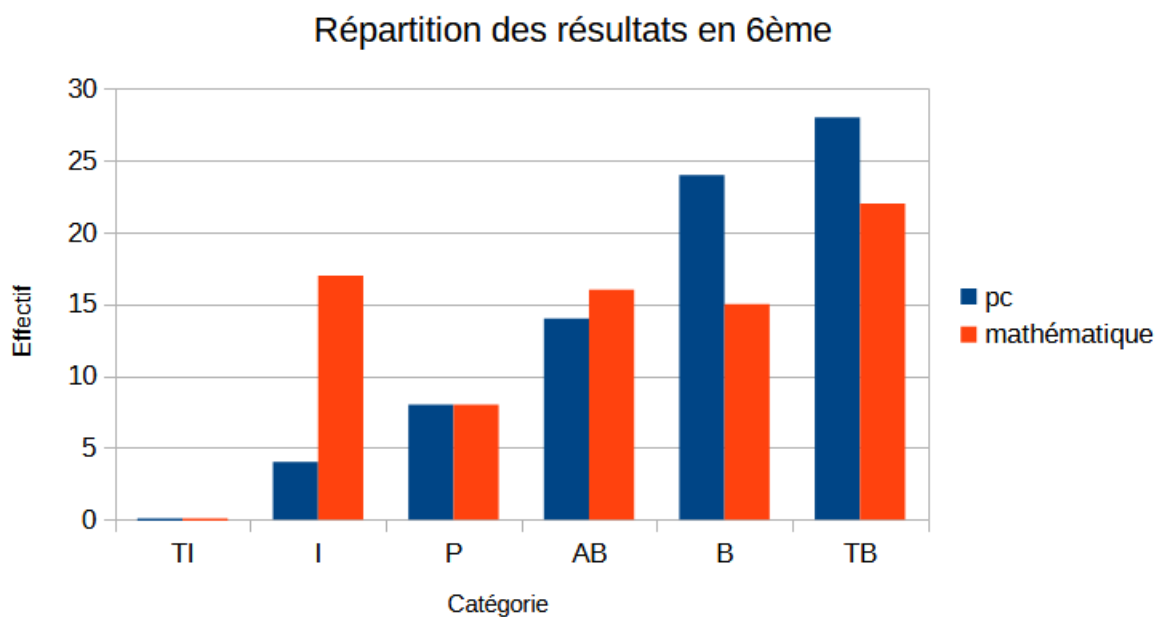
Pour rappel, l'étude porte sur un effectif de 78 élèves et compare leurs moyennes de physique-chimie et de mathématiques, leurs résultats sont présentés dans la figure ci-dessous :



Ce graphique permet d'observer la distribution des résultats de physique-chimie en fonction des résultats en mathématiques avec des classes de 6ème. Le coefficient de corrélation dans ce cas est de 0,79, il y a donc une corrélation positive forte entre résultats de physique-chimie et résultats de mathématiques.

Effectuons à présent le test d'indépendance afin de déterminer si cette corrélation peut s'accompagner d'une dépendance.

Après catégorisation des variables, la distribution des résultats est fournie sur le graphique ci-dessous :

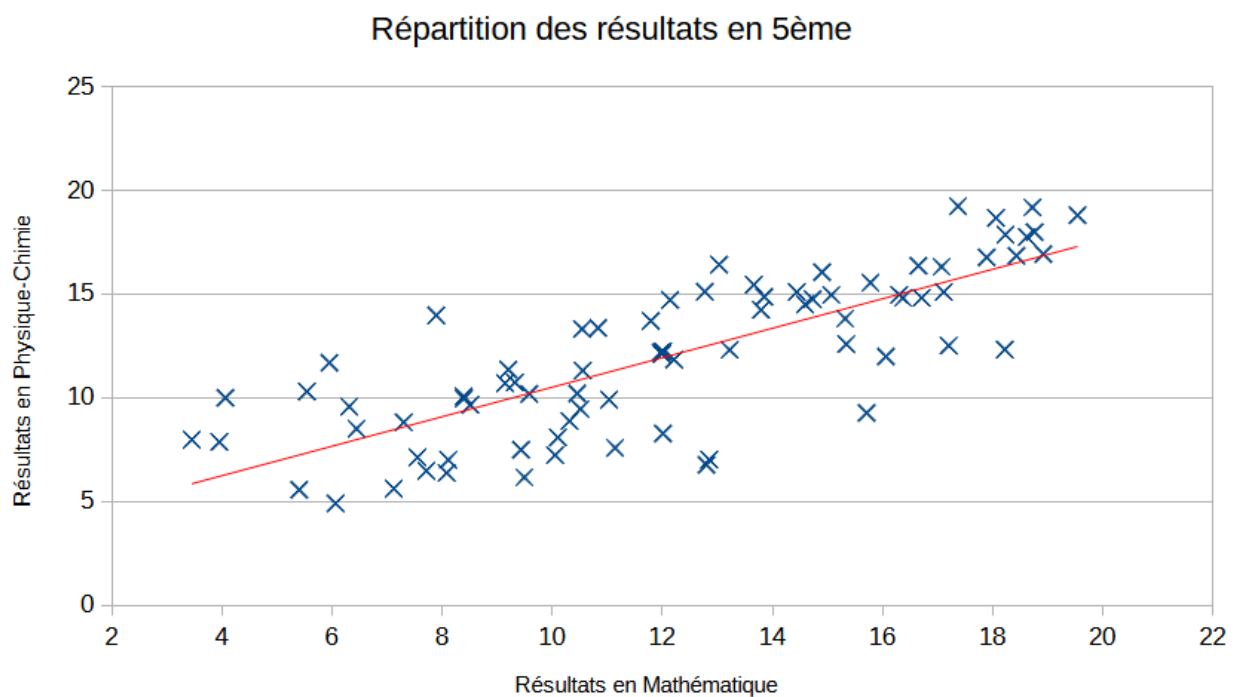


La valeur du Chi Carré est de 10,97 tandis que celle de sa valeur critique est de 11,07. Une valeur de Chi Carré inférieure à sa valeur critique implique que l'hypothèse nulle ici rappelée : « Les moyennes en mathématiques et en physique-chimie sont indépendantes », ne peut être rejetée. Cela signifie que le test dans ce cas de figure ne permet pas d'aboutir à une conclusion.

Les résultats sont donc fortement corrélés en 6ème néanmoins aucune dépendance entre eux ne peut être affirmés.

ii) Résultats de 5ème

Ce graphique permet d'observer la distribution des résultats de physique-chimie en fonction des résultats en mathématiques avec des classes de 5ème.

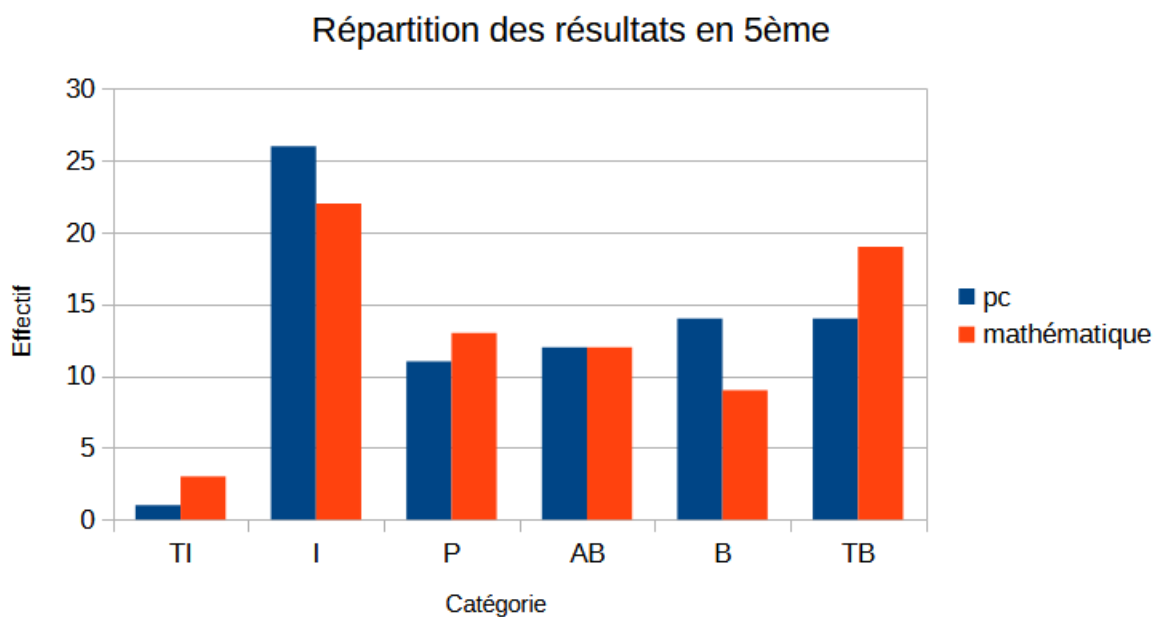


Ce graphique ne semble pas être très différent de celui étudié précédemment, ce qui laisse présager une corrélation forte.

Le coefficient de corrélation dans ce cas est de 0,79, il y a donc une corrélation positive forte entre les résultats, comme attendu au vu de la répartition des résultats.

Effectuons à présent le test d'indépendance afin de déterminer si cette corrélation peut s'accompagner d'une dépendance entre les variables étudiées.

Après catégorisation des variables, la distribution des résultats est fournie sur le graphique ci-dessous :



À première vue, la répartition des résultats semble quasi équivalente, ce qui semble indiquer une dépendance entre ces résultats. Néanmoins afin d'en être sûr, la détermination du Chi Carré est indispensable.

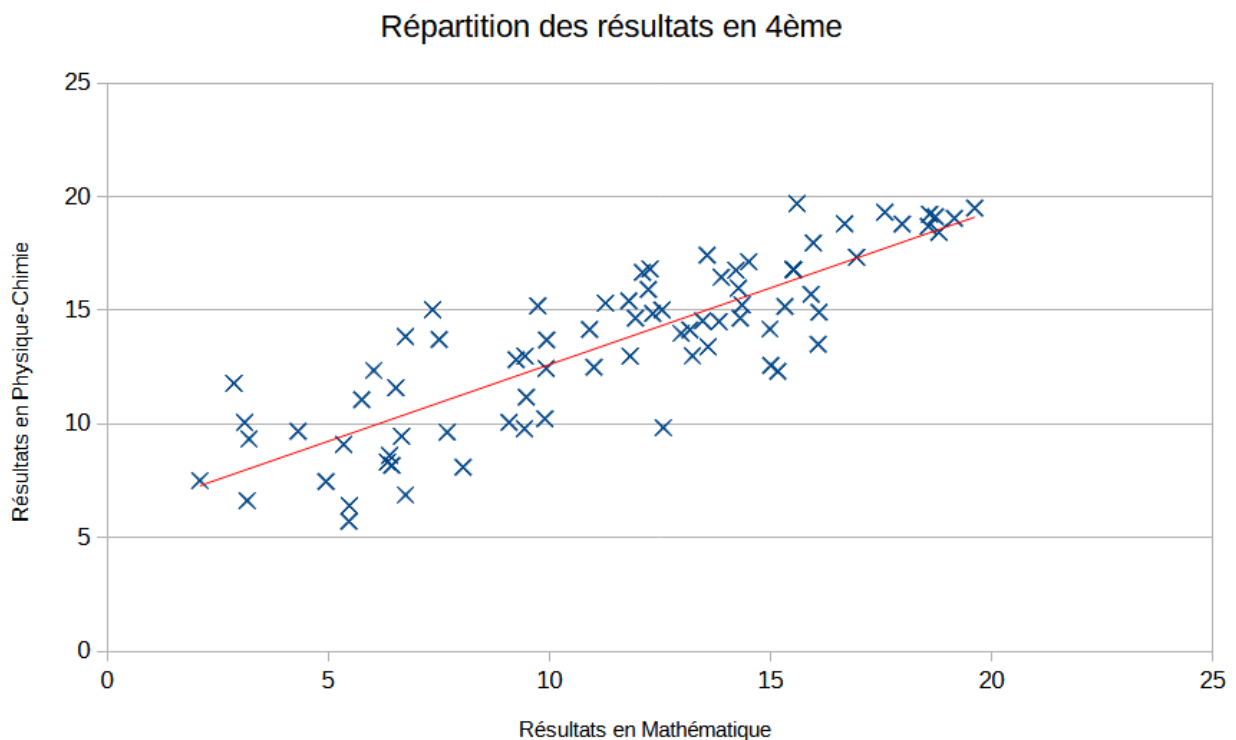
La valeur du Chi Carré est de 3,34 tandis que celle de sa valeur critique est de 11,07.

Une valeur de Chi Carré inférieure à sa valeur critique implique que l'hypothèse nulle ne peut être rejetée. Cela signifie que le test dans ce cas de figure ne permet pas d'aboutir à une conclusion.

Les résultats sont donc fortement corrélés en 5ème néanmoins aucune dépendance entre eux ne peut être affirmés.

iii) Résultats de 4ème

Ce graphique permet d'observer la distribution des résultats de Physique-Chimie en fonction des résultats en mathématiques avec des classes de 4ème.

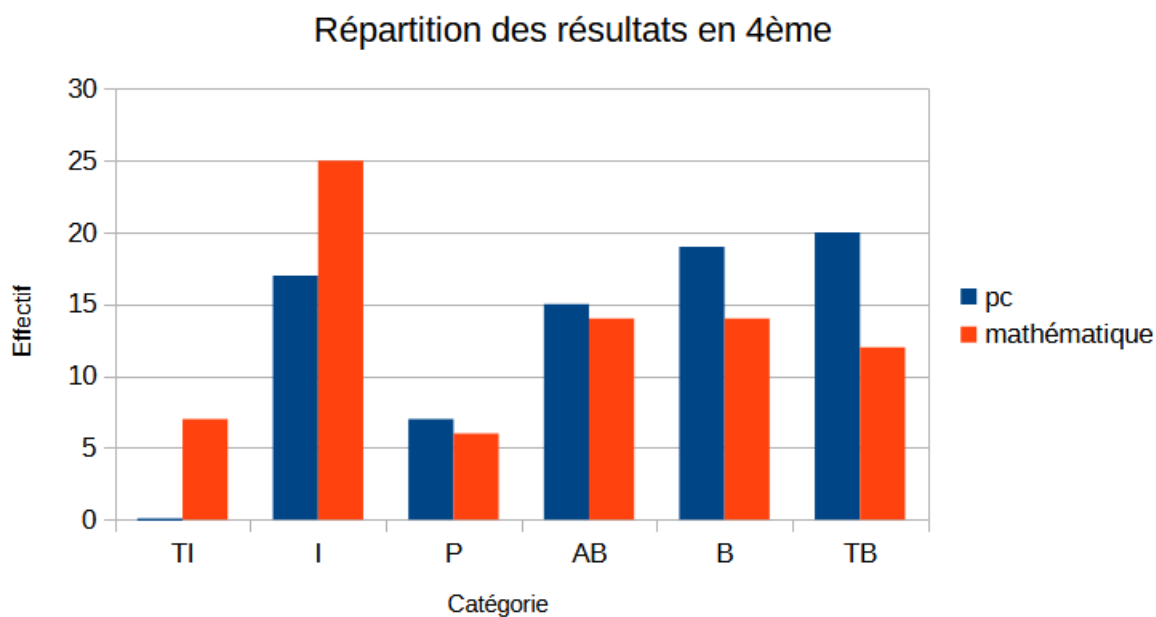


Ce graphique ne semble pas être très différent de celui étudié précédemment, ce qui laisse présager une corrélation forte.

Le coefficient de corrélation est de 0,85, il y a donc une corrélation positive forte entre les résultats. Il est intéressant de noter que cette corrélation est plus forte qu'en classe de 6ème et de 5ème. Cela signifie que plus les résultats en physique-chimie sont élevés, plus il en sera de même en mathématiques. La réciproque sera également juste : plus des résultats de physique-chimie seront faibles, plus ceux de mathématiques suivront. Il est important de rappeler que ce coefficient ne statue en aucun cas d'une causalité entre les variables.

Afin d'aller plus loin, continuons avec le test de dépendance.

Après catégorisation des variables, la distribution des résultats est fournie sur le graphique ci-dessous :

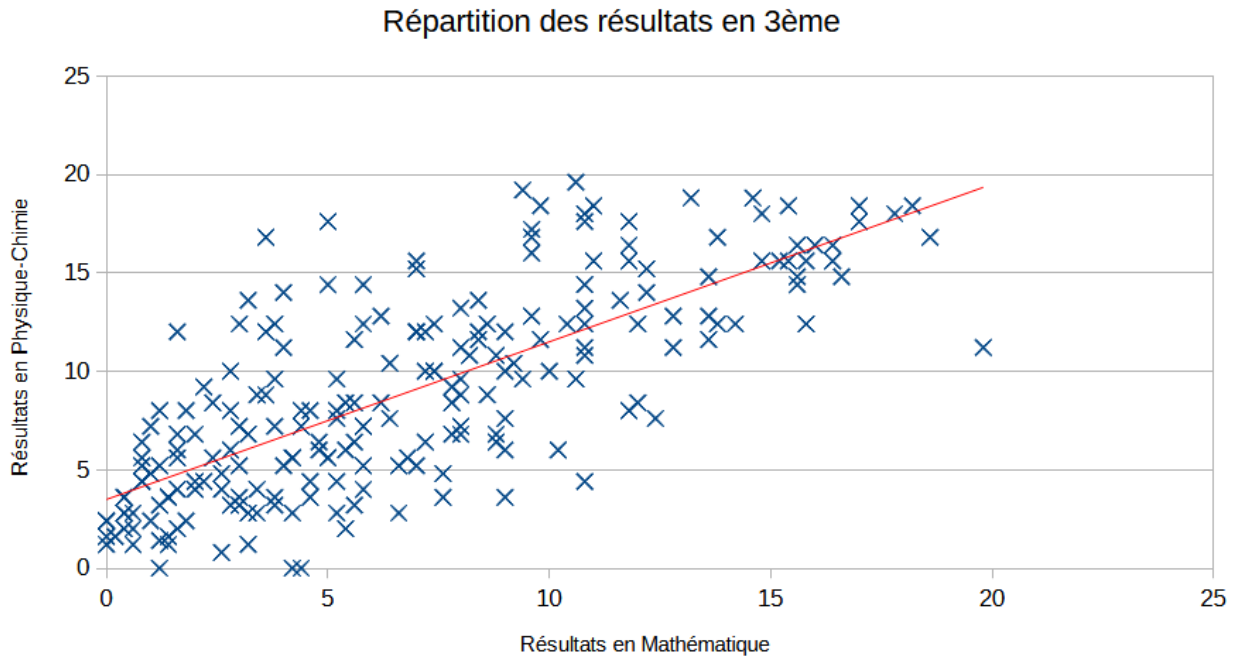


La valeur du Chi Carré est de 11,39 tandis que celle de sa valeur critique est de 11,07.

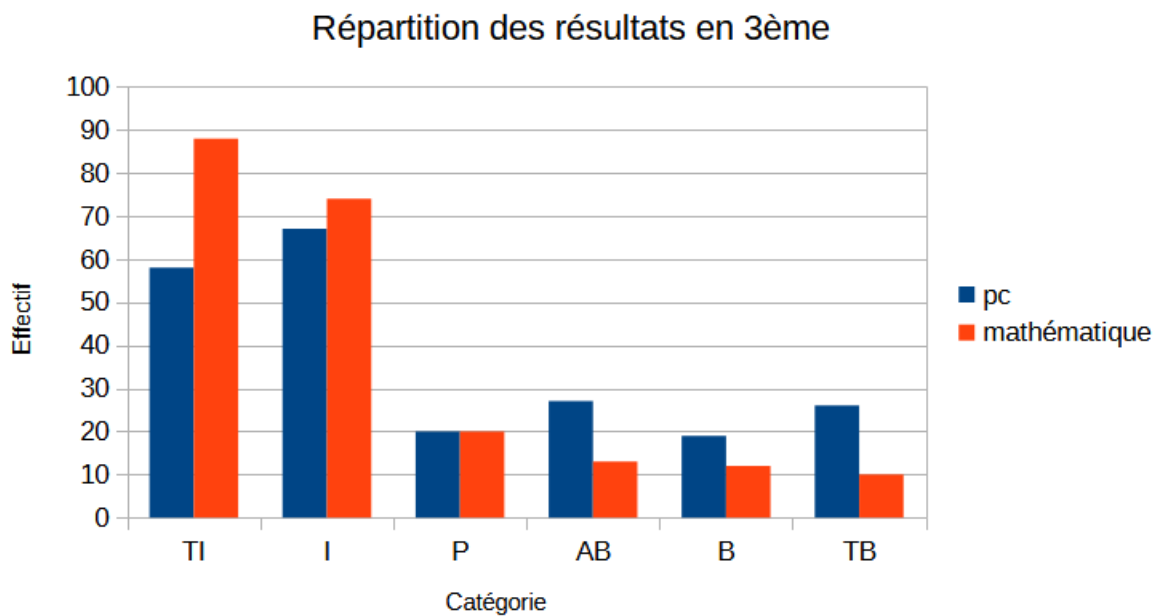
Une valeur de Chi Carré supérieure à sa valeur critique implique que l'hypothèse nulle peut être rejetée, ainsi il s'agit de l'hypothèse H1 : « Les moyennes en mathématiques et en physique-chimie sont associées » qui est conservée. Il peut donc être certifié qu'au vu de l'échantillon étudié, il y a bien dépendance entre résultats en physique-chimie et en mathématiques pour un élève de 4ème. Ceci est en adéquation avec les résultats obtenus à l'aide de l'entretien réalisé au collège qui spécifie que la mathématisation de la matière débute sur ce niveau. Il ne s'agit donc plus d'une simple donnée qualitative remarquée par l'enseignant au cours de sa carrière mais bel et bien d'une dépendance affirmée par l'étude statistique ici réalisée.

iv) Résultats de 3ème

Pour rappel, l'étude porte sur un effectif de 217 élèves et compare leurs moyennes de physique-chimie et de mathématiques lors d'une épreuve de brevet blanc, leurs résultats sont présentés dans la figure ci-dessous :



Le coefficient de corrélation dans ce cas est de 0,75, il y a donc une corrélation positive forte entre les résultats.



La valeur du Chi Carré est de 20,10 tandis que celui de sa valeur critique est de 11,07. Tout comme pour les résultats de 4ème, le test ici statue d'une dépendance entre résultats de physique-chimie et résultats de mathématiques.

v) Conclusion de l'étude statistique :

Les résultats importants de l'étude des bulletins pluriannuels ainsi que des notes de brevet blanc sont consignés dans le tableau ci-dessous :

6ème	5ème	4ème	3ème
Corrélation forte entre les variables	Corrélation forte entre les variables	Corrélation forte entre les variables	Corrélation forte entre les variables
Test non concluant	Test non concluant	Dépendance entre les variables	Dépendance entre les variables

Ces résultats sont en adéquation avec les entretiens réalisés en collège qui pointe tous d'une mathématisation croissante de la physique-chimie à partir du niveau de 4ème. Cette mathématisation est suffisamment conséquente pour impacter directement les résultats des élèves en physique-chimie. Passé le niveau de la 4ème, cette dépendance est également attestée en 3ème. Une étude complète sur les niveaux du lycée ne sera pas menée dans ce mémoire, néanmoins l'analyse de copies de lycéen sera menée afin d'initier ce travail et d'obtenir un vision plus large, et non restreinte sur le collège. Cette étude sera menée dans la partie suivante.

F) Analyse des copies de 4ème

Après avoir vu à l'aide des bulletins pluriannuels que les mathématiques devraient avoir un impact sur la physique à partir de la 4ème, nous allons donc nous intéresser alors à ce niveau. En effet, c'est à partir de cette classe que les notions mathématiques se voient être utile pour l'apprentissage de la physique, et cela se reflètent pas la concordance entre les moyennes de mathématiques et de physique. Afin de vérifier cela, nous avons décidé d'analyser 38 copies d'élèves de 4ème. Il s'agit d'une évaluation sommative, donc à priori d'une évaluation de fin de séquence où les élèves se sont préparés pour celle ci.

Dans notre analyse, nous avons comptabilisé les potentielles erreurs que les élèves pourraient commettre et nous avons séparé ces erreurs en 3 catégories : physique, mathématiques et français.

Les erreurs dites « physique », sont des erreurs issues d'une non-maîtrise du cours (définition, formule de cours $U=R*I, \dots$).

Les erreurs dites « mathématiques », sont des erreurs liées aux calculs ainsi qu'à l'utilisation d'outils mathématiques.

Les erreurs dites « français », c'est lorsque l'élève s'exprime mal (rédaction), ne comprend pas la consigne ou n'arrive pas à trouver des réponses se trouvant dans l'énoncé même.

Le tableau suivant nous donne alors le nombre d'erreurs trié dans les différentes catégories.

Erreurs physique	Erreurs mathématiques	Erreurs français
23	18	8

Au total, il y a 49 erreurs possibles. Les erreurs liées à la physique représentent 47 % des erreurs possibles, ceux en mathématiques 37 % et au français 16 %. On remarque alors que déjà les mathématiques ont une part importante dans le devoir de 4ème. Les élèves pour réussir le devoir devront éviter ces erreurs. Notre analyse aura pour but de vérifier à travers ces copies si les mathématiques sont impactantes, du moins si les acquis mathématiques auront une influence sur un devoir de 4ème afin de valider ou de réfuter notre hypothèse.

Pour cela, nous avons pris les copies des élèves et noté toutes les erreurs puis classé dans un tableau le nombre d'erreurs fait par les élèves (le tableau se trouvera en annexe).

Tout d'abord, sur les 38 élèves, la moyenne des erreurs faites : en physique de $6,4/23$, en mathématiques de $8,1/18$ et en français de $2,8/8$. Si on calcul en pourcentage cela représente 28 % en physique, 45 % en mathématiques et 35 % en français.

Globalement, là où les élèves font le plus d'erreurs, c'est sur les notions mathématiques. On remarque même que les erreurs de français sont plus fréquentes que celles de physique. Cela peut

s'expliquer par le fait qu'il s'agit d'un collège en REP (réseau d'éducation prioritaire), et donc où les difficultés liées au français sont plus importantes.

Ensuite, on peut aussi séparer le groupe d'élève en deux catégories : les élèves qui ont moins de 20 erreurs et ceux qui ont plus de 20 erreurs. En faisant la même étude, on remarque que les élèves ayant moins de 20 erreurs font peu d'erreur de français et de physique. En revanche, les mathématiques semblent être bien plus entravant. On peut interpréter cela par le fait que ces élèves ont en général moins de lacunes en français et apprennent davantage le cours par rapport aux autres (ce sont les meilleurs élèves) et donc explique pourquoi ils font davantage d'erreurs sur des notions mathématiques. Pour les élèves qui ont plus de 20 erreurs, on observe plus d'erreurs (ce qui est logique) et les mathématiques sont toujours un problème. Contrairement, aux autres, ces élèves font moins d'erreurs de physique et bien plus d'erreurs en français. En effet, cela peut s'expliquer par le fait que l'apprentissage du cours de physique n'est pas réellement le premier frein que rencontrent ces élèves mais plutôt que ce sont les lacunes des autres matières qui les bloquent plus qu'autre chose.

Si l'on devait résumer ces analyses de copies, il y aurait plusieurs points à souligner :

Premièrement, les mathématiques représentent une part importante dans l'apprentissage des concepts et de la résolutions d'exercices physiques.

Deuxièmement, elles font parties des lacunes les plus présentent que les élèves rencontrent.

Troisièmement, les mathématiques ne sont pas les seules causes qui impactent le développement des compétences en physique. Le français joue aussi un rôle majeur en ce qui concerne la compréhension des consignes, des concepts physiques et aussi dans la rédaction surtout lorsqu'il s'agit d'un collège en REP.

Maintenant, il serait intéressant d'évaluer et d'observer la part de mathématiques et de physique dans les copies de première enseignement scientifique et ainsi voir les conséquences des deux disciplines sur une copie au lycée.

G) Analyse des copies de première d'enseignement scientifique :

Nous allons maintenant analyser les copies de première enseignement scientifique. Pour les deux études suivantes, nous allons procéder légèrement différemment, contrairement aux copies de 4ème. En effet, ici, nous avons les notes des élèves alors que pour les copies de 4ème ne nous les avons pas.

i) 1ère étude :

L'évaluation sommative présente une note sur 20, et pour notre analyse, nous allons séparer l'évaluation en 2 parties.

La première partie aura une note sur 14, elle correspond à la partie purement physique. Il s'agira en partie, comme pour les copies de 4ème, à une partie exclusivement de cours.

La seconde partie aura une note sur 6 points. Elle correspond à une partie plus complexe où l'élève devra faire appel à des outils mathématiques pour la résolution des questions. Le choix de ne pas faire de partie en français ou de ne pas s'intéresser aux français à travers les copies est simple : il est plus difficile d'instaurer des questions qui sont liées aux compréhensions de consignes pour des élèves de première que pour des élèves de 4ème.

Un extrait du tableau sera présenté en annexe. A l'aide de celui-ci, on remarque que :

- parmi les élèves qui ont plus de 10/20, il y a 14 sur 27 élèves qui ont mieux réussi la partie 1 que la partie 2.
- parmi les élèves qui ont plus de 15, il y a 5 sur 12 élèves qui ont mieux réussi la partie 1 que la 2
- enfin, parmi les élèves qui ont moins de 10, il y a 11/13 qui ont mieux réussi la 1 que la 2.

Autrement dit, les élèves qui ont le mieux réussi le devoir ce sont les élèves qui ont réussi la partie mathématiques, du moins mieux réussi cette partie que l'autre. En revanche, les élèves ayant le moins réussi ce sont ceux qui ont davantage réussi la partie 1 que la 2. On peut l'expliquer par le fait que ces élèves connaissent plus ou moins leur cours de physique (définition, formule...) mais lorsque les mathématiques entre en jeu dans les problèmes, les lacunes se font ressentir. Mais

il est vrai que la partie 1 est globalement mieux réussie que la partie 2 (62,5 % des élèves ont mieux réussi la 1 que la 2). Cela veut dire que les élèves connaissent leur cours mais ont plus de mal sur la partie mathématiques/physique. Mais il faut faire attention, la partie deux est un mixte de notions mathématiques et de cours de physique. Il s'agit effectivement d'un devoir de physique où les notions mathématiques peuvent être présentes. La partie 2 n'est pas uniquement une partie avec que des notions mathématiques (ce n'est pas une évaluation de mathématiques), les mathématiques sont incluses dans le problème de physique.

Il est alors intéressant à présent d'étudier un peu plus la partie 2 (mathématiques/physique) qui inclut les mathématiques. Comme pour les copies de 4ème, nous allons trier les diverses questions en 2 catégories : erreurs liées aux notions de mathématiques et erreurs liées aux connaissances physique. Dans cette partie, on peut en repérer 11. Il y a 7 erreurs mathématiques et 4 erreurs de physique, soit la partie 2 est constituée 64 % de mathématiques.

Le tableau en annexe montre que globalement les élèves ont fait bien plus d'erreurs en mathématiques que des erreurs liées à la physique même. En effet, au total, on comptabilise 159 erreurs faites par l'ensemble des élèves. Parmi ces 159 erreurs, 109 sont liées aux mathématiques et 50 à la physique (soit 68 % des erreurs faites dans la partie 2 ont pour origine les mathématiques). Donc les observations faites restent toujours valables. Les mathématiques prennent une part importante dans le devoir, et les meilleurs élèves réussissent mieux la partie « mathématiques » que les autres qui ont eu des difficultés sur le devoir. On peut alors s'intéresser au second devoir traitant du même thème mais avec une forme différentes (présenté en annexe) et confirmer ou infirmer les observations faites pour ces copies.

ii) 2ème étude :

Nous allons procéder de la même façon d'analyse que les autres copies de première enseignement scientifique. La différence c'est que la première partie est sur 7 points et la seconde sur 13 points, donc la partie mathématiques donne plus de points. De plus il y a 2 élèves qui ont eu 20/20 au devoir et une personne ayant 10/20 qui ont réussi tout autant la partie 1 que la 2 (il a eu

10/20 à la partie 1 et à la 2). Ces 3 élèves ne seront pas pris en compte dans l'analyse car on ne peut pas dire si ils ont mieux réussi la partie 1 que la partie 2.

Parmi les élèves ayant eu plus de 10/20 il y a 6 élèves sur 16 qui ont mieux réussi la partie 1 que la 2. Parmi les élèves ayant eu plus de 15/20 seulement 2 élèves sur 7 ont mieux réussi la partie 1 que la 2. Alors que pour les élèves ayant eu moins de 10, il y a eu 5 élèves sur 7 qui ont mieux réussi la partie 1 que la 2. Cela est en concordance avec les premières copies de première enseignement scientifique que l'on a analysé. En effet, les meilleurs élèves réussissent mieux la partie dédiée aux mathématiques alors que les élèves présentant des difficultés sont plus à l'aise avec la partie 1 correspondant plus aux questions de cours.

On peut aussi s'intéresser à la partie 2 notamment aux erreurs des élèves. On a classé les erreurs en différentes catégories, et au total il y a 13 erreurs possibles dont 8 dûes aux acquis mathématiques. Il y a en tout, 135 erreurs commises dont 81 erreurs qui sont liées aux mathématiques et 54 erreurs liées à la physique, à la compréhension et au cours : soit 60 % d'erreur commises sont liées au mathématiques et 40 % liées à la connaissance du cours et des phénomènes physiques.

Les résultats de ces études de première scientifique coïncident. Les meilleurs élèves sont les élèves ayant des facilités en mathématiques. Les mathématiques que ce soit pour les élèves de 4ème ou de première enseignement scientifique, sont nécessaires au développement des compétences en physique-chimie. Les élèves ont de réelles lacunes en mathématiques, et cela se répercutent à travers les évaluations sommatives qui reflètent le niveau d'un élève sur un concept qui est ici purement physique.

Conclusion :

Pour conclure, en nous appuyant sur notre étude, on peut valider le fait que le niveau des compétences développées en physique-chimie est lié aux acquis mathématiques. En effet, nos résultats mettent en lumière une corrélation significative entre la maîtrise des concepts mathématiques et le développement des compétences en physique-chimie des élèves. Les élèves que ce soit au collège ou au lycée ont besoin de ces outils pour pouvoir résoudre ou comprendre un problème de physique ou de chimie. Les élèves ayant le plus de difficultés en mathématiques sont ceux qui généralement ont du mal à comprendre les notions qui sont enseignées en physique-chimie et par la même occasion de progresser dans ce domaine. Par ailleurs, nous avons observé que l'élève ayant des facilités en mathématiques a souvent tendance à mieux réussir en physique-chimie. Evidemment, cette relation est d'autant plus flagrante lorsque le concept physique recommande de maîtriser des prérequis mathématiques (proportionnalité, équation, vecteur, ...).

Cependant, il est important de reconnaître que ce n'est pas si simple. Ce n'est pas parce qu'un élève a des difficultés en mathématiques qu'il va forcément échouer lorsqu'il étudiera la physique-chimie ou alors, un élève excellent en mathématiques peut aussi avoir de réel problème lorsqu'il s'agit de comprendre des phénomènes scientifiques. Même si les mathématiques et les sciences physiques et chimiques sont intimement liées d'un point de vue historique, aujourd'hui ces deux disciplines sont belles et biens dissociés. Elles partagent toutes les deux des similitudes comme, l'utilisation de concepts plus ou moins abstraits, l'utilisation d'une certaine démarche de résolutions... Mais parfois, ces deux matières peuvent avoir des méthodes, des langages et des objectifs différents. Les mathématiques demandent souvent une rigueur irréprochable lors d'une résolution de problèmes tandis que la physique-chimie demande quant à elle du recul sur les concepts que l'on étudie (ordre de grandeur, cohérence,...). Certains élèves peuvent avoir une préférence et des facilités à conceptualiser et à visualiser des phénomènes physiques, d'autres préfèrent la rigueur des mathématiques.

De plus, on a pu aussi remarquer que les mathématiques n'étaient pas le seul problème. Le français joue aussi un rôle important lors du développement des compétences des élèves.

Tout d'abord, si l'on parle d'un environnement où les élèves ont de sérieuses difficultés en lecture et en compréhension écrite, le français peut être la principale source de problèmes. Si l'on prend l'exemple d'un collège en REP, la lecture est un axe prioritaire. Les élèves rencontrant des difficultés en physique-chimie ont en général de grosse lacune en ce qui concerne la lecture, la compréhension des consignes ou même la rédaction. Ce point est très problématique puisqu'au collège, les concepts abordés sont souvent très qualitatifs et requièrent surtout de la compréhension. Les lacunes en français vont se répercuter d'une part sur les consignes mais aussi sur les autres matières notamment les mathématiques qui on le rappelle sont tout de même nécessaires pour aborder des concepts en sciences physique et chimiques. C'est pour cela que le Français est une priorité en REP. Si l'on parle d'élèves qui n'ont pas forcément autant de lacunes avec le français, par exemple des élèves en lycée, le français peut aussi jouer sur la réussite des élèves. On peut penser lors des activités expérimentales où les élèves ont la compétence : communiqué. La nécessité de savoir rédiger un compte rendu, de savoir s'exprimer afin d'élaborer un protocole et de l'expliquer, peut dans certains cas pénaliser des élèves. Par ailleurs, au lycée les concepts sont plus poussés et le vocabulaire scientifique plus élaboré.

En outre, nous avons vu que les lacunes des élèves que ce soit en physique-chimie, mathématiques et en français, ne sont pas liés directement à un unique problème de compréhension ou d'apprentissage mais peut parfois provenir de facteur bien plus complexe tel que le milieu social, pression de l'entourage, diversité des élèves, motivation...

Notre mémoire professionnalisant avait pour objectif :

- de comprendre l'origine des lacunes que les élèves peuvent avoir en physique-chimie.
- de comprendre ce qui les rebute.

Nous nous sommes intéressés à nos premières observations, c'est-à-dire à la première difficulté que les élèves rencontrent lorsqu'ils s'attaquent un problème de physique : les mathématiques. Grâce à notre étude, nous pourrions affirmer que la physique-chimie est une matière interdisciplinaire et que les problèmes liés à l'apprentissage de la matière n'est pas nécessairement dû à une incompréhension des notions présentées en cours. Nous pourrions dans le futur élaborer des stratégies pédagogiques plus efficaces pour soutenir l'apprentissage des élèves,

avoir une meilleure adaptation de nos pratiques pédagogiques ainsi qu'une meilleure vision sur les différents obstacles que les élèves peuvent rencontrer dans notre discipline.

Pour enrichir notre étude, il serait intéressant de faire des recherches sur les pratiques pédagogiques et didactiques que l'on pourrait appliquer en tant que professeur de physique-chimie pour améliorer le niveau des élèves dans cette discipline (en limitant l'impact des lacunes lié aux autres matières). En se concentrant sur des domaines spécifiques, il serait possible d'identifier des liens plus précis entre les compétences mathématiques et les performances des élèves en physique-chimie. Ces études pourraient fournir des pistes afin :

- d'améliorer le niveau des élèves dans ces deux domaines
- de favoriser leurs appétences pour les sciences
- d'ouvrir leurs esprits critiques afin que ces futurs citoyens soient épanouis et pourquoi pas qu'ils puissent contribuer aux innovations ainsi qu'aux progrès sociétaux.

Bibliographie :

Sitographie :

- Adrien Legrand. (2008). *Le traité des corps flottants d'Archimède. Traduction nouvelle*. J. Phys. Theor. Appl., 1891, 10 (1), pp.437-457. [ff10.1051/jphystap:0189100100043700ff](https://doi.org/10.1051/jphystap:0189100100043700ff). ffjpa-00239563
- CSEN. (2023). *Une inquiétante mécompréhension des nombres et surtout des fractions à l'entrée en sixième*. [Note alerte CSEN_02_V2.pdf \(reseau-canope.fr\)](#)
- DEPP. (2008). *La réussite au premier groupe d'épreuves de la session 2007 du baccalauréat (Série S)*. [La réussite au premier groupe d'épreuves de la session 2007 du baccalauréat \(série S\) / Magali Befly et Mireille Dubois - Portail des publications de la DEPP \(education.gouv.fr\)](#)
- DEPP. (2020). *TIMSS 2019 – Évaluation internationale des élèves de CM1 en mathématiques et en sciences : les résultats de la France toujours en retrait*. [TIMSS 2019 – Évaluation internationale des élèves de CM1 en mathématiques et en sciences : les résultats de la France toujours en retrait / Marc Colmant, Marion Le Cam - Portail des publications de la DEPP \(education.gouv.fr\)](#)
- DEPP. (2020). *TIMSS 2019 mathématiques au niveau de la classe de quatrième : des résultats inquiétants en France*. [TIMSS 2019 mathématiques au niveau de la classe de quatrième : des résultats inquiétants en France / Franck Salles, Marion Le Cam - Portail des publications de la DEPP \(education.gouv.fr\)](#)

-
- Françoise Balibar. (2014). *Un tournant dans les rapports entre mathématiques et physique*. [Conférence]. Amphithéâtre Marguerite de Navarre, Site Marcelin Berthelot. [Un tournant dans les rapports entre mathématiques et physique | Collège de France \(college-de-france.fr\)](#)
 - IREM. (2016). *Enquête après la réforme des lycées de 2010*. [bilan-enquete_reforme_lycee-c2iu-nov_2016-2.pdf \(univ-irem.fr\)](#)
 - Michaël Oustinoff. (2007). *Sciences dures et traduction*. (pp. 205-211). [Hermès, La Revue. Sciences dures et traduction | Cairn.info](#)
 - OECD. (2019). *Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA). Résultats du PISA 2018*. [\[Title\] \(oecd.org\)](#)
 - OECD. (2023). *Programme International pour le suivi des acquis des élèves (PISA) : Principaux résultats pour la France du PISA 2022*. [France \(oecd.org\)](#)

Annexe :

Annexe 1 : Entretien avec un enseignant de physique-chimie au collège (Académie de la Réunion)

Que pensez-vous du niveau de vos élèves en physique-chimie ? Comment le niveau des élèves a-t-il évolué au cours de votre carrière (demander le nombre d'années au collège) ?

Le niveau général des élèves est très hétérogène, globalement faible et a fortement diminué depuis ces dernières années. En Réseau d'Éducation Prioritaire (REP), les enseignements sont adaptés et des dispositifs d'aide sont proposés (devoirs faits, tutorat, PAP, PPRE, PPS) de manière à garantir à chaque élève l'acquisition du socle commun de connaissances, de compétences et de culture en fin de cursus au collège. Cependant, malgré la mise en place de ces aides, force est de constater que le niveau d'acquisition des compétences atteint péniblement la maîtrise satisfaisante. En 20 ans d'enseignement au sein du collège, la baisse des acquis des élèves en Physique-chimie, tous niveaux confondus est incontestable. Pour preuve, des notions de base enseignées sans grande difficulté aux élèves il y a quelques années ont beaucoup plus de mal à être acquises de nos jours (notions de masse, de volume, unités de mesure, ...). Conséquence : il est nécessaire de réadapter constamment les contenus des cours afin de rendre les notions plus facilement accessibles à l'ensemble des élèves. Trouver des activités permettant de capter l'attention des élèves et de les mettre en situation d'apprentissage (activités ayant toujours comme finalité un rapport avec la vie quotidienne et le monde d'aujourd'hui).

D'où proviennent selon vous les difficultés que peuvent avoir certains de vos élèves ? Avez-vous remarqué d'autres lacunes sur le savoir-faire, les connaissances chez vos élèves ?

Il y a plusieurs raisons qui permettent d'expliquer les difficultés rencontrées par les élèves en physique-chimie (et au collège de manière générale). Les facteurs environnementaux. Les élèves

appartiennent aux catégories socioprofessionnelles les moins favorisées et beaucoup évoluent dans des conditions qui font obstacles aux apprentissages et compliquent le travail personnel. Les problèmes familiaux et les difficultés sociales engendrent bien souvent des difficultés scolaires. Les élèves ont du mal à se positionner en raison du décalage entre les codes de l'école, de la famille et du quartier. Les compétences et les connaissances sont peu réinvesties ou peu mises en pratique à l'extérieur de l'établissement, ce qui pose la question du sens de l'école et de l'intérêt de ce qui y est enseigné). Conséquence : il faut, dès le départ, travailler sa posture d'enseignant et sa gestion de classe en fixant des règles claires et cohérentes avec les élèves, tout en restant dans la bienveillance. Toujours mettre en rapport ce qui est fait en classe avec ce qui se passe dans la vie courante. Certaines actions sont aussi menées en vue de faire tomber certaines barrières : cordées de la réussite, organisation de voyages scolaires, sorties scolaires, forum des métiers, intervention de diverses associations, ... Le comportement des élèves face au travail. Les élèves ont perdu, pour une grande majorité d'entre eux, le goût de l'effort et toute motivation. S'ajoutent à cela le manque de confiance et d'estime de soi, le manque d'ambition et l'autocensure. Ils se démobilisent rapidement, ont du mal à persévérer dans l'accomplissement d'une tâche et n'arrivent pas à mettre en place un protocole de réflexion lorsqu'ils se retrouvent face aux difficultés. Ils préfèrent alors se détourner du travail, ce qui induit un vrai défaut d'attention : ils sont beaucoup moins concentrés qu'avant. Le temps de travail personnel est nettement insuffisant (peut-être dû au fait qu'ils n'ont pas eu l'habitude de travailler à la maison avant l'entrée au collège ?). Ils ont du mal à assimiler le fait que le savoir, le savoir-faire et les compétences passent d'abord et avant tout par la motivation, le travail, la réactivation régulière des connaissances et la réflexion. Enfin, certains élèves l'avouent : ils ne s'inquiètent pas et ne voient plus l'intérêt de travailler puisque le passage en classe supérieure se fait de façon quasi systématique alors même qu'ils reconnaissent avoir des lacunes au niveau des connaissances/compétences de base. Conséquence : il est parfois nécessaire, avec certaines classes, d'intégrer les séances d'exercices dans le temps de cours pour éviter de se retrouver, lors des séances de correction, avec une majorité d'élèves n'ayant pas ou très peu réfléchi, en amont, sur le travail à faire à la maison. Le dispositif « devoirs faits » est mis en place pour pallier le manque de travail à la maison. Malgré une forte incitation et tout un travail d'explication sur l'intérêt de ce dispositif, certains élèves le considèrent encore comme une contrainte et préfèrent ne pas s'y inscrire. Il reste, pour le moment, facultatif (il deviendra obligatoire pour les 6èmes à la rentrée 2023). Enfin, concernant le manque de motivation, il faut

toujours inciter les élèves à donner le meilleur d'eux-mêmes en leur répétant sans cesse que 2 événements phares les attendent en fin de 3ème et que tous les efforts qu'ils auront fournis durant les 4 années de collège seront payants au moment de passer le Brevet des Collèges et de se prononcer sur leurs futures formations. La maîtrise de la langue. La bonne maîtrise du français, autant dans la compréhension que dans la rédaction est primordiale en physique-chimie. Or, les élèves ont une maîtrise du langage de plus en plus faible. Ils lisent et écrivent de moins en moins. Beaucoup d'élèves ont des difficultés en lecture comme le montrent les tests de fluence et lisent sans comprendre. L'écriture peut parfois être illisible et les phrases formulées incompréhensibles, rendant difficile la relecture pour les élèves et la correction pour le professeur. La carence lexicale entraîne un défaut dans la compréhension des textes et, par voie de conséquence, dans la compréhension et l'assimilation des notions étudiées. La lecture de consignes est compliquée et les élèves ont tendance à se focaliser sur un seul mot dans une phrase, ce qui rend les réponses souvent incomplètes ou hors sujet. Les spécificités du langage scientifique expliquent aussi les difficultés d'apprentissage (comprendre qu'un « + » dans une équation chimique signifie « réagit avec » et non « s'ajoute à » au sens mathématiques, lire une formule chimique et comprendre que CO₂ est la formule du dioxyde de carbone et ne représente pas un atome de carbone lié à une molécule de dioxygène). Conséquence : Il faut éviter les surcharges d'informations, être concis dans ce qui est demandé aux élèves et toujours lire et reformuler les consignes données dans n'importe quelle situation afin de s'assurer de leurs compréhensions (devoirs en classe, activités documentaires, séances de travaux pratiques, informations générales concernant le collège). Le collège a mis en place le dispositif « Pause Lecture » (15 minutes de lecture silencieuse chaque jour en début d'après-midi) dans le but d'encourager la lecture, d'enrichir le vocabulaire et d'améliorer, de manière générale, la maîtrise de la langue. Les bénéfices escomptés se font, pour le moment, attendre, les élèves ayant encore du mal à s'approprier et à comprendre le bien-fondé de cette action.

Quelles sont les éléments qui posent problème plus spécifiquement en mathématiques et que vous rencontrez de manière récurrente ?

L'utilisation et la maîtrise des outils mathématiques s'avèrent indispensables pour la compréhension des notions en sciences physiques. En 6ème et en 5ème, les élèves n'ont pas besoin d'avoir beaucoup de connaissances en mathématiques pour les cours de physique-chimie. Les notions sont abordées essentiellement de façon qualitative et l'accent est surtout mis sur la restitution des connaissances, la lecture et la compréhension de textes, l'observation, le raisonnement, l'argumentation ou encore le suivi d'un protocole expérimental simple. Les problèmes se posent donc davantage à partir du niveau 4ème, puisque s'ajoutent aux compétences précédemment citées, la réalisation de dispositifs de mesure, l'interprétation des résultats de mesure ou encore l'utilisation de formules mathématiques. Les difficultés liées à la non-maîtrise des éléments mathématiques peuvent alors rendre l'apprentissage des sciences difficile au point de freiner les élèves dans leurs apprentissages, de les bloquer et de provoquer une désaffection pour la matière. Malgré les rappels et compléments de mathématiques donnés au cours des activités, malgré les analogies faites à partir de diverses situations de la vie courante, les élèves ont généralement des difficultés à résoudre les problèmes faisant appel aux mathématiques. L'utilisation même des 4 opérations de base peut être compliquée pour certains. La manipulation d'une formule mathématiques apparaît comme abstrait et souvent incompréhensible. Le raisonnement mathématiques est un véritable souci et les élèves ont beaucoup de mal à faire la corrélation entre 2 exercices identiques dans lesquelles seules les données chiffrées ont été modifiées. Il ressort donc que les difficultés éprouvées par les élèves dans l'acquisition de certaines notions en sciences physiques sont souvent attribuées à une insuffisance dans leurs connaissances mathématiques. Conséquence : il est souvent utile de faire des rappels sur certaines notions mathématiques ou de fournir des fiches méthode sur lesquelles les élèves pourront s'appuyer pour résoudre un problème. L'utilisation d'exemples de la vie quotidienne avec des analogies peut aussi permettre une assimilation plus aisée

Que penses-tu du niveau de tes élèves en Physique-Chimie ?

Mes élèves de cette année ou tous les élèves que j'ai pu avoir ? Et tous les niveaux ?

De tous les niveaux et tous ceux que tu as pu avoir dans ta carrière.

Si je parle du contexte général, alors la plupart des niveaux de mes élèves en physique-chimie reste correcte, c'est-à-dire la moyenne, mais j'aurai plus tendance à dire assez faible. On peut comprendre ça assez facilement, je prends bien sur mon cas, mes 5ème c'est la première fois qu'ils ont cette matière, c'est tout nouveau pour eux, ils ont eu des cours de sciences mais pas vraiment de physique-chimie donc ils doivent commencer à partir de rien, donc c'est normal qu'ils soient un peu en difficulté. En 4ème le niveau est plutôt correcte, ils sont capables de bien réfléchir, de mettre en place une résolution d'exercice, répondre aux consignes, et le cours est généralement bien su. Les 3èmes eux ont cependant beaucoup plus de difficultés, non pas tant à cause de la matière et les questions qu'on leur pose mais surtout à cause de leur compréhension de texte qui est un vrai problème à tous les niveaux, en mathématiques, histoire-géographie et en physique-chimie. La raison est en partie le stress du Brevet, ce qui est compréhensible, mais surtout ils attaquent les exercices sans les comprendre. Par exemple des questions très simples que j'aurais pu donner à tous les niveaux ne sont pas parfois maîtrisées en 3ème. Pour donner un exemple lors du dernier Brevet Blanc, la première question était : en lisant le document donner l'année à laquelle la sonde Rosetta a été envoyée, beaucoup d'élèves n'ont pas réussi cette question.

Tu as mentionné des difficultés liées à la compréhension de texte, selon toi des élèves ont des difficultés liées à la langue française elle-même ?

On a beaucoup d'élèves dont les familles viennent d'en dehors de la France comme la Turquie, la Serbie, l'Ukraine, des familles immigrantes. Certains ont des soucis avec le Français mais les difficultés sont visibles dès la 6ème-5ème. Arriver en 4ème-3ème ils comprennent beaucoup mieux

le français. Les difficultés proviennent surtout de la compréhension de ce qu'on leur demande, cela relève davantage un grand manque de vocabulaire qui les bloque dans la résolution d'un exercice.

Quels sont les éléments qui posent problème plus spécifiquement en mathématiques et que vous rencontrez de manière récurrente ?

Je vais donner des exemples, sur les 113 copies de Brevet Blancs que j'ai pu corriger, concernant les compétences Connaître les formules et les appliquer et connaître les unités environ une cinquantaine ont maîtrisé ces compétences mathématiques, à savoir utiliser une formule au bon moment et la modifier pour obtenir les grandeurs désirées. S'ils ont $v=d/t$, ils sont capables de trouver la distance s'ils ont la vitesse et le temps. L'autre penchant est que plus de 60 des élèves ont encore des difficultés sur ces compétences, cela peut notamment avoir comme origine les difficultés héritées du cours de mathématiques mais également d'une mauvaise compréhension de la question ou méconnaissance de la formule. La grande difficulté qui est perceptible et que je remarque à tous les niveaux est que les compétences de base en mathématiques ne sont pas du tout maîtrisées. Je parle des compétences essentielles à la physique-chimie à savoir : les conversions, la proportionnalité, et l'application de mathématiques avec des lettres et non des nombres. Ces trois points sont quels que soient le niveau source de difficultés pour tous les élèves.

Les erreurs montrent l'incompréhension des élèves, de voir qu'un escargot fait 69m ou qu'une règle fasse 45m devrait taper dans l'oeil de n'importe qui.

Le produit en croix n'est que rarement maîtrisé et les méthodes utilisées ne sont souvent pas adaptées au niveau collège.

La maîtrise d'équation du premier degré n'est pas du tout acquise, de comprendre que des lettres peuvent être des nombres ne passe pas du tout.

Annexe 3 : Entretien avec un enseignant de physique-chimie au lycée (Académie de la Réunion)

Que pensez-vous du niveau de vos élèves en physique-chimie ?

A quel niveau ? Seconde ? Première ? Terminale ? Tous ?

Peu importe, toutes les classes que vous avez pu avoir.

Alors en seconde... Relativement faible parce que peu d'élèves on fait sérieusement de la physique au collège. Les professeurs que je ne critique pas, sont peu exigeants. Le programme de collège est suffisamment difficile pour pouvoir englober les puissances de 10 ... en fait tout ce qui nous faut, la proportionnalité... Le problème qu'on a c'est en maths évidemment. Lorsque j'étais en collège, on était plus exigeant et on a le sentiment que plus ça va et pire c'est. Sur ceux lorsqu'ils arrivent en seconde, ils sont pour beaucoup d'entre eux en difficultés mathématiques pour la physique et une autre part en français. Par exemple je viens de rendre une copie d'une élève qui répondait à toutes les questions à l'oral et elle savait y répondre parfaitement, et là elle a répondu à aucune question. En fait elle ne comprend pas les questions. Mais bon à part ça j'ai aussi de très très bon élève, il ne faut pas non plus exagérer. Mais effectivement si je dois comparer avec le début de ma carrière, on a beaucoup moins de bons élèves qu'avant ou on a beaucoup plus d'élèves faibles.

En 1ère (spécialité), ils sont normalement bons à part les quelques élèves qui se sont trompés de spécialités, mais ceux qu'ils l'ont bien choisis généralement s'en sortent plutôt bien.

Et en Terminale aussi, à part que ceux qui n'ont pas choisi la spécialité mathématiques, il y a une répercussion sur toute la terminale. Bon j'ai qu'une élève dans ce cas-là, mais elle est en grande difficulté car elle n'arrive pas à suivre les démonstrations mathématiques. Donc en résumé, vive les maths !!!

Depuis combien de temps êtes-vous enseignante au lycée ?

Hum... depuis 2005.

Est-ce que tu pourrais me dire si vous avez repéré une évolution de la part de vos élèves depuis 2005 ?

Alors depuis 2005 à 2010, c'était un bon niveau, enfin les exigences étaient relativement fortes dès la seconde. De 2010 à 2020, en fait jusqu'à la nouvelle réforme, ça n'a fait que baisser et baisser. La réponse n'est pas difficile, c'est que lorsqu'ils ont supprimé des classes en lycée professionnel, tous les élèves qui n'étaient pas pris en professionnel sont arrivés au lycée. Et là, il a fallu faire avec, donc le niveau a grandement chuté. Depuis la réforme, eh bien... en seconde il n'a pas vraiment eu de changement, le niveau est bien plus faible que par rapport au début de ma carrière. Toujours parce que, on reçoit des élèves qui ne devraient pas être en lycée générale. Ce n'est pas de leur faute, mais il faut gérer avec. Par contre, la réforme a fait du bien à la Physique parce que, en spécialité, on a un peu fait marche arrière, et on leur demande un peu plus qu'avant (de 2010 à 2020). Donc c'est bien ! On n'a pas encore atteint le niveau des années 2000 mais on s'en rapproche.

Auriez vous remarquez d'autres difficultés que mathématiques que peuvent rencontrer les élèves en physique-chimie ?

Le français je peux rajouter que beaucoup d'entre eux ont des difficultés en français parce qu'ils ont appris à lire en repérant les mots, ils ne comprennent pas les phrases qu'ils lisent. Depuis 2018, ..., je sais plus. Il y a eu marche arrière et les enfants en primaire, réapprennent avec la méthode syllabique. Et il y avait une période, **où les enfants apprenaient avec une autre méthode** et ce fut une véritable catastrophe. Je peux en parler puisque mon frère a appris avec cette méthode et il a fallu qu'on lui réapprenne à lire avec la syllabique parce qu'il comprenait rien à ce qu'il lisait. Il était capable de nous dire d'ailleurs, lorsqu'on lui montrer le même mot sur une autre page, « Ah mais non, cette page-là je ne l'ai pas encore apprise, donc je ne l'a connais pas ». Ça a fait des dégâts en français assez hallucinant et on a eu des répercussions. Il peut y avoir des professeurs qui l'utilisent, et suivant de l'école d'où tu viens, de ne pas avoir les mêmes chances fasse au français. Après, il y a d'autres problèmes, par exemple le créole/français... c'est un ensemble que l'on voit ici mais que l'on voit aussi en métropole. Des mots simples que l'on utilise en faisant ton cours et

que bien en fait ils ne comprennent pas ce que ça veut dire. Parce qu'on s'en rend pas compte. Ils ont vraiment beaucoup de vocabulaire qu'ils ne comprennent pas, oui effectivement, et cela n'améliore pas le niveau en physique-chimie.

Annexe 4 : Extrait du tableau récapitulatif des erreurs faites par chaque élève sur le devoir en
4ème :

	Erreurs de Physique	Erreurs de mathématiques	Erreurs de français	Total d'erreur
Elève 1	1	5	0	6
Elève 2	6	9	7	22
Elève 3	6	12	3	21
Elève 4	4	12	8	24
Elève 5	2	4	0	6
Elève 6	5	3	0	8
Elève 7	0	0	0	0
Elève 8	0	9	2	11
Elève 9	5	13	3	21
Elève 10	12	14	6	32
Elève 11	12	5	6	23
Elève 12	12	15	8	35
Elève 13	4	12	3	19
Elève 14	3	0	0	3
Elève 15	8	5	0	13
Elève 16	0	6	0	6
Elève 17	11	9	5	25
Elève 18	15	17	3	35
Elève 19	20	18	6	44
Elève 20	14	13	6	33
Elève 21	11	11	5	27

Annexe 4 : Extrait du tableau sur la première étude des 1ères enseignement scientifique montrant les notes des élèves réparties entre les différentes parties :

	Note total	Partie I sur 14	Partie II (maths/physique) sur 6	Note sur partie I	Note sur partie II
Elève 1	18,75	13,5	5,25	19,3	17,5
Elève 2	18	13	5	18,6	16,7
Elève 3	17	13,75	3,25	19,6	10,8
Elève 4	12,25	7,5	4,75	10,7	15,8
Elève 5	15,25	9,5	5,75	13,6	19,2
Elève 6	11	9	2	12,9	6,6
Elève 7	11,5	7,25	4,25	10,4	14,1
Elève 8	13,5	11,5	2	16,4	6,6
Elève 9	14	8,5	5,5	12,1	18,3
Elève 10	13	7,5	5,5	10,7	18,3

Annexe 4 : Tableau montrant la fréquence des erreurs faites sur la partie 2 dans la 1ère étude:

Erreur 1 M	Méthode de détermination de période	11
Erreur 2 M	Lecture de la période	15
Erreur 3 P	Formule de la fréquence	12
Erreur 4 M	Calcul de la fréquence (et conversion)	17
Erreur 5 P	Formule $I=P/S$	7
Erreur 6 M	$S = 4\pi R^2$	24
Erreur 7 M	Calcul des intensité à l'aide de la formule	12
Erreur 8 M	Calcul du niveau d'intensité sonore	11
Erreur 9 P	Seuil de douleur cours	12
Erreur 10 P	Traduction de la consigne	19
Erreur 11 M	Calcul du niveau d'intensité sonore et de l'intensité	19

Le « M » signifie que l'erreur est associé aux mathématiques

Le « P » signifie que l'erreur est associé à la physique

Annexe 4 : Exemple montrant une partie d'une copie d'élève de 4ème :

Exercice 1 : / 7.5

Entoure la bonne réponse.


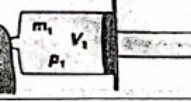
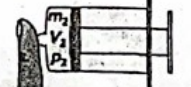
1. L'unité de la pression est le gramme / pascal / litre.
2. L'unité de la masse est le gramme / pascal / litre.
3. L'unité du volume est le gramme / pascal / litre.
4. On mesure une masse avec un(e) balance / manomètre / baromètre.
5. On mesure la pression d'un gaz enfermé dans une seringue avec un(e) balance / manomètre / baromètre.
6. On mesure la pression atmosphérique avec un(e) balance / manomètre / baromètre.
7. A 20°C et sous une pression atmosphérique de 1013 hPa, 1L d'air pèse 1,2 kg / 1,2 g / 1,2 mL.
8. La pression atmosphérique normal vaut 1013 Pa / 1013 hPa / 1013 bar.
9. 1 bar vaut 1000 Pa / 1000 hPa / 1000 L.

Exercice 2 : / 7.5

On enferme un certain volume V_0 d'air dans une seringue. La masse d'air est M_0 et sa pression P_0 (dessin 1).

On effectue ensuite les expériences ci-dessous (dessins 2 et 3). Compare les nouvelles valeurs de masse, de volume et de pression à M_0 , V_0 et P_0 .

Pour cela, complète le tableau à l'aide des mots détente, compression, équilibre et des signes = , < , >

		Masse	Pression	Volume
	On est à <u>équilibre</u>	M_0	P_0	V_0
	On réalise une <u>détente</u>	$M_1 \dots M_0$	$P_1 \dots P_0$	$V_1 \dots V_0$
	On réalise une <u>compression</u>	$M_2 \dots M_0$	$P_2 \dots P_0$	$V_2 \dots V_0$

Annexe 4 : Exemple montrant une partie d'une copie d'élève de 1ère enseignement scientifique
(2ème étude) :

Pensez à justifier toutes vos réponses (par un calcul ou une phrase)

Exercice 1 :

On considère les deux notes dont les signaux sont représentés sur la figure 2.

a. Ces deux notes sont-elles jouées par le même instrument ? Réponse.

Oui car les motifs sont les mêmes (1)

b. Quelle est la note la plus aiguë ?

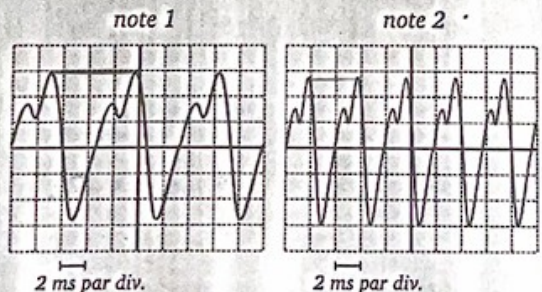
La note 2 car il y a plus de motifs (1)

c. Déterminer la période T en seconde de chaque note.

1 = 3 x 2 = 6 ms = 0,006 s
2 = 2 x 2 = 4 ms = 0,004 s (1,5)

d. Calculer la fréquence de chaque note, puis valider ou invalider la réponse du b.

$f = \frac{1}{T}$
1 = $f = \frac{1}{0,006} = 166,67 \text{ Hz}$
2 = $f = \frac{1}{0,004} = 250 \text{ Hz}$ (2)



Annexe 4 : Exemple montrant une partie d'une copie d'élève de 1ère enseignement scientifique
(1ère étude) :

Question 1 : La hauteur d'un son correspond :

à l'amplitude du fondamental X

au niveau sonore

à la fréquence du fondamental

à l'intensité sonore

au nombre d'harmoniques

à la puissance sonore

(4)

Question 2 : Un son est dit pur si :

il n'a pas de fondamental X

il n'a pas d'harmoniques

sa fréquence est élevée

sa fréquence est faible

son fondamental a la plus grande amplitude

son fondamental a une fréquence nulle

Question 3 : Plus la fréquence d'un son est élevée :

plus le son est aigu

plus sa hauteur est élevée

la fréquence n'a rien à voir avec le fait que le son soit grave ou aigu X

plus le son est grave

plus le son est riche en harmoniques X

plus le son est pur

Question 4 : La fréquence d'un son peut s'exprimer en :

s

s^{-1}

Hz ✓

Hz^{-1}

J

Question 5 : La fréquence d'un son est proportionnelle à la période :

Vrai

Faux ✓