



**HAL**  
open science

# L' apprentissage entre pairs en physique - chimie dans le secondaire en FRANCE

Stéphanie Pounoussamy

► **To cite this version:**

Stéphanie Pounoussamy. L' apprentissage entre pairs en physique - chimie dans le secondaire en FRANCE. Education. 2024. dumas-04629884

**HAL Id: dumas-04629884**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04629884>**

Submitted on 1 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

Mention Métiers de l'Enseignement, de l'Éducation et de la Formation  
Parcours Physique-Chimie



## L'APPRENTISSAGE ENTRE PAIRS EN PHYSIQUE-CHIMIE DANS LE SECONDAIRE EN FRANCE

Présenté par : POUNOUSSAMY Stéphanie

Référent : Monsieur ROUSSEL Éric

Années 2023-2024

## Résumé

Les méthodes à utiliser afin d'enseigner le plus efficacement possible la Physique-Chimie sont le sujet de nombreuses études en didactique des sciences et la question quotidienne que se pose l'enseignant de Physique-Chimie. Ce mémoire s'intéresse à une méthode émergente : l'apprentissage entre pairs. La méthode développée par Eric Mazur enseignant à l'université d'Harvard en Physique a déjà fait ses preuves dans l'enseignement supérieur, mais qu'en est-il pour l'enseignement secondaire ? Des fondements du socioconstructivisme, aux idées de la neurodidactique des sciences concernant le conflit cognitif, et l'inhibition des conceptions erronées la méthode possède une base théorique solide qui ne demande qu'à être testé en pratique.

Dans l'objectif de voir si l'apprentissage entre pairs est utile sur des élèves du collège et du lycée, quatre expérimentations auprès de 204 élèves visant à mesurer son efficacité et son impact sur la compréhension de ces derniers ont été menés sur des classes de sixième, cinquième, terminale générale et terminale technologique en enseignement de Physique-Chimie.

Suite aux expérimentations, les données récoltées ont mis en lumière un impact positif de la méthode d'apprentissage entre pairs sur les résultats obtenus par les élèves, encourageant à d'autres expérimentations, voire à d'autres travaux de recherche sur le long terme.

**Mots clés :** Apprentissage entre pairs, pairs, socioconstructivisme, concept-test, apprentissage efficace, échanges, conflit cognitif, inhibition

## Abstract

How to teach Physics and Chemistry as effectively as possible is the subject of numerous studies in science didactics and the daily question of Physics and Chemistry teachers. This thesis focuses on an emerging method: peer instruction. Developed by Eric Mazur, a physics teacher at Harvard University, the method has already proved its worth in College, but what about secondary education ? From the foundations of socioconstructivism, to the ideas of neurodidactics of science concerning cognitive conflict and the inhibition of misconceptions, the method has a solid theoretical basis that only needs to be tested in practice.

In order to determine whether peer instruction can be used effectively with students from junior high to high school, four experiments were carried out with 204 students in sixth-, seventh- and twelfth-grade Physics and Chemistry classes, with the aim of measuring its effectiveness and impact on student understanding.

Following the experiments, the data collected revealed a positive impact of the peer instruction method on the grades obtained by the students, encouraging further experimentation and even longer-term researches.

**Keywords :** Peer instruction, peer, socioconstructivism, concept-test, effective learning, cognitive conflict, inhibition

## Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mon directeur de mémoire, monsieur Eric ROUSSEL ainsi que madame Sandrine MARVILLIER pour la qualité de leurs conseils et leur suivi régulier tout au long de la rédaction de ce mémoire.

J'adresse également mes remerciements à tous les enseignants m'ayant permis de mener une expérimentation au sein de leur classe et aux établissements m'ayant accueillis pour ce faire, le collège Cambuston-Claude Mahoudeaux avec Madame Wendy TILLEMONT et le lycée Jean-Claude Fruteau où Monsieur William TELLIER et Madame Christine TIPAKA m'ont conseillés et soutenus tout au long de l'année dans la construction de ce mémoire, mais aussi dans ma pratique professionnelle grâce à leurs observations et expérience.

Je pense aussi à tous mes camarades de bancs de classe avec qui nous avons partagé beaucoup de moments forts depuis notre entrée à l'université.

# Table des matières

1- INTRODUCTION	1
2- CADRE THÉORIQUE	7
2-1- THÉORIE DE L'APPRENTISSAGE	7
2-1-1- DÉFINITION DES TERMES	7
2-1-2- SOCIOCONSTRUCTIVISME	8
2-2- NEURODIDACTIQUE DES SCIENCES	13
2-2-1- ACTIVATION COGNITIVE	13
2-2-2- RÉACTION DU CERVEAU À UN CONFLIT COGNITIF	15
2-2-3- RÔLE DE L'INHIBITION DANS L'APPRENTISSAGE DES SCIENCES	18
2-3- TEXTES OFFICIELS	20
2-3-1- BULLETIN OFFICIEL DU PROGRAMME DE PHYSIQUE-CHIMIE	20
2-3-2- BULLETIN OFFICIEL DU RÉFÉRENTIEL DE COMPÉTENCE DE L'ENSEIGNANT	21
2-4- LES DIFFÉRENTES FORMES DE COOPÉRATION ENTRE ÉLÈVE DANS L'ENSEIGNEMENT	22
2-5- APPRENTISSAGE ENTRE PAIRS (PEER INSTRUCTION)	24
2-5-1- FONDEMENT THÉORIQUE	24
2-5-2- DESCRIPTION DE LA MÉTHODE	25
2-5-3- MISE EN SITUATION	27
2-5-4- L'APPRENTISSAGE ENTRE PAIRS DANS LE SECONDAIRE EN FRANCE	33
2-6- BILAN	33
2-7- PROBLÉMATIQUE	34
3- HYPOTHÈSES	35
4- CADRE MÉTHODOLOGIQUE	36
4-1- PRÉSENTATION DES EXPÉRIMENTATIONS	36
4-2- DESCRIPTION DES CLASSES :	37
4-3- ÉLABORATION DES SUPPORTS DE LA SÉQUENCE	38
4-3-1- LES COURS	38
4-3-2- LES CONCEPTS-TESTS	39
4-3-3- LES EXERCICES	40
4-3-4- LES DEVOIRS TESTS	41
4-4- RÉSULTATS, ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS	42

4-4-1- DÉROULEMENT DES SÉANCES	42
4-4-2- RÉSULTATS DES CONCEPTS-TESTS	44
4-4-3- APPRENTISSAGE PLUS EFFICACE	48
4-4-4- COMPRÉHENSION PLUS EN PROFONDEUR	54
4-5- OBSERVATIONS	58
4-5-1- DIFFICULTÉS RENCONTRÉES	58
4-5-2- LE DÉBAT ET LA NÉGOCIATION DES IDÉES DANS LE SECONDAIRE EN FRANCE	59
5- CONCLUSION, LIMITES ET PERSPECTIVES	60
5-1- CONCLUSION	60
5-2- LIMITES ET PERSPECTIVES	61
5-3- PERSPECTIVES PROFESSIONNELLES	62
6- BIBLIOGRAPHIE/SITOGRAFIE	63
7- ANNEXES	67

# Liste des figures

<i>Figure 1 : Triangle pédagogique de Jean HOUSSAYE</i>	3
<i>Figure 2 : Modèle théorique de gestion de classe inspiré de Boutet adapté par Lessard et Schmidt</i>	5
<i>Figure 3 : Rôle de l'enseignant dans l'approche socioconstructiviste</i>	10
<i>Figure 4 : Les quatre modes d'engagement du modèle ICAP selon Chi et Wylie</i>	14
<i>Figure 5 : Six points importants pour mettre en place un environnement propice à l'apprentissage en profondeur</i>	15
<i>Figure 6 : Résumé des résultats de l'expérience de Fugelsang, Dunbar et Stein sur le conflit cognitif</i>	16
<i>Figure 7 : Schémas des activations cérébrales observées par Fugelsang, Dunbar et Stein</i>	17
<i>Figure 8.a : Résumé des résultats de l'expérience de Fugelsang, Dunbar et Stein sur le changement conceptuel en mécanique lorsque le film ne suit pas les lois de Newton</i>	18
<i>Figure 8.b : Résumé des résultats de l'expérience de Fugelsang, Dunbar et Stein sur le changement conceptuel en mécanique lorsque le film suit les lois de Newton</i>	18
<i>Figure 9 : Modèle pour assurer l'apprentissage des sciences</i>	20
<i>Figure 10 : Les formes de coopérations existantes entre élève d'après Connac</i>	22
<i>Figure 11 : Organisation de la séance suivant la méthode d'apprentissage entre pair (les valeurs de pourcentage utilisés sont des indications et peuvent-être modifiées selon les notions abordées)</i>	26
<i>Figure 12 : Schéma de comparaison des activités cognitives suivant le modèle du cours traditionnel ou de la classe inversée (H.Dufour., 2014)</i>	27
<i>Figure 13 : Résultats de l'étude de Rao et DiCarlo (S.P.Rao., &amp; S.E.DiCarlo., 2000) sur le pourcentage de bonne réponses avant et après discussion entre pairs</i>	29
<i>Figure 14 : Note de l'examen final suivant la méthode utilisée et l'université. (N.Lasry., E.Mazur., &amp; J.Watkins., 2007)</i>	30
<i>Figure 15 : Évolution du pourcentage de bonne réponse après une discussion entre pair.(S.P.Rao., &amp; S.E. DiCarlo., 2000)</i>	32
<i>Figure 16 : Extrait du devoir test de l'expérimentation des groupes de Tle Spé sur les questions de cours. Les bonnes affirmations sont encadrées.</i>	46
<i>Figure 17 : Nombre d'élève ayant choisi l'affirmation dans l'expérimentation des groupes de Tle Spé. Les bonnes affirmations sont encadrées.</i>	47
<i>Figure 18 : Différence du nombre de point entre le groupe-test et le groupe-témoin de chaque expérimentation.</i>	50
<i>Figure 19.a : Comparaison des moyennes obtenues aux devoirs des élèves des classes de Tle STI2D en fonction de leur catégorie</i>	51
<i>Figure 19.b : Comparaison des moyennes obtenues aux devoirs des élèves de la catégorie 1 des classes de Tle STI2D</i>	52

Figure 19.c : Comparaison des moyennes obtenues aux devoirs des élèves de la catégorie 2 des classes de Tle STI2D 52

Figure 19.d : Comparaison des moyennes obtenues aux devoirs des élèves de la catégorie 3 des classes de Tle STI2D 52

Figures 20.a et 20.b : À gauche :  
Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-témoin de l'expérimentation 1, 6ème  
À droite : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-test de l'expérimentation 1, 6ème 55

Figures 21.a et 21.b : À gauche :  
Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-témoin de l'expérimentation 4, Tle STI2D  
À droite : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-test de l'expérimentation 4, Tle STI2D 55

Figures 22.a et 22.b : À gauche :  
Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-témoin de l'expérimentation 2, 5ème  
À droite : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-test de l'expérimentation 2, 5ème 55

Figures 23.a et 23.b : À gauche :  
Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-témoin de l'expérimentation 3, Tle Spé  
À droite : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-test de l'expérimentation 3 Tle Spé 56

Figure 24 : Extrait du devoir test de l'expérimentation des groupes de Tle Spé sur la tâche complexe 56

# Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Comparaison entre les situations d'enseignement centrées sur l'enseignant et celles centrées sur l'élève.</i>	8
<i>Tableau 2 : Points clefs du constructivisme et du socioconstructivisme</i>	10
<i>Tableau 3 : Comparaison entre apprentissage en surface et en profondeur</i>	13
<i>Tableau 4 : Expression de l'activation cognitive en situation d'apprentissage dans les deux premiers mode du modèle ICAP</i>	14
<i>Tableau 5 : Comparaison entre l'apprentissage individuel et l'apprentissage entre pairs</i>	25
<i>Tableau 6 : Difficultés rencontrer par des enseignants se servant de l'apprentissage entre pair et les solutions proposées, étude de Fagen, Crouch et Mazur</i>	29
<i>Tableau 7.a : Présentation des classes de 6ème expérimentées</i>	37
<i>Tableau 7.b : Présentation des classes de 5ème expérimentées</i>	37
<i>Tableau 7.c : Présentation des groupes de Tle Spé expérimentées</i>	38
<i>Tableau 7.d : Présentation des classes de Tle STI2D expérimentées</i>	38
<i>Tableau 8 : Récapitulatif des critères adopter pour les tâches complexes de chaque expérimentation</i>	41
<i>Tableau 9.a : Organisation de la séquence pour les expérimentations des classes de 6ème et 5ème</i>	42
<i>Tableau 9.b : Organisation de la séquence pour les expérimentations des groupes de Tle Spé</i>	42
<i>Tableau 9.c : Organisation de la séquence pour les expérimentations des classes de Tle STI2D</i>	43
<i>Tableau 10 : Évolution du pourcentage de bonnes réponses suite à une phase de discussion lors d'un concept-test</i>	45
<i>Tableau 11 : Moyennes obtenues aux questions de cours pour chaque expérimentation</i>	47
<i>Tableau 12 : Moyennes obtenues aux devoirs tests pour chaque expérimentation</i>	49
<i>Tableau 13 : Répartition des élèves de l'expérimentation 4 des classes de Tle STI2D dans les trois catégories</i>	51
<i>Tableaux 14.a et 14.b :</i>	<i>À gauche :</i>
<i>Résultats des élèves de la catégorie 1 du groupe-témoin de l'expérimentation 4. Note sur 20</i>	
<i>À droite : Résultats des élèves de la catégorie 1 du groupe-test de l'expérimentation 4. Note sur 20</i>	53
<i>Tableau 15.a : Récapitulatif des réponses choisis par les élèves pour la tâche complexe de l'expérimentation 3, Tle Spé</i>	57
<i>Tableau 15.b : Récapitulatif des réponses choisis par les élèves ayant mentionnés la diffraction pour la tâche complexe de l'expérimentation 3, Tle Spé</i>	57

## Liste des annexes

<i>Annexe 1 : Notes des élèves ayant participé à l'expérimentation</i>	67
<i>Annexe 2 : Parties du BO utilisées</i>	71
<i>Annexe 3 : Concepts-tests des expérimentations</i>	72
<i>Annexe 4 : Devoirs tests des expérimentations</i>	87
<i>Annexe 5 : Données recueillies</i>	93



# 1- INTRODUCTION

- *Plus de 50% des élèves entre 15 et 25 ans interrogés en France par Postel-Vinay sont d'accord ou plutôt d'accord avec l'affirmation « l'école assure mal l'enseignement des sciences ». (O.Postel-Vinay., 2002).*

L'éducation nationale impose aux enseignants français le contenu des cours, ils doivent se référer aux Bulletins officiels qui contiennent les programmes, mais la manière dont les thématiques, les sujets et les concepts sont présentés aux élèves reste totalement libre. Il s'agit de « *La liberté pédagogique de l'enseignant [qui] s'exerce dans le respect des programmes et des instructions du ministre chargé de l'éducation nationale et dans le cadre du projet d'école ou d'établissement avec le conseil et sous le contrôle des membres des corps d'inspection.* » -Article L912-1-1 du code de l'éducation. (Légifrance., 2022)

Ainsi, il est convenu de s'intéresser aux méthodes didactiques des enseignants de Physique-Chimie en France dans une étude comparative entre enseignement plus traditionnel où le cours magistral est dominant et une méthode d'enseignement émergente, l'apprentissage entre pairs (peer instruction).

La Physique-Chimie est le troisième enseignement de spécialité le plus choisi par les élèves de terminale en 2020 derrière les mathématiques et les sciences économiques et sociales avec 43,4% des élèves, pourcentage en légère baisse comparé à 2019 avec 46,7%. (L.Dauphin., 2021)

Dans l'étude TIMSS Advanced 2015 (S.Edouard., & M.Le Cam., 2016) 4 000 élèves de terminale scientifique ont participé aux épreuves de physique, soit 21,5% de la classe d'âge en France. Les résultats de l'étude de 2015 sont comparés à ceux de 1995 qui concernaient cette fois-ci 19,9% de la population concernée.

Le score global de la France entre 1995 et 2015 est passé de 469 à 373 soit une baisse de 96 points en 20 ans, la France passe alors de l'avant-dernière place en 1995, devant les États-Unis à la dernière place aux côtés de l'Italie. Il est important de noter tout de même qu'à l'exception des États-Unis, de la Slovénie et de la Fédération de Russie, les cinq autres pays ayant participé à l'étude ont également connu une baisse significative de leur score.

On constate ainsi un attrait grandissant pour la Physique-Chimie de la part des élèves, le taux d'élève à choisir la spécialité Physique-Chimie ayant quasiment doublé en 25 ans, conséquence du choix de la France de démocratiser l'enseignement des sciences, mais des résultats en chute, plaçant les élèves français au plus bas des classements.

Ces résultats se retrouvent d'ailleurs dès le collège comme le montre l'étude internationale TIMSS 2019 (A.Bret., L.Roussel., & M.Le Cam., 2020) mesurant les performances en sciences des élèves de quatrième. Le score de la France de 489 points se situe en dessous de la moyenne des pays de l'Union Européenne et de l'OCDE (Organisation de Coopération et de Développement Économiques) et les élèves français déclarent se sentir moyennement confiants en eux dans les matières scientifiques ce qui se reflète dans leur performance.

Pour expliquer ces résultats inférieurs à ceux des autres pays et en baisse, une étude de 2015 de PISA (PISA., 2016) s'est intéressée aux attitudes des élèves à l'égard des sciences et des pratiques d'enseignement en science. Bien que l'étude ne portait pas explicitement sur la France, les résultats globaux obtenus pour les pays de l'OCDE peuvent être utilisés pour parler des élèves français, ces pays étant proche d'un point de vue politico-économique.

Tout d'abord, les sciences sont perçues par beaucoup d'élèves comme inaccessibles, prestigieuses ou réservées à une certaine « élite », conceptions que l'éducation nationale française vise à déconstruire. En moyenne, les élèves de l'OCDE sont conscients de l'importance des sciences dans le monde qui les entoure et qu'il s'agit de domaines d'avenir. En effet, un nombre important de jeune sont d'accord pour dire que les sciences sont importantes pour l'école, mais ils sont deux fois moins nombreux à vouloir en étudier davantage, et ce, notamment car son **enseignement est peu attrayant.**

Les attitudes des élèves sont directement impactées par les pratiques d'enseignement-apprentissage mises en place. La qualité de l'enseignement est fonction de trois axes importants (Klieme., Pauli., & Reusser., 2009) :

- une gestion de classe claire et structurée,
- un climat soutenant et tourné vers l'élève,
- **une activation cognitive**, il s'agit pour ce dernier axe de toutes les pratiques où l'élève s'engagera dans des processus de pensée, où il développera des connaissances élaborées. Dans ce cas, l'élève est invité à expliquer, à partager et à comparer ses pensées ou ses solutions face à des tâches qui suscitent un conflit cognitif.

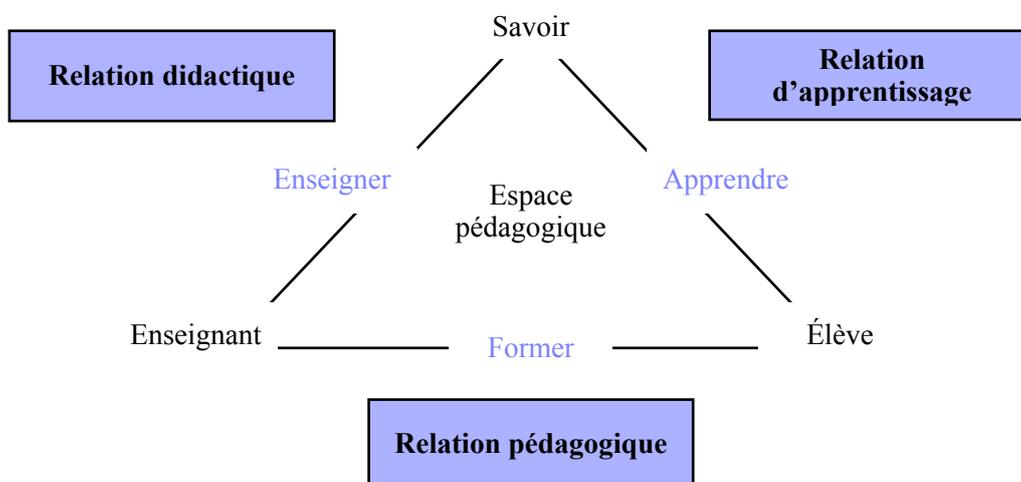
Dans l'étude de PISA de 2015 (PISA., 2016), l'activation cognitive a été mesurer au travers de questions qui concernaient la perception des élèves sur la fréquence à laquelle des activités de recherche et d'investigation en sciences leur étaient proposées. Pour les pays de l'OCDE, dans plus de 50% des cas, les élèves ont l'occasion d'expliquer leurs idées ou le professeur explique comment un principe de science peut s'appliquer à divers phénomènes. Dans une moindre mesure, seulement

10 à 20% des situations sont des débats, des projets de recherches mises en place ou des situations où les élèves mènent une recherche pour tester leurs propres idées.

Dans l’imaginaire collectif, le scientifique a pour image un vieil homme blanc, seul dans son laboratoire. À l’école d’ailleurs, lorsque l’on parle de mécanique Newtonienne par exemple, les élèves ont la fausse idée que seul Newton ait contribué à ce pan de la physique classique bien que d’autres scientifique comme Euler ou Cauchy ont tout autant contribué que lui. Cette image stéréotypée est malheureusement renforcée par les enseignements et sa pratique qui privilégie particulièrement l’individualisme. En science pourtant, la collaboration entre pairs est une part fondamentale du domaine. Du début jusque la toute fin du travail scientifique, le scientifique s’inspire des travaux de ses collègues, il expérimente, cherche, rédige avec les autres, confronte ses idées avec celles de ses homologues, fait valider ses travaux par ses pairs et valident les leurs. Cette démarche collaborative se retrouve très peu dans l’enseignement du secondaire, excepté lors des séances de travaux pratique minoritaire en volume horaire.

Dans cette mesure, il est important de mettre les élèves dans des situations collaboratives, qui pourront initier une activation cognitive le tout dans un cadre de classe claire et structurée et dans un climat de soutenance tourné vers l’élève.

L’efficacité de l’enseignement repose sur la combinaison des trois axes évoqués plus haut et non sur l’un d’entre eux en particulier. Pour les mettre en place, il est nécessaire d’être conscient des différentes relations entre les savoirs, les élèves et les enseignants. Dans « *Le triangle pédagogique, les différentes facettes de la pédagogie* » paru en 2014 et écrit par Jean HOUSSAYE (J.Houssaye., 2014), l’auteur nous présente ses travaux sur la pédagogie qu’il synthétisera avec son triangle pédagogie :



*Figure 1 : Triangle pédagogique de Jean HOUSSAYE*

Pour Jean HOUSSAYE, un acte pédagogique couvre toute l'aire entre trois sommets d'un triangle : l'élève, l'enseignant et le savoir. Les côtés du triangle sont les relations nécessaires à l'acte pédagogique :

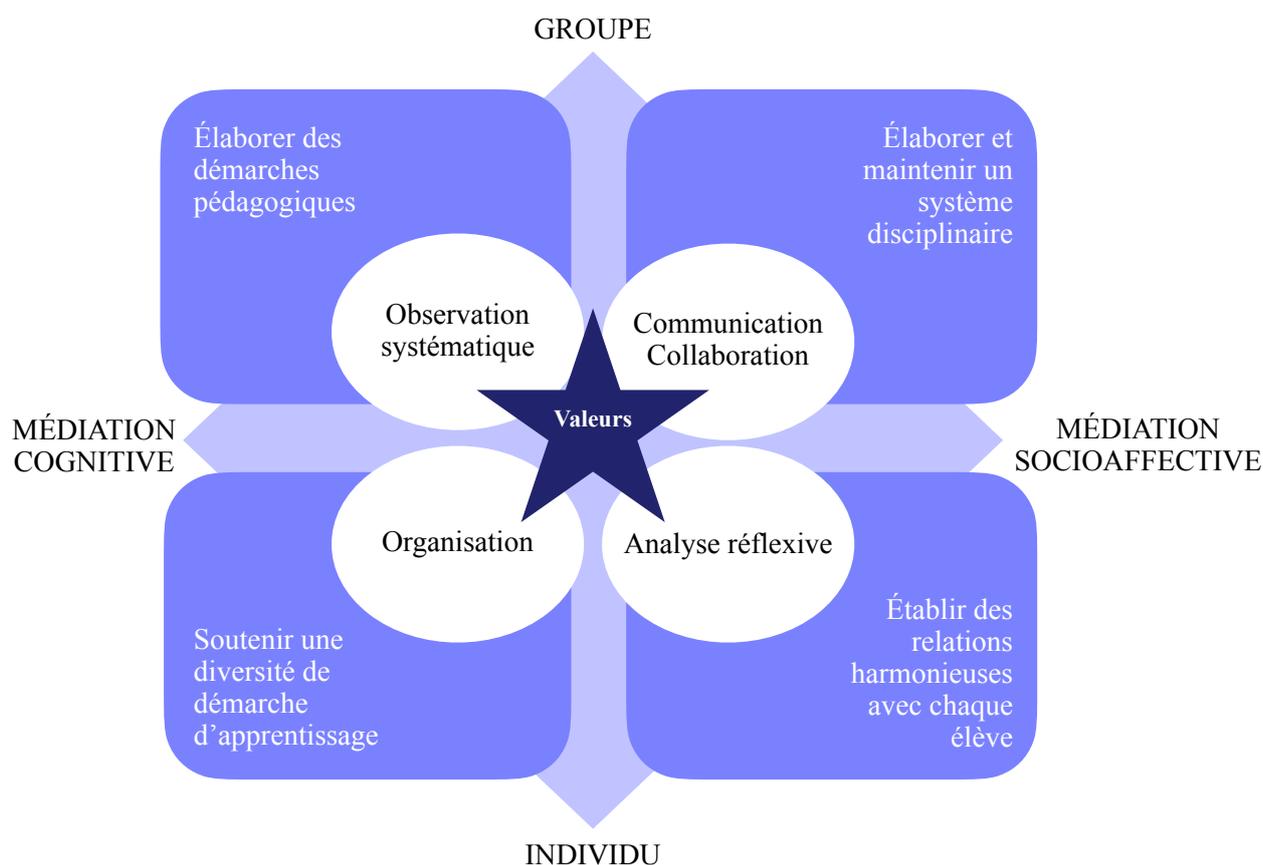
- le rapport enseignant-savoir est la relation didactique, c'est cela qui lui permet d'enseigner,
- le rapport enseignant-élève est la relation pédagogique, c'est cela qui permet le processus de formation,
- enfin, le rapport élève-savoir est la relation d'apprentissage, c'est ce qui permettra à l'élève d'apprendre.

De ce triangle découle cinq postures pédagogiques possibles selon le sommet ou le côté du triangle qui est privilégié :

- la posture savoir : il faut produire le savoir,
- la posture enseigner : il faut transmettre le savoir au plus grand nombre,
- la posture former : il faut former des citoyens qui ont un esprit critique et qui savent argumenter leurs opinions,
- la posture apprendre : il faut que les élèves construisent leur connaissance, qu'ils soient en contact avec les sources du savoir,
- la posture éduquer : il faut que les élèves deviennent autonomes, qu'ils évoluent.

L'auteur souligne qu'en général, les situations pédagogiques privilégie deux relations sur trois du triangle pédagogique. Dans notre étude, nous nous concentrerons effectivement sur deux côtés des trois du triangle : ceux de la relation didactique et de la relation d'apprentissage.

Concernant nos trois axes évoqués plus haut, la gestion de classe claire et structurée et la mise en place du climat de soutenance relèvent davantage de la relation pédagogique, donc du lien entre l'élève et l'enseignant. Pour mettre en place un tel cadre, il est possible de se servir du modèle théorique de gestion de classe inspiré de Boutet adapté par Lessard et Schmidt (Lessard, & Schmidt, 2011) :



*Figure 2 : Modèle théorique de gestion de classe inspiré de Boutet adapté par Lessard et Schmidt*

Ce modèle se concentre sur les valeurs de l'enseignant qui vont directement influencer la structuration de l'enseignement et du climat de la classe. Des recherches de Lessard et Schmidt et de celles de Gauthier (C.Gauthier., J.-F. Desbiens., A.MaIo., S.Martineau., & D.Simard., 1999) il nous est possible de mettre en évidence les éléments indispensables à la mise en place d'une gestion de classe efficace. L'enseignant doit mettre en place des règles et des procédures, il doit veiller à construire une relation de confiance avec ses élèves en passant par des routines, il doit expliquer clairement ce qu'il attend des élèves et doit prendre en compte les besoins de chacun d'entre eux.

Ainsi, nous allons nous concentrer sur la mise en place d'un environnement favorable à l'activation cognitive de l'élève, en supposant les deux premiers axes établis en se servant du modèle de Lessard et Schmidt, car en effet, c'est la situation d'enseignement et donc la relation didactique qui nous intéresse dans cette étude ainsi que son impact sur l'apprentissage des élèves donc la relation d'apprentissage.

Tout cela nous amène à notre première question : ***Comment améliorer la qualité de l'apprentissage des élèves en Physique-Chimie dans le secondaire en France ?***

Dans une première partie, nous nous pencherons sur le cadre théorique. Nous ferons un point sur les différentes recherches ayant été faites à propos de l'activation cognitive notamment dans l'approche socioconstructiviste qui peut induire un conflit (socio)cognitif. Nous étudierons ensuite ce qu'implique ce conflit cognitif du point de vue des neurosciences afin de voir son rôle et son fonctionnement dans l'apprentissage des sciences. Suite à cela, nous parcourrons les textes officiels de l'éducation nationale à propos des méthodes d'enseignements et d'apprentissages préconisés afin de voir si elles sont en adéquations avec les notions développées et ce qu'elles impliquent. Finalement, nous ferons un point sur les différentes formes de coopération entre élève dans l'enseignement avant de s'intéresser spécifiquement à l'apprentissage entre pairs « *Peer Instruction* » méthode d'enseignement développée par Eric Mazur.

À la lumière de tous ces éléments, nous énoncerons la problématique du mémoire ainsi que les deux hypothèses qui en découlent. Afin de valider ou non les hypothèses énoncées, nous élaborerons le cadre méthodologique dans lequel sera exposé le protocole expérimental, de sa conception jusqu'à sa mise en oeuvre. Enfin, les résultats obtenus seront présentés, analysés et interprétés avant de conclure afin de répondre à la problématique du mémoire en exposant les limites et les perspectives de ce dernier.

## 2- CADRE THÉORIQUE

### 2-1- THÉORIE DE L'APPRENTISSAGE

Dans cette première partie, après avoir défini les termes qui seront fréquemment utilisés dans le texte, le cadre théorique sera présenté. Ce dernier est composé de deux concepts centraux dans cette étude, l'activation cognitive et le constructivisme social ou socioconstructivisme. Ces deux théories étant très vastes, nous nous concentrerons sur les aspects en adéquation avec nos objectifs. Après nous être intéressé à ce que disent les textes officiels sur les différentes formes de coopération qui relient activation cognitive et constructivisme social, nous concluons sur une présentation générale de l'apprentissage entre pairs (peer instruction).

#### 2-1-1- DÉFINITION DES TERMES

Un **pair** est une personne de même situation sociale, de même titre, de même fonction qu'une autre personne. Dans le cadre de notre étude, les pairs d'un élève sont les autres élèves de sa classe, donc de même niveau scolaire.

L'**apprentissage** renvoie au verbe apprendre et apprendre est par définition, recevoir un enseignement, acquérir la connaissance d'une chose par l'exercice de l'intelligence, de la mémoire, etc... (Centre national de ressource textuelles et lexicales., 2012)

Dans une approche constructiviste voire même à tendance socioconstructiviste, Fosnot et Perry disent :

*« Apprendre n'est pas le résultat d'un développement; apprendre c'est un développement. Cela requiert des inventions et des auto-organisations de la part de l'apprenant. Ainsi, les enseignants doivent permettre aux apprenants de faire émerger leurs propres questions, générer leurs propres hypothèses et modèles comme des possibilités, tester leur viabilité et les défendre et les discuter dans des communautés de discours et de pratique . » (Fosnot., & Perry., 2005)*

Ainsi, l'apprentissage est un processus dans lequel l'apprenant est actif. Il est acteur des connaissances qu'il doit acquérir en les construisant par la réflexion et la recherche de solutions. Cette construction se fait grâce aux interactions entre pairs mais aussi grâce à l'enseignant, qui n'a plus ici un rôle central, mais davantage un rôle d'accompagnateur.

**Enseigner**, a pour définition générale : transmission d'un savoir par des leçons ou des exemples à un apprenant.

Du point de vue socioconstructiviste, Raymond dit qu'enseigner c'est :

*« Créer, animer et gérer des situations propices à l'apprentissage, c'est-à-dire créer des situations (rôle de didacticien) où l'élève effectue lui-même toutes les opérations intellectuelles propres à assurer la construction de ses connaissances (rôle de facilitateur), [...] pour assurer le développement des compétences transférables. » (Raymond., 2006)*

Le tableau suivant résume comment Kelly (Kelly., 2014) compare les situations centrées sur l'enseignant et celles centrées sur l'élève.

Situation centrée sur l'élève	Situation centrée sur l'enseignant
<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'enseignant accompagne l'élève en fournissant des pistes de réflexions</li> <li>- Les recherches et les expériences de l'élève lui permettent de construire ses connaissances</li> <li>- Développer les capacités de résolution de problème et la prise de décision de l'élève est primordiale</li> <li>- L'enseignant coordonne les interactions entre pairs dans des conditions favorables à l'apprentissage.</li> <li>- L'élève acquiert des connaissances en échangeant avec ses pairs et l'enseignant</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'enseignant transmet son savoir à l'élève qui le reçoit</li> <li>- La transmission des connaissances est primordiale</li> <li>- L'enseignant explique clairement pendant que l'élève écoute attentivement</li> </ul>

*Tableau 1 : Comparaison entre les situations d'enseignement centrées sur l'enseignant et celles centrées sur l'élève.*

De ce fait, enseigner ne se limite pas uniquement à la transmission du savoir, l'enseignant doit rendre ses élèves actifs en les encourageant à participer et les mettre dans une posture réflexive. Il ne doit pas avoir le rôle central, mais organiser des situations d'apprentissages favorables, pour que l'élève puisse atteindre ses objectifs. Il a le rôle d'un accompagnateur qui favorise les interactions entre pairs afin que les élèves construisent eux même leur connaissance.

## 2-1-2- SOCIOCONSTRUCTIVISME

### a) Constructivisme

Le **constructivisme** qualifie l'idée vu plus haut que l'élève peut de lui-même construire ses connaissances grâce à ses expériences personnelles, théorie en contradiction avec le béhaviorisme qui associait l'apprentissage à un conditionnement où les réponses étaient données par réflexe à un stimulus particulier.

Le constructivisme est l'une des principales approches en didactiques des sciences, de ce point de vue, l'enseignant présente aux élèves des situations d'enseignement afin qu'ils puissent construire eux-mêmes leurs connaissances. Cette méthode d'enseignement a été largement influencée par les travaux de Piaget qui pensait que l'élève « construit » sans s'en rendre compte

des « *schèmes* » qui permettent d'organiser les expériences vécues, dans le but d'interagir au mieux avec l'environnement. Pour le développement cognitif de l'élève, l'école ne serait que secondaire d'après Piaget : « *l'école peut ignorer ou favoriser [le développement] selon les méthodes employées* » (Piaget., 1969), c'est l'élève, seul et individuellement qui va s'adapter à ses nouvelles expériences.

En situation réelle, si l'on se réfère au Tableau 1, il s'agit d'une situation centrée sur l'élève, en effet, l'enseignant en tant qu'accompagnateur devra mettre en place des activités où l'élève peut être en situation de découverte et d'expérimentation afin que celui-ci puisse assimiler et construire ses nouvelles connaissances en mobilisant celles déjà acquises, tout cela individuellement.

La préparation en amont de telles activités nécessite de bien connaître les élèves, certains d'entre eux pouvant être déconcerté et avoir des difficultés face à cette situation créer afin de les déstabiliser.

Le constructivisme en didactique est liée au constructivisme en épistémologie qui indique que les scientifiques construisent leurs connaissances afin de mettre en ordre leurs expériences et se rendre compte de la réalité empirique dans son ensemble, il s'agit là de la théorie constructiviste de la connaissance scientifique. Les scientifiques construisent les nouveaux savoirs et les élèves les reconstruisent dans le cadre scolaire. Cependant, la construction faites par les scientifiques n'est pas individuelle, il s'agit d'une activité collective. Les concepts nouvellement établis sont ceux obtenus suite à un travail long durant lequel les différentes théories et idées ont été mises en concurrence et débattues grâce à diverses expériences. C'est cette dimension sociale négliger par Piaget qui est pour Vygotsky au coeur même de l'apprentissage.

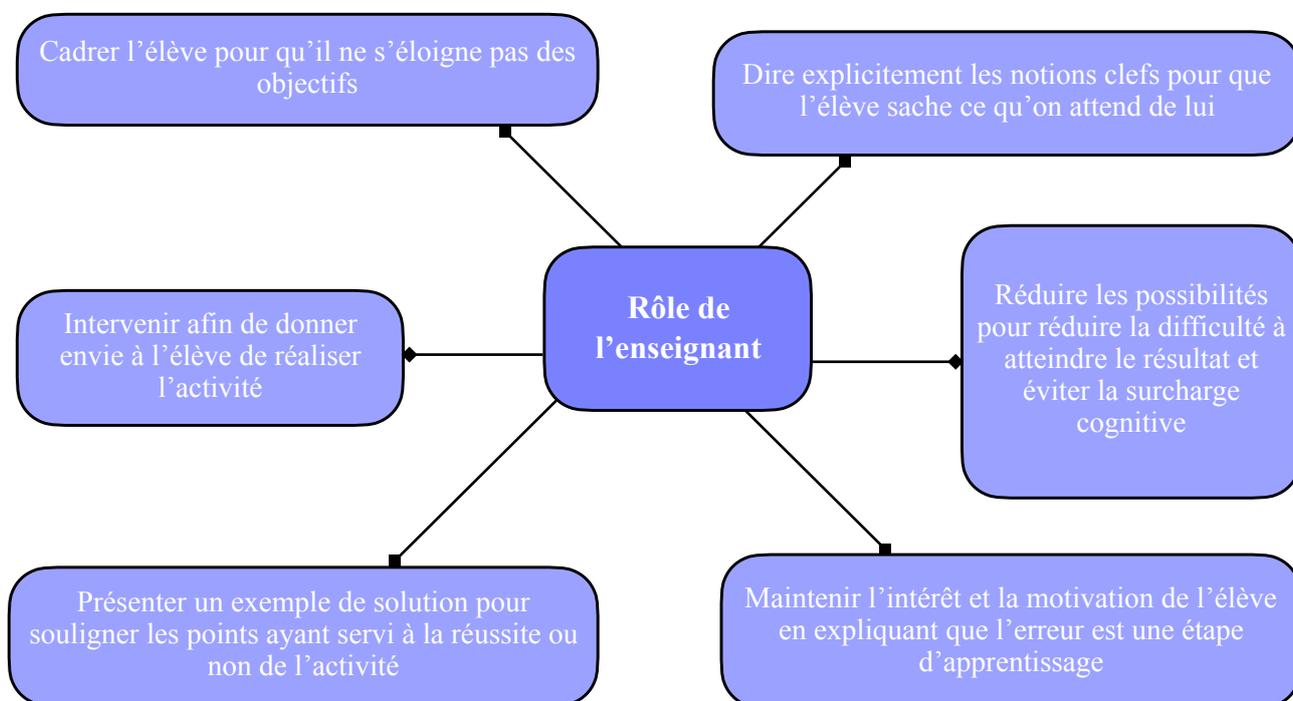
## **b) Socioconstructivisme**

### **• Présentation**

Pour Vygotsky (Vygotsky.,1997) et Bruner (J.Bruner.,2008), pionniers du **socioconstructivisme**, les **échanges sociaux** sont centraux dans la construction des connaissances de l'élève. Comme pour le constructivisme, le socioconstructivisme dit que l'élève construit les savoir à partir des connaissances déjà établies, mais cette fois-ci, la construction ne se fait pas individuellement mais bien grâce à l'échange d'idées et de points de vue avec les pairs et l'enseignant. En débattant et en argumentant avec les autres élèves qui pensent différemment, ils sont poussés à repenser leurs propres idées, approfondissant ainsi leurs connaissances.

En situation réelle, toujours en référence au Tableau 1, l'on se trouve comme pour le constructivisme dans une situation centrée sur l'élève où l'enseignant est l'accompagnateur qui mettra en place des activités et un cadre propice à ce que l'élève puisse développer ses nouvelles connaissances, non pas individuellement cette fois-ci, mais bien grâce à des interactions avec ses pairs. L'école n'est alors plus reléguée au second plan et devient un lieu propice à l'échange.

Pour Vygotsky, il y a des situations dans lesquelles l'élève peut accomplir l'activité et apprendre seul et des activités où l'élève a besoin d'assistance de la part de l'enseignant. C'est dans cette seconde situation que l'enseignant intervient le plus, cette méthode centrée sur l'élève qui le pousse à construire lui-même ses connaissances ne signifie donc pas que l'élève est livré à lui-même. La figure suivante explicite le rôle que l'enseignant a à jouer dans l'apprentissage de l'élève.



*Figure 3 : Rôle de l'enseignant dans l'approche socioconstructiviste*

Le tableau suivant résume les caractéristiques du constructivisme et du socioconstructivisme.

Constructivisme	Socioconstructivisme
l'élève apprend et construit lui-même ses connaissances	l'élève apprend et construit lui-même ses connaissances
l'élève est au centre de l'apprentissage et il est actif	l'élève est au centre de l'apprentissage et il est actif
Expériences <b>individuelles</b> favorisées	<b>Interactions sociales</b> favorisées
L'enseignant a un rôle d'accompagnateur	L'enseignant a un rôle d'accompagnateur

*Tableau 2 : Points clés du constructivisme et du socioconstructivisme*

L'interaction sociale qu'implique donc le socioconstructivisme, peut-être découper en trois processus :

- l'assimilation des concepts scientifiques par l'élève grâce à l'enseignant,
- la coopération entre pairs des élèves,
- le conflit sociocognitif.

#### • Assimilation des concepts scientifiques

Dans ce paragraphe, nous verrons l'importance du rôle de l'enseignant dans l'enseignement et l'apprentissage en science.

Vygotsky (Vygotsky.,1997) différencie les « *concepts spontanés* » et les « *concepts scientifiques* ». L'espace ou le temps sont des connaissances construites par les élèves en s'appuyant sur leurs expériences personnelles sans même qu'ils n'aient à les conscientiser : ce sont les concepts spontanés. Tandis que les concepts plus complexes obtenus suite à de longues périodes de recherche collaborative entre scientifique, comme le modèle du gaz parfait ou l'explication du phénomène d'interférence ne peuvent être construits par un élève sur une courte période.

Pour que l'élève assimile ces concepts, Vygotsky s'appuie sur des études empiriques qui nous apprennent que la transmission est assurée par les enseignants explicitement par des définitions ou des lois. La mise en relation avec des expériences vécues se fait alors progressivement pour l'élève, passant du cas général au cas particulier, l'inverse même des concepts spontanés. L'apprentissage de ces concepts scientifiques se fait à l'aide de l'enseignant qui rend les connaissances accessibles, mais aussi grâce aux concepts spontanés comme lors de l'apprentissage d'une langue étrangère où l'on se base toujours sur la langue maternelle.

Driver (Driver., Squires., Rushworth., & Wood-Robinson., 1994), inspiré par les travaux de Vygotsky pointe du doigt l'importance de faire pratiquer aux élèves la « ***négociation*** » des idées dans l'apprentissage des sciences. Idée également mise en avant par Bruner (Bruner., 2008). Les élèves apprennent « *non pas à travers l'imitation, pas plus qu'au travers d'instructions didactiques, mais par le discours, la collaboration et la négociation* ».

Ce dernier point nous emmène donc au second processus d'interaction sociale du socioconstructivisme : la coopération entre pairs.

## • Coopération entre pairs des élèves

Après avoir mis en lumière l'interaction élève-enseignant pour la construction des concepts scientifiques, nous allons nous intéresser au rôle de la coopération entre élèves.

L'auteur américain Bruner qui a eu un impact important sur la didactique des sciences insiste sur l'effet bénéfique de l'entraide entre élèves. L'apprentissage coopératif en groupe peut permettre d'apprendre plus efficacement selon lui.

« *La coopération [...] un processus social de construction* » Doise et Mugny (Doise., & Mugny., 1981). Pour eux lorsque les élèves confrontent leurs idées ou les construisent en coopération, ils les accordent, ce qui peut entraîner une construction plus solide des nouvelles connaissances en comparaison à celles acquises suite à une construction individuelle.

Il faut cependant rester prudent, car certains élèves peuvent se mettre en retrait et se soumettre au point de vue des autres. Dans ce cas, l'interaction n'a aucune plus-value. Il faut donc veiller à ce que les élèves soient tous égaux dans les négociations et qu'ils entretiennent des relations saines. Cette coopération entre élève peut donner lieu à un **conflit (socio)cognitif**, point qui sera développé dans la prochaine et dernière section de cette partie.

## • Le conflit (socio)cognitif

Piaget dans ses travaux sur le développement cognitif nous apprend que certaines nouvelles connaissances peuvent perturber les représentations qu'ont les élèves. Dans ce cas, l'élève est poussé à instinctivement analyser de nouveau et réorganiser ses connaissances. C'est ce qu'il appelle « *l'accommodation* ». Perret-Clermont, Doise et Mugny (Doise., Mugny., & Perret-Clermont., 1975) reprirent ces travaux mais en se concentrant sur la dimension sociale. Ils reprennent l'hypothèse que les structures responsables des processus cognitifs pour une personne sont les mêmes que celles responsables des interactions et échanges entre élèves. Suite à leurs études, ils proposent l'idée de « *conflit sociocognitif* » qui peut se définir comme « *la confrontation entre des avis divergents qui est constructive dans l'interaction sociale* ». Ainsi, le conflit a lieu lorsque deux élèves ou plus échangent leur point de vue, intéressant, mais différent. Cette situation se retrouve lorsque les élèves travaillent en groupe dans des phases d'investigations et de résolution de problème. Le conflit sociocognitif est directement lié à l'activation cognitive de l'élève, ces deux notions seront davantage développer dans la prochaine partie qui se consacre donc à la **neurodidactique** des sciences.

## 2-2- NEURODIDACTIQUE DES SCIENCES

L'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) permet d'étudier quelles sont les régions du cerveau impliquées dans l'exécution de certaines actions motrices ou cognitives. Ces études permettent ainsi de comprendre de mieux en mieux le travail cérébral impliqué dans la réalisation d'une tâche. À l'école, les élèves effectuent constamment des actions cognitives, en faisant réaliser à quelqu'un se trouvant dans un appareil d'IRMf des tâches scolaires, il devient possible de comprendre comment fonctionne le cerveau en situation d'enseignement-apprentissage. Le domaine de recherche s'intéressant d'un point de vue neuroscientifique à l'apprentissage et l'enseignement des sciences est la neurodidactique des sciences. Nous allons donc nous intéresser dans cette partie à l'activation cognitive et au conflit cognitif d'un point de vue neuroscientifique.

### 2-2-1- ACTIVATION COGNITIVE

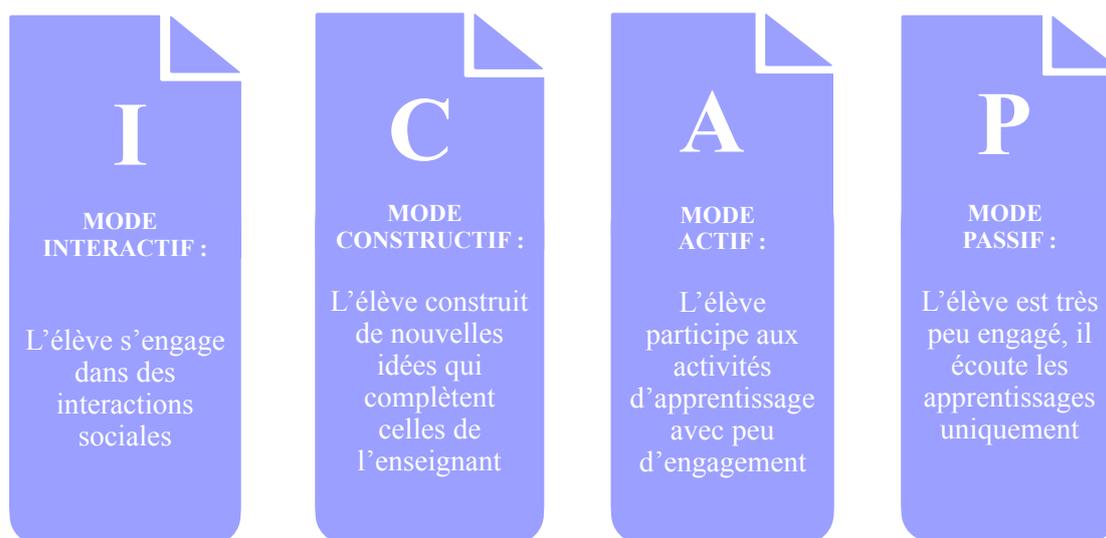
L'activation cognitive ou l'apprentissage en profondeur se différencie de l'apprentissage en surface :

Apprentissage en surface	Apprentissage en profondeur ou activation cognitive
<ul style="list-style-type: none"><li>- L'élève va reproduire ce qui lui a été enseigné sans chercher à approfondir les notions ou établir un lien entre tous les concepts qu'il a appris</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- L'élève essaie de comprendre le sens de ce qu'il apprend</li><li>- Il établit des liens entre la matière étudiée, ses connaissances actuelles et ses expériences personnelles</li><li>- Il a un regard critique sur le sujet qui est étudié</li></ul>

*Tableau 3 : Comparaison entre apprentissage en surface et en profondeur*

Bien que l'apprentissage en profondeur favorise la construction, l'élaboration et l'action plutôt que la mémorisation, elle ne lui est pas totalement antagoniste. Au contraire, l'apprentissage en profondeur serait un facteur favorisant la mémorisation. De ce fait, Fergus Craik et R.S.Lockhart (F.Craik., & R.S.Lockhart., 1972) ont élaboré le modèle des niveaux de traitement pour l'apprentissage. Pour eux, les éléments traités plus en profondeur grâce à la justification, aux débats, aux applications et aux échanges sont mieux mémorisés et cela de manière durable. L'étude de Fergus Craik et Endel Tulving (F.Craik., & E.Tulving., 1975) de 1975 confirme qu'un apprentissage en traitant des questions et en étant actif engendre une meilleure mémorisation que lors de l'apprentissage en surface.

Chi et Wylie (Chi., & Wylie., 2014) ont conçu un modèle comportant quatre modes qui aboutissent à une activation cognitive, le modèle ICAP :



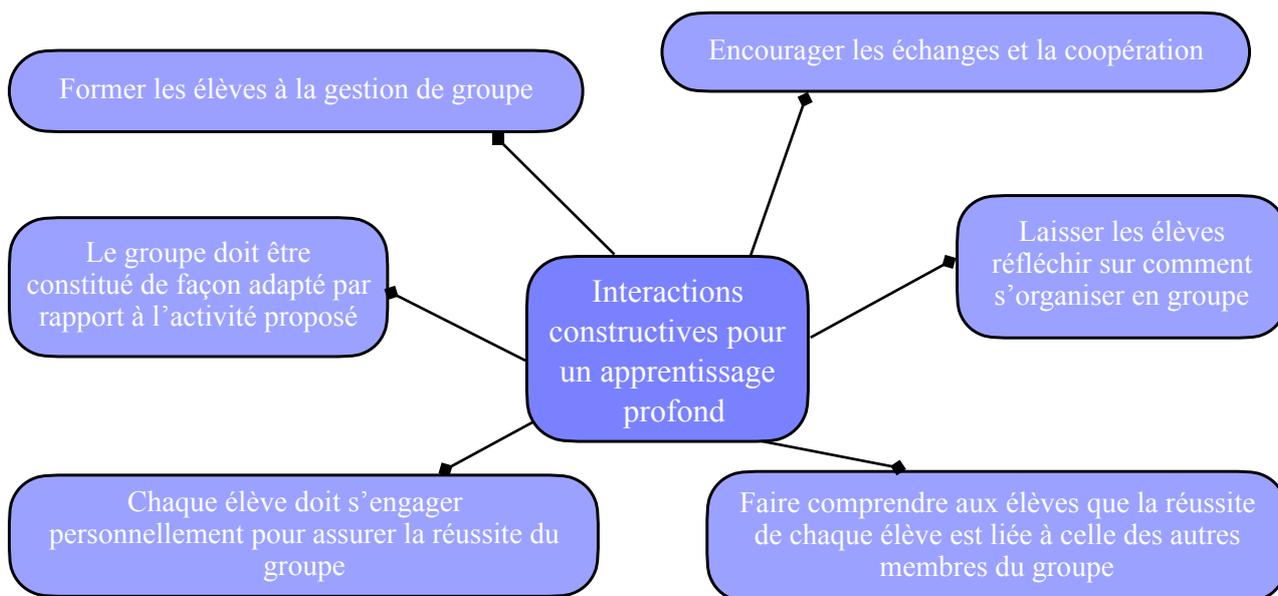
*Figure 4 : Les quatre modes d'engagement du modèle ICAP selon Chi et Wylie*

Pour assurer une activation cognitive, nous userons des deux premiers modes : le mode interactif et le mode constructif qui rappelle l'approche socioconstructiviste. En considérant ces deux modes, l'activation cognitive se traduira dans des situations d'enseignements de différentes façons, comme nous le voyons dans le tableau suivant qui donne quelques exemples :

	<b>Mode interactif</b>	<b>Mode constructif</b>
<b>Suivre un cours</b>	Négociation des idées, débat, argumentation	Poser des questions, réflexion
<b>Lecture d'un texte</b>	Poser des questions à l'enseignant ou à un pair et répondre aux questions	Annoter le texte, reformuler certaines phrases
<b>Apprentissage</b>	Construction de nouvelles connaissances pouvant dépasser celle de la matière enseignée	Mise en relation des nouvelles connaissances aux expériences personnelles et aux connaissances antérieures

*Tableau 4 : Expression de l'activation cognitive en situation d'apprentissage dans les deux premiers mode du modèle ICAP*

L'enseignant a alors pour rôle de gérer et d'impulser les interactions car ce sont elles qui produisent les conflits cognitifs. Les élèves peuvent être déstabilisés lors des situations favorisant les interactions sociales, la manière dont les conflits cognitifs sont gérés est donc essentielle, si les relations préalables sont asymétriques, ou qu'un élève manque de confiance en lui pour défendre ses idées, l'interaction avec ses pairs est totalement vaine. C'est pour cela que l'enseignant doit s'assurer que le cadre permette de mettre en place des interactions constructives afin que tous les élèves puissent accéder à un apprentissage en profondeur. Pour ce faire, la mise en place d'un environnement prenant en compte les six points représenté sur la Figure 5 est nécessaire.



*Figure 5 : Six points importants pour mettre en place un environnement propice à l'apprentissage en profondeur*

Maintenant que nous avons vu ce qu'implique l'activation cognitive qui conduit au conflit cognitif, comment le mettre en place et comment il se traduit en situation réelle, nous pouvons nous questionner sur son efficacité. Cette efficacité est difficilement mesurable quantitativement, mais grâce aux neurosciences, il est possible de voir qualitativement si oui ou non, le conflit cognitif a un impact positif sur l'apprentissage des élèves.

### **2-2-2- RÉACTION DU CERVEAU À UN CONFLIT COGNITIF**

Pour savoir comment réagit le cerveau face à un conflit cognitif, l'on entre dans le domaine de la neuroéducation. La neuroéducation est un :

*« Néologisme qui désigne l'ensemble des méthodes pédagogiques qui adhèrent au plus près des processus d'apprentissage. C'est une discipline née de la rencontre des sciences cognitives et des sciences de l'éducation qui étudie le rôle des neurosciences en éducation. Elle cherche à optimiser nos méthodes pédagogiques en fonction de l'activité normale, spontanée du cerveau. » (Académie de Versailles., 2018)*

Ce domaine apparu récemment aide à comprendre comment le cerveau de l'élève réagit lors d'activités scolaires. Grâce à cela, il est possible d'étudier les effets de différents types d'enseignement en mesurant l'efficacité d'une méthode. La neuroéducation permet également d'identifier les élèves présentant des difficultés ou même des troubles d'apprentissage comme la dyslexie ou la dyscalculie.

La neuroéducation se décompose en trois domaines d'après Mason (S.Mason., 2007) :

- Neuroadaptation,
- Neuropédagogie,
- Neurodidactique, qui se décomposent eux-mêmes en sous-domaine.

Dans notre étude, nous nous intéresserons principalement à la neurodidactique, étudiant les mécanismes cérébraux liés à l'apprentissage et à l'enseignement de discipline et plus précisément à la neurodidactique des sciences.

Une expérience de Fugelsang, Dunbar et Stein (Dunbar., Fugelsang., & Stein., 2007) a pu déterminer ce qu'il se passe dans le cerveau lors d'un conflit cognitif et voir si cette activité confirmait ou non l'efficacité de ce processus.

Pour répondre à ces deux questions, 14 participants ont été observés à l'aide de l'IRMf, ils devaient évaluer des données qui étaient en accord ou en désaccord avec leurs connaissances précédentes sur l'efficacité d'un médicament. Les résultats de l'étude se retrouvent dans la Figure 6.

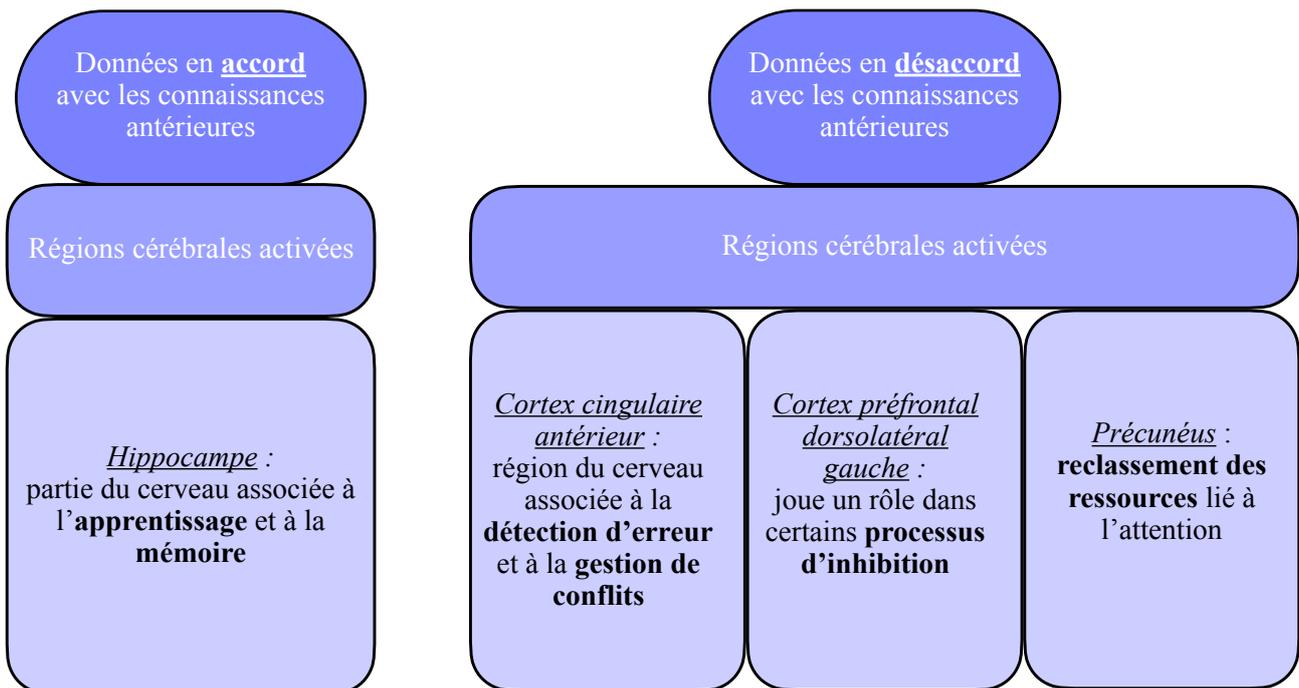
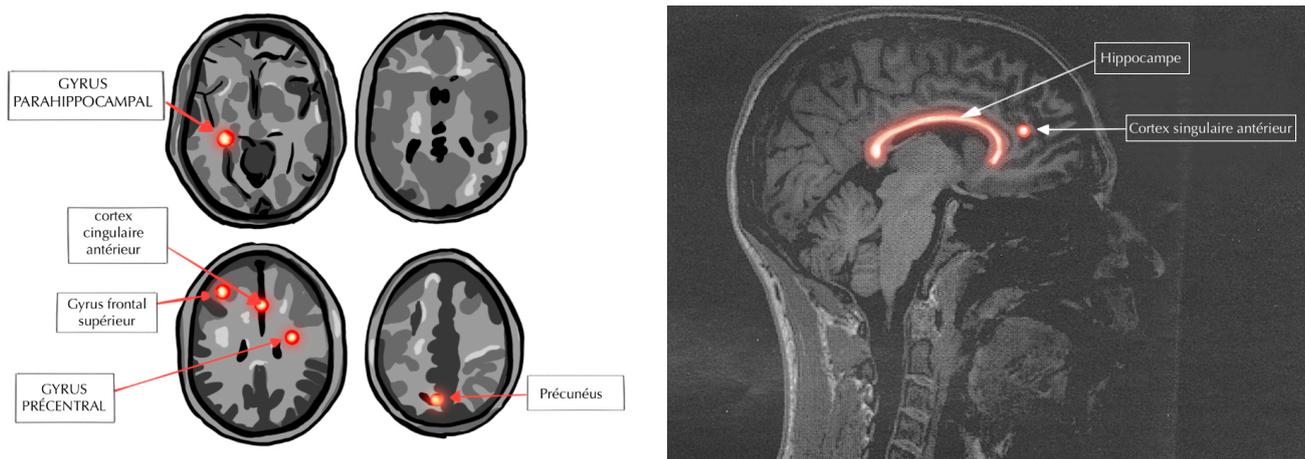


Figure 6 : Résumé des résultats de l'expérience de Fugelsang, Dunbar et Stein sur le conflit cognitif



*Figure 7 : Schémas des activations cérébrales observées par Fugelsang, Dunbar et Stein*

Le schéma de gauche de la Figure 7 représente quatre coupes axiales d'un cerveau vu d'en haut. Les zones du cerveau davantage activées lorsque les données sont en accord avec les connaissances antérieures sont écrites en majuscule. En minuscule, ce sont les régions davantage activées lorsque les données présentent un conflit cognitif. Le schéma de droite est une image d'IRM du cerveau vu de côté où l'hippocampe et le cortex singulier antérieur sont localisés.

Lorsque les nouvelles informations s'accordent avec les conceptions et connaissances de l'élève, il sera plus simple pour lui de les apprendre et de les retenir. Tandis que lorsque les informations sont contradictoires avec ses connaissances actuelles et qu'il y a lieu un conflit cognitif, le cerveau interprétera les nouvelles informations comme des erreurs et les ignorera. Le cerveau ne remettra pas en question ses connaissances précédentes, ce qui en revanche remet en question le rôle du conflit cognitif dans l'enseignement.

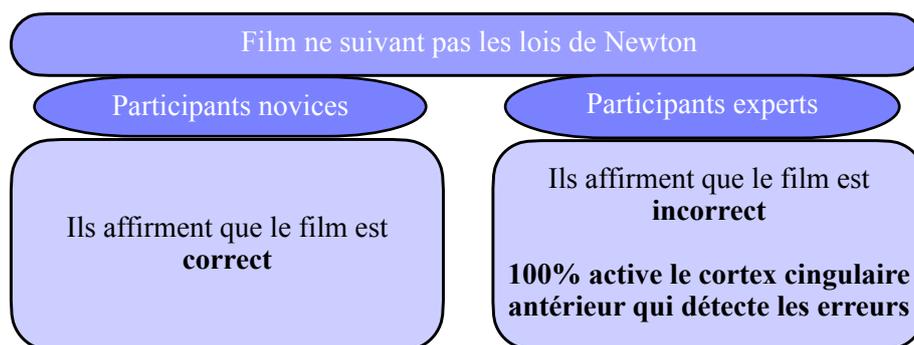
Cette étude ne prouve pas que le conflit cognitif est inefficace, mais prouve qu'il n'est pas une fin en lui-même. Le conflit cognitif ne serait pas suffisant pour effectuer un changement conceptuel, il est aussi important de préciser ici, que l'étude n'a pas été faite en contexte social, l'individu était seul face aux données, sans possibilité d'échanger et donc de négocier ses idées.

Cette expérience nous apprend ainsi que présenter des données en contradiction avec les connaissances des élèves n'est pas suffisant pour qu'ils puissent apprendre et comprendre. Le conflit cognitif doit être suivi d'**un autre processus**.

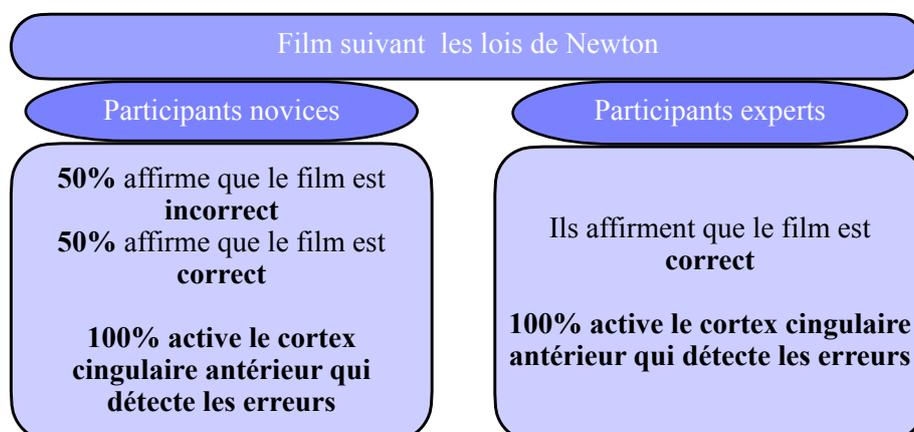
### 2-2-3- RÔLE DE L'INHIBITION DANS L'APPRENTISSAGE DES SCIENCES

Maintenant que nous savons que le conflit cognitif ne suffit pas à produire un changement conceptuel à lui seul et donc à construire de nouvelles connaissances, Dunbar, Fugelsang et Stein (Dunbar., Fugelsang., & Stein., 2007) ont cherché à déterminer ce qu'il se passait dans le cerveau lors d'un changement conceptuel.

Pour y arriver, ils ont, toujours, dans un appareil d'IRMf, mis des participants face à deux types de films : l'un était un film qui ne suivait pas les lois de Newton (les balles plus lourdes tombent plus vite dans le vide que les balles plus légères) et l'autre un film qui respectait les lois de Newton (les balles plus lourdes tombent à la même vitesse que les balles plus légères dans le vide), les participants étaient soit novices, c'est-à-dire qu'ils avaient peu de connaissances en mécanique classique et qu'ils n'ont pas effectué le changement conceptuel, soit expert, c'est-à-dire qu'ils avaient suivi un enseignement de mécanique classique dans leur cursus et qu'ils ont donc déjà effectué le changement conceptuel.



*Figure 8.a : Résumé des résultats de l'expérience de Fugelsang, Dunbar et Stein sur le changement conceptuel en mécanique lorsque le film ne suit pas les lois de Newton*



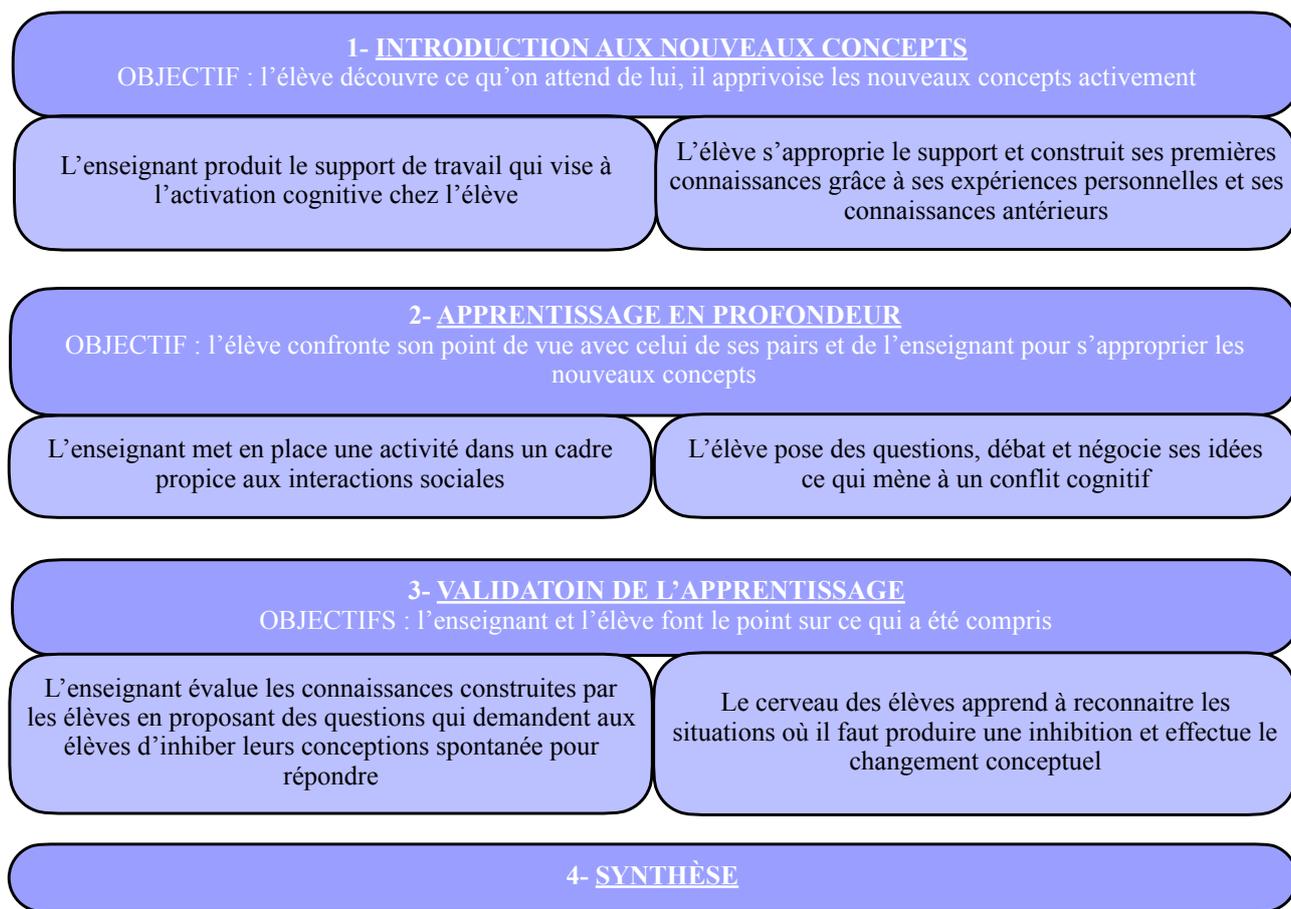
*Figure 8.b : Résumé des résultats de l'expérience de Fugelsang, Dunbar et Stein sur le changement conceptuel en mécanique lorsque le film suit les lois de Newton*

Les résultats les plus intéressants sont ceux du film suivant les lois de Newton. La moitié des participants novice affirme que le film newtonien est exact malgré l'activation de leur cortex cingulaire antérieur. L'activation de cette région signifie qu'il y a un conflit pour le cerveau lors du visionnage du film, pourtant les participant affirment le contraire. Les chercheurs ont expliqué ces résultats en émettant l'hypothèse que les participants novices n'avaient pas réalisée le changement conceptuel pour comprendre la loi de Newton, ils n'avaient donc pas compris réellement le concept derrière la loi, mais se sont rappelés des enseignements qu'ils avaient pu avoir sans en comprendre la réelle signification.

Concernant les participants experts, leur cortex cingulaire antérieur est activé lors de la diffusion des deux films. Ce qui est surprenant dans le cas du film newtonien. Malgré le fait qu'ils affirment que le film newtonien soit correct, leur cerveau l'interprète lui comme une erreur. Le cerveau des experts réagit alors comme celui des novices, mais ce qui les différencie est que le cerveau des experts est capable d'**inhiber** la réponse spontanée de leur ancienne conception.

Lors d'un changement conceptuel, l'élève ne **reconstruit donc pas ses connaissances grâce au conflit cognitif, il apprend à inhiber ses fausses connaissances antérieures** afin d'effectuer un changement conceptuel et pouvoir mieux apprendre. Cela implique que l'enseignant mette les élèves face à des situations les entraînant à inhiber leurs connaissances spontanées. Ces études sur le rôle de l'inhibition dans l'acquisition de concepts scientifique nécessitent néanmoins davantage de recherche, ces deux expériences nous donnent des pistes à explorer, et nous montrent que la neurodidactique des sciences est un domaine toujours en construction.

À la lumière de ces recherches, des expériences, des pistes et des résultats précédents, un modèle se dégage afin de garantir au mieux l'apprentissage des sciences :



*Figure 9 : Modèle pour assurer l'apprentissage des sciences*

La théorie socioconstructiviste et les découvertes récentes en neurodidactiques des sciences sont-elles en adéquation avec les programmes officiels du ministère de l'Éducation Nationale en France ? Pour cela, nous allons analyser deux des textes officiels du ministère de l'Éducation Nationale qui servent chaque jour à tout enseignant de Physique-Chimie dans l'exercice de ses fonctions : le Bulletin Officiel des programmes de Physique-Chimie au collège et lycée et celui du référentiel de compétence de l'enseignant.

## **2-3- TEXTES OFFICIELS**

### **2-3-1- BULLETIN OFFICIEL DU PROGRAMME DE PHYSIQUE-CHIMIE**

Le professeur de Physique-Chimie s'appuie sur les Bulletins Officiels (Ministère de l'Éducation Nationale, 2019) qui contiennent les programmes du cycle trois et quatre pour les classes de la sixième à la troisième et ceux de seconde, première et terminale générale ou technologique.

Le programme pour le cycle quatre comporte plusieurs volets visant à expliciter les compétences générales à développer chez les élèves. Dans le premier volet « *Les spécificités du*

*cycle des approfondissements* », il est dit que « *l'élève œuvre au développement de ses compétences [...], il s'agit [pour l'élève] de réfléchir davantage aux ressources qu'il mobilise, que ce soit des connaissances, des savoir-faire ou des attitudes* », il doit « *entreprendre et coopérer avec les autres [...] développer son autonomie et sa capacité à oser penser par lui-même* ».

Le deuxième volet « *Contributions essentielles des différents enseignements et champs éducatif au socle commun* » insiste sur « *l'apprentissage du travail coopératif et collaboratif sous toutes ses formes* ». L'élève « *développe son sens critique* » grâce au « *débat* », il est encouragé dans ses « *prises d'initiatives* » individuelles ou collectives.

Deux grandes compétences à travailler concernent directement notre étude : **communiquer** en argumentant et **s'exprimer à l'oral lors d'un débat scientifique**. Il est donc clair ici que pour les classes du collège les programmes officiels sont en adéquation avec les démarches d'enseignement actif visant un apprentissage en profondeur et une collaboration entre pairs avec négociation des idées.

Concernant les classes de lycée, l'enseignant doit privilégier les situations où l'élève est en activité, les rendre autonomes et encourager la prise d'initiative en proposant des temps de travail en groupe notamment, il doit écouter leurs « *conceptions initiales* » et les encadrer. Les élèves doivent s'entraîner à **argumenter** de façon à permettre à chacun de « *faire évoluer sa pensée, jusqu'à la remettre en cause si nécessaire, pour accéder progressivement à la vérité par la preuve* ».

On retrouve alors comme pour les programmes de collège les mêmes compétences et notamment celle concernant la **communication** où l'une des capacités à développer est d'« *échanger entre pairs* ».

## **2-3-2- BULLETIN OFFICIEL DU RÉFÉRENTIEL DE COMPÉTENCE DE L'ENSEIGNANT**

Les élèves ne sont pas les seuls à devoir développer des compétences, en effet, l'enseignant également doit le faire (Ministère de l'Éducation Nationale., 2015) . La troisième compétence commune à tous les professeurs et personnels de l'éducation « *Connaître les élèves et les processus d'apprentissage* » dit que l'enseignant doit « *tenir compte des dimensions cognitives* » de l'enseignement, il doit laisser s'exprimer les élèves notamment vis-à-vis de leurs démarches et raisonnement afin d'aider ces derniers à les améliorer.

La troisième « *Compétences communes à tous les professeurs* » qui s'intéresse à la mise en place de situation d'enseignement et d'apprentissage adapté à la diversité des élèves indique que

l'enseignant doit favoriser l'intégration des compétences transversales comme la **collaboration** en proposant des situations de questionnement afin que les élèves développent leur esprit critique et **confrontent leurs points de vue**.

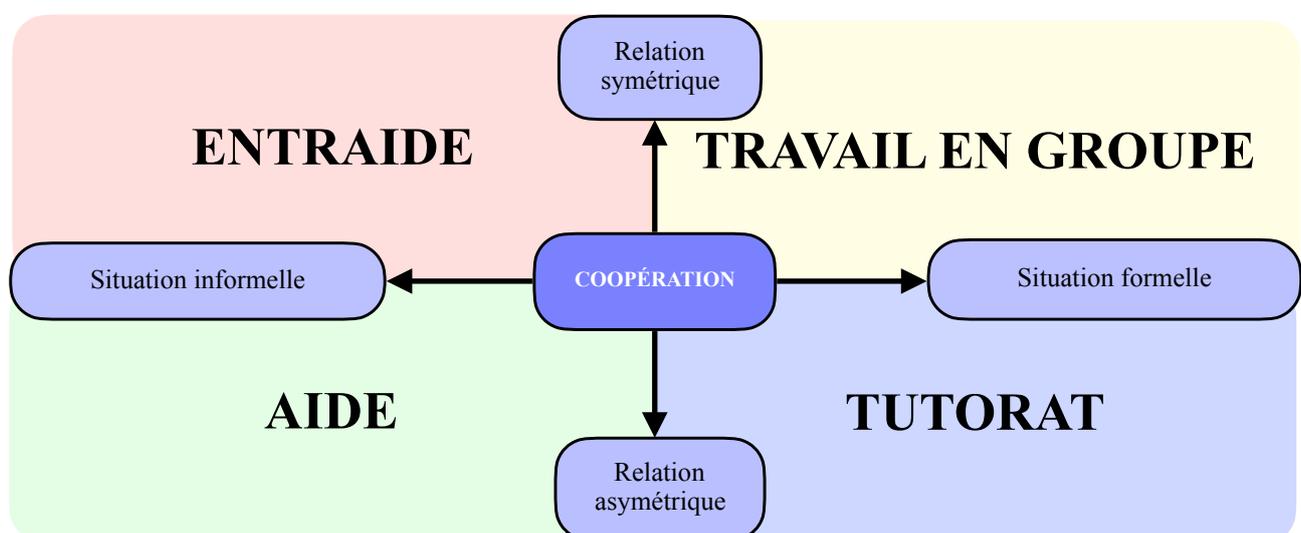
La quatrième compétence de ce volet, « *Organiser et assurer un mode de fonctionnement du groupe favorisant l'apprentissage et la socialisation des élèves* » dit explicitement qu'il faille favoriser la participation des élèves en créant une dynamique d'**échange entre pairs**.

Les programmes officiels encouragent donc une approche socioconstructiviste de l'enseignement qui doit également susciter l'activation cognitive des élèves en mettant en place des situations où ils sont les **acteurs principaux** de leur apprentissage. L'enseignant a de ce fait un rôle important d'**accompagnateur** et de **coordonnateur** qui élaborera le plus efficacement possible les situations qui favoriseront cette approche. Pour cela, l'enseignant possède à sa disposition différentes possibilités pour mettre en place des formes de collaborations entre élèves.

## 2-4- LES DIFFÉRENTES FORMES DE COOPÉRATION ENTRE ÉLÈVE DANS L'ENSEIGNEMENT

Nous allons dans les prochains paragraphes présenter de façon brève afin de bien les différencier de l'apprentissage entre pairs (peer instruction) les principales formes de coopération que les enseignants peuvent mettre en place pour répondre au mieux aux exigences des Bulletins Officiels et aux besoins des élèves pour leur apprentissage.

Il existe quatre grandes catégories de coopération entre élèves suivant la relation entre eux et la situation dans laquelle ils se trouvent. (Connac., 2017)



*Figure 10 : Les formes de coopérations existantes entre élève d'après Connac*

Nous nous concentrons dans notre étude sur la coopération ayant lieu en situation formelle, ainsi suivant la relation, entre les élèves, nous serons dans une situation de tutorat ou de travail en groupe.

Dans le cadre d'une relation asymétrique en situation formelle, nous parlerons de **tutorat entre pairs**. Le tutorat peut se faire entre élèves se trouvant dans une même classe, donc de même niveau scolaire ou entre élève de niveau scolaire différent, il s'agira alors de tutorat inter-niveaux. Dans tous les cas, il y aura un élève aidé, le tuteur et un élève qui aide, le tuteur. Le tuteur doit aider le tuteur dans ses apprentissages et le tuteur accepter l'aide qui lui ai donné. Pour Goodlad et Hirst (Goodlad., & Hirst., 1990), le tutorat est « *un système d'enseignement au sein duquel les apprenants s'aident les uns les autres et apprennent en enseignant* », ainsi tuteur et tuteur bénéficient de l'interaction, l'enseignant ne représente de cette façon plus la seule source d'apprentissage pour l'élève.

Dans le cadre d'une relation symétrique en situation formelle, il s'agit du cas des **travaux de groupe**. Dans ce cas, les élèves travaillent ensemble vers un objectif commun. Les travaux de groupe sont souvent l'occasion pour les élèves de s'organiser et d'avancer en autonomie avec l'aide si besoin de l'enseignant. Cette pratique reste cependant occasionnelle et vient souvent compléter un enseignement.

Ces formes de coopérations sont toutes des compléments, elles ne servent pas dans un premier temps à construire les connaissances des élèves, mais aide à les consolider, à mieux les comprendre. Des séances spécifiques leur sont dédiées et il est dit explicitement aux élèves qu'il s'agit d'un travail à part, d'un travail singulier et particulier dans leur parcours scolaire. Il n'est donc pas totalement intégré au processus d'apprentissage d'où son caractère exceptionnel pour les travaux de groupe et sa séparation avec les heures de cours traditionnelles pour le tutorat. Mais alors comment intégrer dans l'enseignement primitif des nouvelles connaissances de l'élève cette dimension collaborative ?

## 2-5- APPRENTISSAGE ENTRE PAIRS (PEER INSTRUCTION)

### 2-5-1- FONDEMENT THÉORIQUE

L'apprentissage entre pairs, instruction/enseignement entre pairs ou « *Peer instruction* » en anglais est un modèle d'enseignement développé par Eric Mazur enseignant américain de physique à l'université d'Harvard. Avant d'utiliser l'apprentissage entre pairs (peer instruction), Eric Mazur enseignait en dispensant des cours magistraux. Bien que ses étudiants réussissaient les examens il constata qu'ils avaient du mal à expliquer les concepts physiques dont ils se servaient révélant une maîtrise superficielle de leur apprentissage.

- « *Ces étudiants ne comprenaient que superficiellement la physique tout en réussissant remarquablement aux examens traditionnels.* » - Eric Mazur (E.Mazur., 1997)

Pour palier à cela, il développa le modèle d'apprentissage entre pairs. Ce modèle favorise l'esprit critique, la résolution de problème et la mise en activité des étudiants. Elle met en coopérations les étudiants, favorise la participation de ces derniers et augmente également les échanges entre eux et l'enseignant malgré leur nombre important en classe. Grâce à la discussion, les étudiants ont une compréhension plus précise des principes grâce à un apprentissage en profondeur usant du mode interactif et constructif du modèle ICAP (Figure 4). Ainsi, ils seront plus enclins à réutiliser les connaissances acquises plus tard dans le cours ou dans leur futur professionnel. En expliquant et défendant leur point de vue auprès d'un autre, les étudiants peuvent initier un conflit cognitif durant cette étape de négociation.

Lors d'un cours magistral, l'enseignant dispense son cours et les élèves ont une posture passive. Les connaissances apprises en cours magistral sont complétées par une mise en pratique lors de séances où des exercices sont effectués, afin de se préparer à l'examen des connaissances qui se fait généralement de façon individuelle. Exceptés lors des séances d'exercices, les élèves sont peu sollicités et la coopération n'est pas mise en avant, l'apprentissage individuelle étant majoritaire voire unique dans ce mode de fonctionnement.

Malgré la liberté pédagogique, la pédagogie française reste très classique et suit ce schéma. Dès l'école élémentaire et jusqu'au lycée, la méthode majoritaire et notamment en science est l'enseignement magistral. Pourtant les classes étant hétérogènes, il est nécessaire de penser à une

méthode permettant de ne pas ennuyer les meilleurs élèves sans abandonner ceux en difficultés en plus de rendre plus attrayant et efficace l'enseignement des sciences.

Avant de passer à la description de la méthode, nous regroupons dans le Tableau 5 les différences entre l'apprentissage entre pairs et l'apprentissage individuel.

Apprentissage individuel	Apprentissage entre pair
<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'enseignant est au centre</li> <li>- Le cours est présenté linéairement</li> <li>- L'élève est passif</li> <li>- L'élève travaille seul en classe</li> <li>- Un examen à la fin des chapitres</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'élève est au centre</li> <li>- L'élève a accès aux documents de référence avant la première séance</li> <li>- L'élève construit ses connaissances</li> <li>- L'élève échange avec ses pairs</li> <li>- L'enseignant vérifie les connaissances des élèves tout au long de la progression</li> </ul>

*Tableau 5 : Comparaison entre l'apprentissage individuel et l'apprentissage entre pairs*

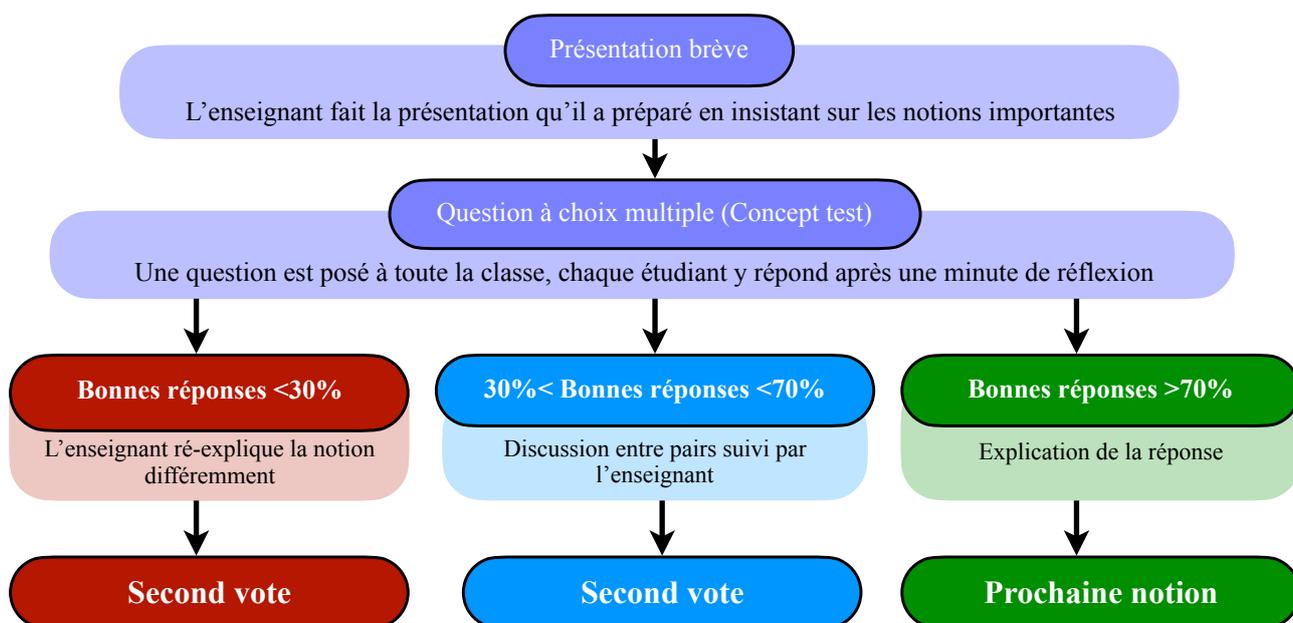
### **2-5-2- DESCRIPTION DE LA MÉTHODE**

Nous allons à présent expliciter les différentes étapes de la méthode de Mazur.

L'enseignant peut pendant le cours expliquer trois à quatre notions différentes en une heure, avec les notes de cours et les documents de références obtenus au préalable, les étudiants posent leurs questions à l'enseignant qui préparera en amont une présentation reprenant les questions. Suite à cela, un test sur les concepts expliqué appelé « concept test » sera effectué afin de fournir aux étudiants et à l'enseignant un retour rapide sur la maîtrise des notions abordées.

En majorité, la discussion entre les étudiants augmentera le pourcentage de bonnes réponses et jamais l'inverse (E.Mazur., 1997). L'étudiant ayant obtenue la bonne réponse au préalable aura davantage de chance de convaincre un autre étudiant, car il aura compris le concept et son argumentation sera difficilement réfutable en comparaison à un étudiant ayant eu une mauvaise réponse. En plus d'apporter un apprentissage plus en profondeur des notions, la confiance des étudiants et leur sens critique augmentent.

Les étudiants seront plus réceptifs à l'explication d'un de leur pair, leur maîtrise de la notion étant récente, ils sont pleinement conscients des difficultés qu'ils ont eu et comment ils les ont surmontées pour avoir la bonne démarche. Ils sont alors bien conscients lors de leur explication des points sur lesquels insister. En comparaison, un enseignant a généralement oublié ces difficultés et erreurs auxquelles il a été confronté. Dans l'absolue, les étudiants expliquent mieux les nouvelles notions que l'enseignant (E.Mazur., 1997).



*Figure 11 : Organisation de la séance suivant la méthode d'apprentissage entre pair (les valeurs de pourcentage utilisés sont des indications et peuvent-être modifié selon les notions abordées)*

Les réponses possibles à la question choisie par l'enseignant doivent être des réponses plausibles, se basant sur des erreurs fréquentes. En s'entraînant à répondre à ce type de questions, les étudiants ne se laisseront pas avoir par leur réflexion spontanée et leur cerveau pourra s'entraîner à **inhiber** leurs fausses conceptions. Une fois que les étudiants ont répondu, il faut s'intéresser au nombre de bonne réponse.

- Si **moins de 30% des étudiants ont la bonne réponse**, cela indique qu'il faut expliquer davantage la notion, il faut alors se servir d'autres méthodes, utiliser des exemples précis et aussi échanger avec les étudiants. Une fois la notion ré-expliquée, les étudiants répondent de nouveau à la question.
- S'il y a **entre 30% et 70% de bonne réponse** de la part des étudiants, ces derniers sont invités à discuter avec leurs pairs de la réponse qu'ils ont choisi afin de débattre et d'entrer dans la phase de négociation. Pendant ce temps, l'enseignant passe dans les rangs pour écouter les arguments de chacun afin de trouver des pistes qui expliquent les erreurs des étudiants. Cette phase peut durer jusqu'à cinq minutes. Après que la phase de discussion soit terminée, les étudiants répondent de nouveau à la question.

Dans tous les cas, une fois que **plus de 70% de bonne réponse** soit obtenue, l'enseignant explique la bonne réponse et explique en quoi les autres sont fausses. Une fois cela fait, il est possible de passer à la notion suivante qui sera traitée avec le même schéma.

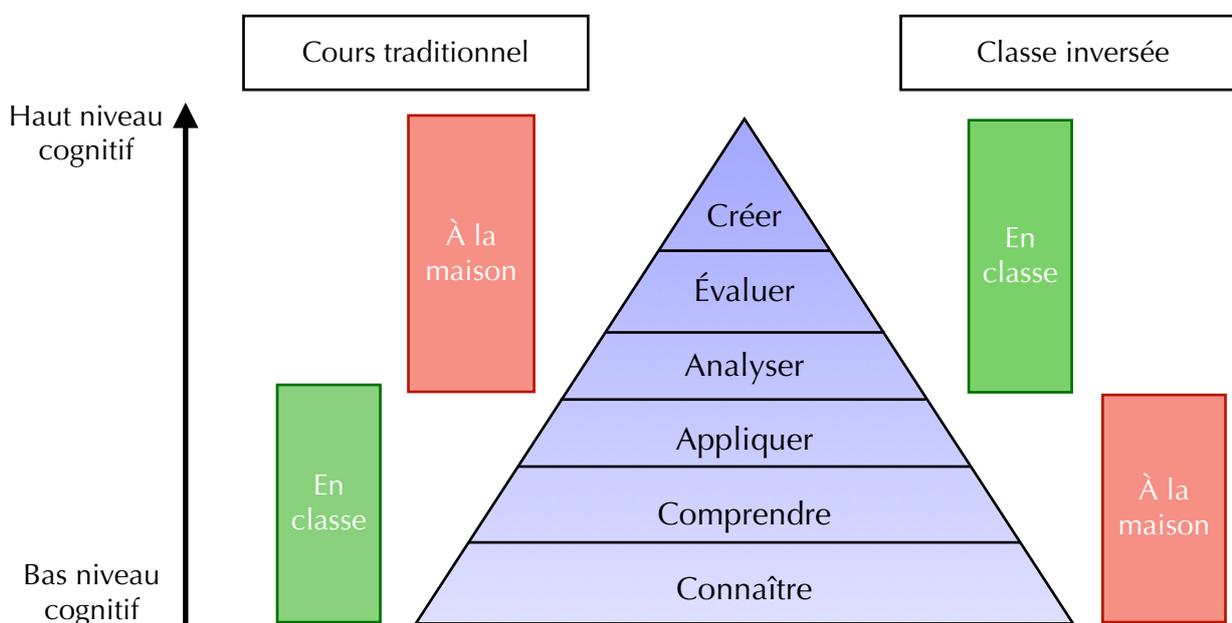
Dans le cas où plus de 70% de réponse ne serait pas atteint, en se servant des discussions entre pairs, l'enseignant ré-explique la notion et propose une question différente sur la même notion.

### 2-5-3- MISE EN SITUATION

Cette méthode est principalement utilisée à l'université dans des cours de sciences. Afin de veiller à son bon déroulement, le travail des étudiants en amont doit être fait, car il constitue une part essentielle de la réussite de la méthode. C'est là sans doute, la principale difficulté du côté étudiant qui se présente.

Cette approche dans laquelle l'assimilation des connaissances se fait hors de la classe et la vérification de l'assimilation se fait en classe renvoie à la méthode de la classe inversée.

La classe inversée correspond à une inversion à la fois spatiale et temporelle de la classe traditionnelle. La partie magistrale du cours habituellement faites en classe se fait à la maison et le temps de classe ainsi libérée sert à réaliser les devoirs et exercices d'approfondissement habituellement fait à la maison. De ce fait, dans cette méthode, les activités cognitives de bas niveau sont faites à la maison et les activité de haut niveau cognitif se font en classe en collaboration. Dans cette démarche, l'enseignant devient un accompagnateur.



*Figure 12 : Schéma de comparaison des activités cognitives suivant le modèle du cours traditionnel ou de la classe inversée (H.Dufour., 2014)*

Afin de mettre en place la classe inversée, l'enseignant met à disposition un certain nombre de ressources dont la nature peut être très variable, l'élève réalise alors en autonomie le travail qui lui permet d'acquérir de nouveaux savoirs, savoirs qui seront plus tard mobilisés en classe lors d'activités de mise en pratique et d'approfondissement.

Inverser sa classe nécessite un grand investissement pour que la méthode soit efficace, il faut penser au mieux à l'utilisation du temps de classe dédié aux activités, point crucial de la méthode si l'on veut bénéficier de tous les avantages qu'elle octroie. En effet, la classe inversée permet de différencier l'enseignement, chaque élève pouvant aller à son rythme à la maison et la configuration de groupe en classe permettant de voir individuellement chacun d'entre eux tout en leur permettant de bénéficier des interactions entre pairs, elle permet aussi de gagner du temps et d'avoir un cadre de classe plus agréable qui tend à rendre l'élève davantage autonome.

La classe inversée peut-être adaptée à chaque enseignant selon ses besoins, Eric Mazur d'ailleurs se sert, pour s'assurer que ses étudiants fassent le travail, de la méthode « Just-in-Time Teaching » (Novak., Gavrin., Christian., & Patterson., 1999), méthode dans laquelle le travail se fait la veille du cours. L'enseignant fournit en début d'année une liste des lectures à faire accompagner d'un questionnaire à remplir, ainsi l'étudiant est obligé au minimum d'essayer de comprendre les concepts. En retournant le questionnaire à l'enseignant, ce dernier peut ajuster sa présentation en fonction des notions les mieux comprises et celles les moins comprises.

Les heures de cours passer à s'entraîner sur des problèmes traditionnels sont réduites. Les étudiants doivent s'entraîner à faire les problèmes en autonomie et lors de séances prévues à cet effet, partager leurs difficultés à l'enseignant si besoin.

L'évaluation a également été modifiée, ses examens possèdent à présent une partie sur la compréhension des concepts, l'objectif de l'apprentissage entre pairs, en plus d'une partie traditionnelle où il y a des problèmes à résoudre.

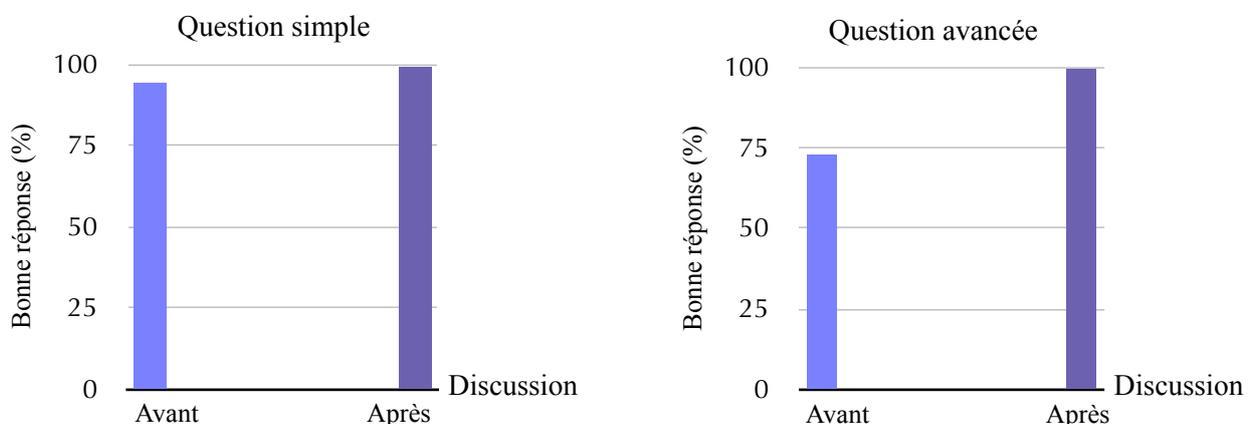
En ce qui concerne les difficultés auxquelles les enseignants peuvent être confrontés, Fagen, Crouch et Mazur (Fagen., Crouch., & Mazur., 2002) ont interrogé une centaine d'enseignants de domaines différents qui utilisent l'apprentissage entre pairs sur les difficultés qu'ils rencontrent et quelles stratégies ils peuvent mettre en place pour les surmonter. Les réponses du questionnaire sont résumées dans le Tableau 6 suivant :

Difficultés rencontrées	Stratégies pour les surmontées
Beaucoup de temps et d'effort dans la conception des « concept test »	Travailler avec des collègues, partager ses questions
Certains collègues peuvent être sceptiques sur l'efficacité des échanges entre pairs qui empiètent sur du temps de cours	Proposer aux collègues d'assister à une des séances, partager avec eux les retours positifs des étudiants
Il est difficile de consacrer du temps à l'apprentissage entre pairs au vu de la quantité de notions que les étudiant doivent aborder et maîtrisés en une année	Se concentrer ce sur quoi les étudiants ont des difficultés et ne pas revenir sur ce qui est déjà acquis et maîtriser
Les étudiants peuvent ne pas être réceptifs à la méthode, beaucoup d'entre eux ne sont pas habitués à participer, peuvent se sentir mal à l'aise ou ne pas voir l'intérêt des échanges	Instaurer un cadre de confiance et un environnement où les étudiants se sentent à l'aise. Leur expliquer les fondements théoriques et les mettre face à leur progression
Difficulté de faire participer tous les étudiants	Circuler dans la salle pendant les échanges, aider et encourager les étudiants à la discussion

*Tableau 6 : Difficultés rencontrer par des enseignants se servant de l'apprentissage entre pair et les solutions proposées, étude de Fagen, Crouch et Mazur*

Bien que la méthode Mazur ait fonctionné avec des étudiants de l'université d'Harvard, peut-on pour autant affirmer qu'elle est applicable ailleurs, à d'autres niveaux et dans d'autres matières ? Une expérimentation à l'université américaine Wayne State se trouvant à Detroit au Michigan de Sumangala P. Rao et Stephen E.DiCarlo (S.P.Rao., & S.E.DiCarlo., 2000) s'est intéressée aux effets de l'apprentissage entre pairs sur les performances des étudiants au quiz. Pour cela, une promotion de 256 étudiants de premières années en physiologie médicale a eu dix cours dans lesquels l'apprentissage entre pair a été utilisé. Les étudiants ont, au cours de l'expérimentation répondu à 35 questions à choix multiple.

Dans tous les cas, le pourcentage d'étudiant répondant correctement après une session de discussion entre pairs augmentait. Cette augmentation était d'autant plus remarquable pour les questions avancées en comparaison aux questions simples.



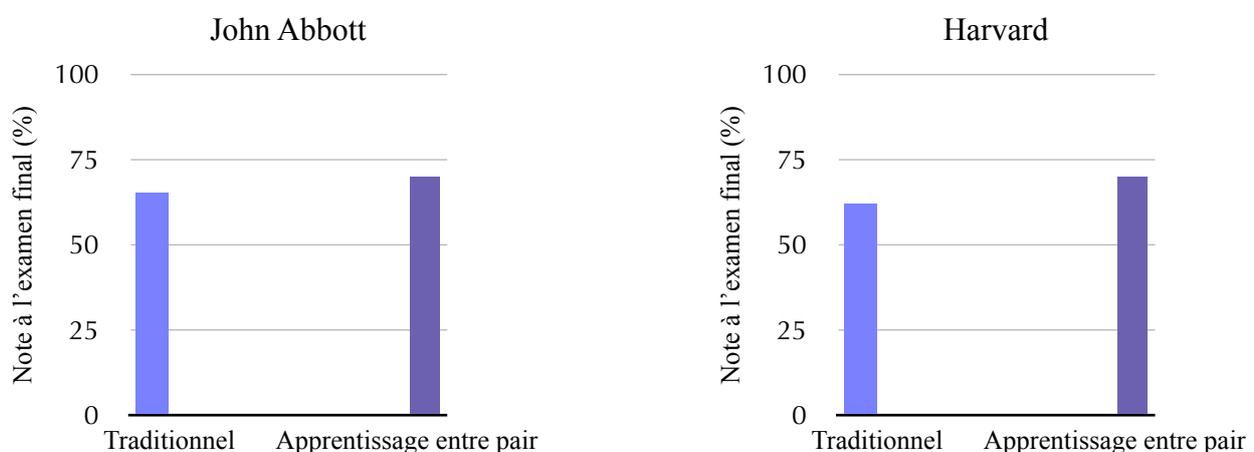
*Figure 13 : Résultats de l'étude de Rao et DiCarlo (S.P.Rao., & S.E.DiCarlo., 2000) sur le pourcentage de bonne réponses avant et après discussion entre pairs*

Rao et DiCarlo observent que l'attention de l'étudiant augmente lorsque cette méthode est utilisée, ce qui expliquerait en plus de la discussion la meilleure réussite au quiz, en effet, ils ont remarqué que les résultats au quiz étaient meilleurs lorsque durant la brève présentation, l'enseignant faisait des pauses afin de laisser aux étudiants un temps pour discuter des notions nouvellement présenté.

Un article de Nathaniel Lasry, Eric Mazur et Jessica Watkins (N.Lasry., E.Mazur., & J.Watkins., 2007) qui compare la réussite d'étudiant de physique de Harvard et de John Abbot confirme que la méthode est efficace même pour des étudiants qui n'ont pas le calibre de ceux sélectionner à Harvard. Ils ont alors dans leur étude, comparée les résultats des étudiants ayant lors d'un même semestre, suivit des cours traditionnels et des cours utilisant la méthode d'apprentissage entre pairs. Les étudiants étaient au hasard assigné à deux cours d'apprentissage entre pairs puis à un cours témoin traditionnel. Les cours d'enseignements entre pairs duraient 75 minutes durant lesquelles trois à quatre concepts test pouvaient être présentés.

Les résultats montrent que l'apprentissage entre pairs a les mêmes effets dans une université prestigieuse que dans une université plus modeste. L'apprentissage en profondeur et la résolution de problème traditionnel est amélioré par la méthode bien qu'elle dépende des connaissances antérieures de l'étudiant. Que ce soit pour les étudiants présentant des lacunes ou ceux avec des connaissances antérieures riches, l'apprentissage entre pairs présente un véritable avantage en comparaison à l'enseignement traditionnel.

Finalement, il est aussi intéressant de noter que l'apprentissage entre pairs a réduit le taux d'étudiants ayant abandonné les cours durant le semestre.



*Figure 14 : Note de l'examen final suivant la méthode utilisée et l'université. (N.Lasry., E.Mazur., & J.Watkins., 2007)*

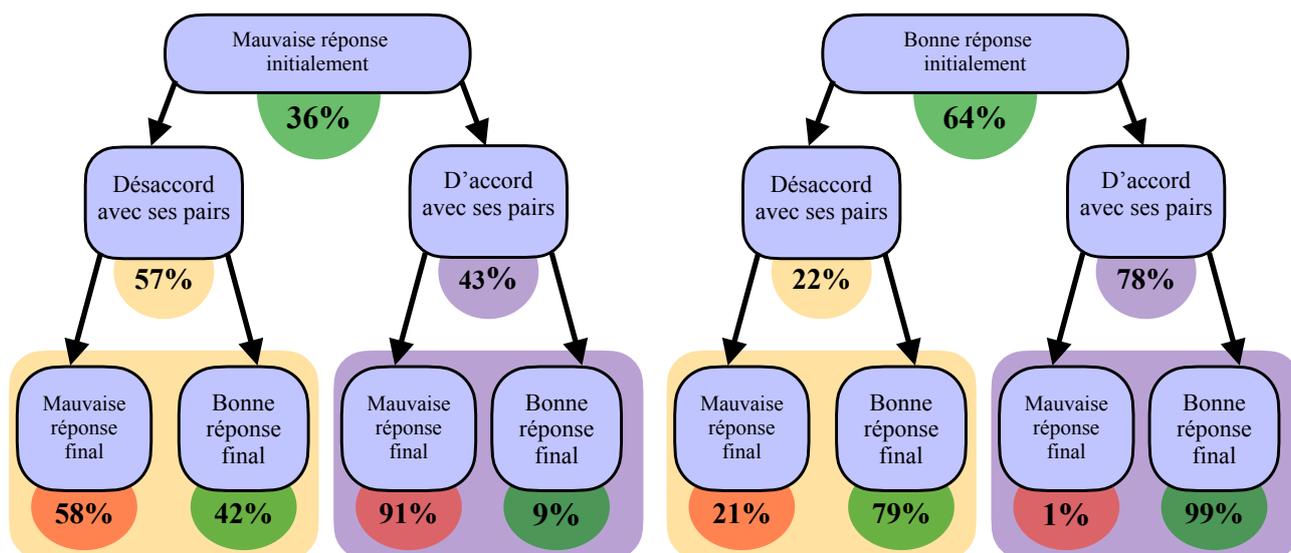
La méthode d'apprentissage entre pairs fonctionne autant avec des étudiants dans le domaine scientifique de grandes universités qu'avec ceux de plus petites université, ce n'est donc pas une approche réservée à des étudiants aux connaissances déjà très avancée. Dans ces études, le constat est que le taux de bonnes réponses augmente toujours, Mazur l'explique en disant qu'il est plus simple de convaincre une personne qui a tort de changer d'avis plutôt qu'une personne qui a la bonne réponse avec le bon raisonnement.

Pour vérifier si c'était réellement le cas, Jonathan G.Tullis et Robert L. Goldstone (J.G.Tullis., & R.L.Goldstone., 2020) ont publié un article en 2020 visant à comprendre comment l'apprentissage entre pairs est bénéfique aux étudiants. Dans leur expérimentation, ils ont recueilli tout au long d'un semestre durant six cours de psychologie des informations sous forme de questionnaire comportant 86 questions différentes lié au contenu des cours des étudiants. Les 208 étudiants participants à l'étude ont répondu pour chaque question à la réponse à laquelle il pensait et la confiance qu'ils avaient en leur choix, après avoir recueillis les premiers résultats, les étudiants disposaient d'une phase de discussion avant qu'ils ne leur soient de nouveau posé les mêmes questions que précédemment.

L'étude met en lumière les mécanismes qui permettent de comprendre, comment le taux de bonne réponse à la question finie toujours par augmenter.

Il est tout d'abord question de confiance en sa réponse, un étudiant étant confiant dans la réponse qu'il a choisi aura davantage tendance à convaincre les autres avec son raisonnement, mais la confiance en sa réponse n'est pas une condition suffisante. C'est la véracité de la réponse qui a un plus grand impact sur la tendance à changer d'avis de l'étudiant ayant la mauvaise réponse vers la bonne réponse.

La confiance des étudiants augmente encore plus lorsque leurs pairs sont en accord avec une réponse correcte plutôt que lorsqu'ils sont en accord avec une réponse incorrecte. Ils ont également découvert que lorsque un étudiant change sa réponse qui était correcte pour une réponse incorrecte, leur confiance diminue ce qui reflète le manque de cohérence de leur réponse final. La Figure 15 montre comment le pourcentage de bonne réponse évolue entre la phase de pré-discussion et celle post-discussion.



*Figure 15 : Évolution du pourcentage de bonne réponse après une discussion entre pairs.(S.P.Rao., & S.E. DiCarlo., 2000)*

Les résultats obtenus dans la Figure 15 montre que seulement **5% de bonne réponse ont été changer pour des réponses incorrectes** alors que **28% de réponse incorrecte ont été changées au profit de la bonne réponse**. À noter que pour les étudiants qui avaient la mauvaise réponse et qui étaient en désaccord avec leur pairs, 42% d'entre eux ont changé d'avis pour la bonne réponse. Le plus étonnant reste les 9% de bonne réponse obtenus bien qu'initialement ses étudiants avaient la mauvaise réponse et étaient d'accord entre eux.

On peut donc bien supposer que la discussion joue un rôle primordial qui pour finalité augmente toujours le pourcentage d'étudiants ayant la bonne réponse. Dans cet exemple notamment, de **64% de bonne réponse**, le pourcentage final de bonne réponse atteint est de **70%** avec une unique phase de discussion de deux à cinq minutes.

La méthode de l'apprentissage entre pairs a fait ses preuves dans le supérieur auprès des étudiants quel que soit le prestige de leur école. La méthode est également utilisée dans d'autres domaines, comme celui des sciences humaines, de la philosophie ou de l'art. Aux Etats-Unis l'approche est utilisée dans les classes du secondaire où les élèves ont entre 14 et 17 ans, mais cette méthode est-elle applicable au contexte français dans le second degré ?

## 2-5-4- L'APPRENTISSAGE ENTRE PAIRS DANS LE SECONDAIRE EN FRANCE

Pour notre étude, nous nous intéressons à l'enseignement de la Physique-Chimie dans le secondaire en France, bien que les difficultés rencontrées par les enseignants énoncées au Tableau 6 doivent être comparable à celles que peuvent rencontrer des enseignants de collège et de lycée pour la mise en œuvre de l'apprentissage entre pairs, les collégiens et les lycéens peuvent avoir bien plus de difficultés à s'adapter à cette méthode que les étudiants.

En effet, le problème majeur pouvant se présenter pour l'utilisation de l'apprentissage entre pair vis-à-vis des élèves est le travail préparatoire en autonomie à effectuer avant le cours. Bien que les devoirs à la maison au collège et au lycée soient autorisés, il est important de tenir compte de la situation des élèves qui ne peuvent se permettre d'effectuer un aussi gros travail personnel dans une unique matière. D'autant plus que donner autant de travail à faire personnellement pourrait favoriser les inégalités entre élèves. Il est alors nécessaire de voir si la méthode s'adapte au secondaire en France.

## 2-6- BILAN

L'apprentissage entre pairs se présente comme étant une méthode novatrice et prometteuse pour l'apprentissage des élèves. La préparation en amont des élèves les encourage à construire leurs connaissances individuellement dans un premier temps, dans une démarche **constructiviste**. Connaissances qui seront complétés et approfondis lors des phases de discussion ou phase de **négociation** en classe renvoyant au modèle **socioconstructiviste**. C'est en classe d'ailleurs que sont effectuées les activités de haut niveau cognitif en adéquation avec le **mode constructif** et **interactif** du modèle ICAP poussant l'élève à un apprentissage approfondis et actif, le rendant ainsi totalement acteur de son apprentissage tandis que l'enseignant est un accompagnateur qui le coordonne. L'interaction entre élève, les questions de l'enseignant et les documents distribués en amont aux élèves peuvent être déclencheurs de **conflit cognitif**.

Les questions de l'enseignant qui plus est, constitutive des **concept-test** dont les réponses possibles sont choisies avec soin, ont pour objectif d'entraîner les élèves à **inhiber** leurs fausses conceptions spontanées et à comprendre réellement les nouveaux concepts dans leur intégralité.

L'apprentissage entre pairs pourrait de ce fait constituer une méthode didactique efficace qui améliore l'apprentissage en offrant une compréhension plus en profondeur des thèmes abordés. Il

est important en outre de définir ce que l'on entend par « *efficace* » et « *compréhension en profondeur* ».

Une méthode didactique sera considéré comme efficace si elle se suffit à elle même pour produire les effets attendus. Dans ce cas, si la méthode permet d'apporter les savoirs et les compétences attendues aux élèves, elle pourra être considéré comme efficace. Dans cette étude, il sera question de comparé l'efficacité de l'apprentissage entre pair à celle de l'apprentissage individuel.

Concernant la « *compréhension en profondeur* », il s'agit d'aller au-delà des simples applications de cours et des exercices types. L'élève doit en plus de savoir utilisé mécaniquement les formules et les appliquer à un exercice type, être capable d'identifier l'essentiel du thème abordé et de ne pas le traiter uniquement en surface. Il doit avoir un regard critique, être conscient des applications et des implications de ce qui a été appris. Avoir compris un sujet en profondeur peut par conséquent se vérifier à la capacité qu'il a à mobiliser ses connaissances et à les exploiter au mieux face à un exercice inédit, à une tâche complexe traité à l'écrit ou à l'oral, qui le pousse à remettre en question et en perspective les concepts nouvellement appris. Il n'est plus question uniquement de savoir faire fonctionner la machine et de savoir effectuer des tâches simples, mais de savoir comment elle fonctionne et le rôle de chacun de ses rouages. Bien évidemment, il ne s'agit pas de faire du hors programme mais bien de s'assurer que les sujets sont compris et exploité dans leur totalité par l'élève afin que les savoirs soient acquis sur le long terme.

## **2-7- PROBLÉMATIQUE**

À la lumière des informations exposées tout au long de cette partie. Nous sommes à présent en mesure d'affiner notre question de départ « *Comment améliorer la qualité de l'enseignement des élèves en Physique-Chimie ?* » pour en arriver à notre problématique :

**L'apprentissage entre pairs constitue-t-elle une méthode didactique efficace afin d'améliorer l'acquisition des savoirs par les élèves en Physique-Chimie dans le secondaire en France ?**

### 3- HYPOTHÈSES

Afin de proposer une réponse à notre problématique : *L'apprentissage entre pairs constitue-t-elle une méthode didactique efficace afin d'améliorer l'acquisition des savoirs par les élèves en Physique-Chimie dans le secondaire en France ?* Nous proposerons deux hypothèses que nous validerons ou réfuterons dans la partie suivante qui concerne le cadre méthodologique.

- **Hypothèse 1 :**

- *L'apprentissage entre pairs est plus efficace que l'apprentissage individuel pour les élèves du secondaire en Physique-Chimie en France.*

- **Hypothèse 2 :**

- *L'apprentissage entre pairs permet une compréhension plus en profondeur des notions apprises par les élèves du secondaire en Physique-Chimie en France.*

# 4- CADRE MÉTHODOLOGIQUE

## 4-1- PRÉSENTATION DES EXPÉRIMENTATIONS

Les expérimentations ont pour but de mesurer l'impact de l'apprentissage entre pairs sur les performances individuelles des élèves et sur les performances globales du groupe-classe en comparaison à un apprentissage individuel. Pour ce faire, plusieurs critères seront observés :

- la différence entre la note obtenue lors de l'expérimentation par l'élève et ses notes habituelles,
- la différence entre la moyenne de la classe lors de l'expérimentation et celles obtenues aux autres devoirs équivalents,
- la différence de moyenne de classe obtenue au devoir de l'expérimentation entre le groupe-test ayant suivi la méthode d'apprentissage entre pairs et le groupe témoin ayant suivi un apprentissage individuel,
- le taux de réussite à la tâche complexe demandant une bonne compréhension du cours et davantage de réflexion.

Dans chacune des expérimentations deux groupes sont à distinguer :

- le **groupe-test** : ayant suivi l'apprentissage entre pairs, par conséquent, ce groupe aura accès au cours en avance à la maison, les éléments à maîtriser seront présentés grâce à un ou plusieurs concept-test et les exercices ainsi que les activités expérimentales seront faites en groupe afin de rendre l'élève le plus actif possible dans un contexte social.
- le **groupe-témoin** : ayant suivi un apprentissage individuel et plus traditionnel, c'est-à-dire, un cours fait en classe sous forme de cours magistral ou dialogué au cours duquel les élèves ont une posture passive, les exercices sont à faire à la maison et sont corrigés par l'enseignant au tableau. Les activités expérimentales lorsqu'il y en a restent tout de même en groupe par souci d'organisation.

Pour chacun des groupes, ces modalités ont été mises en place le temps d'une séquence d'enseignement, le contenu du cours, les exercices ainsi que le devoir final étaient communs aux deux groupes de chaque expérimentation.

Concernant le contexte des expérimentations, les deux premières ont été menées au collège Cambuston-Claude Mahoudeaux à Saint-André, classé Réseau Prioritaire Renforcé dans deux classes de sixième (6<sup>ème</sup>) et deux classes de cinquième (5<sup>ème</sup>) au premier trimestre durant le mois d'octobre 2023.

Les deux expérimentations suivantes ont été faites au lycée Jean-Claude Fruteau (anciennement Amiral Pierre Bouvet), lycée général et technologique situé à Saint-Benoît, auprès des deux groupes de terminale spécialité de Physique-Chimie (que nous abrègerons « Tle Spé » pour la suite) au mois de novembre 2023 et des deux classes de terminale Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable (que nous abrègerons « Tle STI2D » pour la suite) au mois de décembre 2023 au premier semestre.

Il est donc question pour le collège d'un échantillon de 95 élèves et pour le lycée d'un échantillon de 109 élèves, soit un total de 204 élèves participant à l'expérimentation, dont 102 élèves ayant suivi la méthode d'apprentissage entre pairs et appartenant donc aux groupes-tests et 102 autres faisant partie des groupes-témoins.

## 4-2- DESCRIPTION DES CLASSES :

**Première expérience :** Expérimentation sur les deux classes de 6<sup>ème</sup>

Séquence de cinq séances (séances de 55 minutes) : Masse et Volume

Temps écoulé entre la dernière séance et le devoir test : 1 semaine

	Effectif du groupe	Moyenne générale des notes du groupe en Physique-Chimie	Médiane des notes du groupe en Physique-Chimie	Moyenne la plus élevée en Physique-Chimie	Moyenne la plus basse en Physique-Chimie
<b>Groupe-témoin</b>	24	11,14	11,02	15,36	7,71
<b>Groupe-test</b>	23	13,39	13,83	18,00	7,50

*Tableau 7.a : Présentation des classes de 6<sup>ème</sup> expérimentées*

**Deuxième expérience :** Expérimentation sur les deux classe de 5<sup>ème</sup>

Séquence de cinq séances (séances de 55 minutes) : Changement d'état et l'eau dans l'environnement

Temps écoulé entre la dernière séance et le devoir test : 1 semaine

	Effectif du groupe	Moyenne générale des notes du groupe en Physique-Chimie	Médiane des notes du groupe en Physique-Chimie	Moyenne la plus élevée en Physique-Chimie	Moyenne la plus basse en Physique-Chimie
<b>Groupe-témoin</b>	24	12,56	12,99	17,31	7,56
<b>Groupe-test</b>	24	15,54	16,92	19,15	6,89

*Tableau 7.b : Présentation des classes de 5<sup>ème</sup> expérimentées*

**Troisième expérience** : Expérimentation sur les groupes de Tle Spé

Séquence de cinq séances (séances de 2h) : Diffraction

Temps écoulé entre la dernière séance sur la diffraction et le devoir test : 3 semaines

	Effectif du groupe	Moyenne générale des notes du groupe en Physique-Chimie	Médiane des notes du groupe en Physique-Chimie	Moyenne la plus élevée en Physique-Chimie	Moyenne la plus basse en Physique-Chimie
<b>Groupe-témoin</b>	27	12,07	11,78	17,89	6,63
<b>Groupe-test</b>	28	13,91	12,10	19,90	8,50

*Tableau 7.c : Présentation des groupes de Tle Spé expérimentées*

**Quatrième expérience** : Expérimentation sur les classes de Tle STI2D

Séquence de sept séances (séances au temps variable) : Piles et accumulateurs

Temps écoulé entre la dernière séance sur la pile et le devoir test : 4 jours

	Effectif du groupe	Moyenne générale des notes du groupe en Physique-Chimie	Médiane des notes du groupe en Physique-Chimie	Moyenne la plus élevée en Physique-Chimie	Moyenne la plus basse en Physique-Chimie
<b>Groupe-témoin</b>	28	12,70	12,75	16,85	8,17
<b>Groupe-test</b>	26	12,39	11,92	18,65	6,51

*Tableau 7.d : Présentation des classes de Tle STI2D expérimentées*

En annexe se trouvent les listes des notes détaillées du premier trimestre pour les élèves du collège et les notes du premier semestre pour les élèves du lycée ayant participé aux expérimentations . (Annexe 1 : Notes des élèves ayant participé à l'expérimentation)

## **4-3- ÉLABORATION DES SUPPORTS DE LA SÉQUENCE**

### **4-3-1- LES COURS**

Les cours ont bien évidemment été élaborés en s'appuyant sur les différents Bulletin Officiel (B.O) des programmes de cycle 3 et 4 pour les expérimentations au collège et sur ceux des programmes de terminale spécialité de Physique-Chimie et de terminale STI2D pour les expérimentations au lycée ainsi que sur les cours des enseignants m'ayant accueillis dans leur classe. (Annexe 2 : Parties du BO utilisées)

### 4-3-2- LES CONCEPTS-TESTS

À propos des concepts-test (Annexe 3 : Concepts-tests des expérimentations), ces derniers s'appuient sur les informations se trouvant dans le cours mis à disposition des élèves avant la première séance afin de vérifier quelles notions ont été comprises ou non. Ils permettent également d'aborder les conceptions erronées menant aux confusions les plus couramment rencontrées par les élèves, pour se faire il est important de veiller à ce que les réponses proposées dans chaque question soient plausibles et permettent à l'élève de reconnaître sa fausse pré-conception afin de l'inhiber.

Les concepts-tests ont été élaborés sur Wooclap en recherchant des ressources sur les erreurs les plus fréquemment faites par les élèves mais également en se basant sur l'expérience des enseignants avec qui les expérimentations ont été menées. À titre d'exemple, pour les classes de sixième, la question suivante était proposée dans l'un des concepts-test :

« La masse c'est...

- a - ...une grandeur physique
- b- ...une unité
- c- ...des kilogrammes
- d- ...un volume »

Cette question a pour objectif de vérifier la capacité de l'élève à faire la distinction entre ce qu'est une grandeur physique et une unité. Tous ces mots étant présents dans la leçon, ils ne lui sont pas inconnus, il est donc ici question de voir s'il sait quel mot correspond à quelle idée et s'assurer qu'il ne les confond pas. En effet, la confusion entre unité et grandeur physique est très fréquente et se retrouve jusqu'au lycée d'où la nécessité d'insister sur la différence entre les deux notions.

Les concepts-test sont également des outils de choix pour amener l'élève à réfléchir sur l'influence d'un paramètre ou d'un autre sur un phénomène physique. Grâce à cela, les formules mathématiques qui semblent souvent bien loin des phénomènes observés prennent plus de sens. L'on peut notamment citer cette question présente dans le concept-test du groupe de Tle Spé :

« L'angle caractéristique de diffraction est donné par la relation :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  , pour une longueur d'onde fixée :

- a- Si a augmente, le phénomène de diffraction est plus important.
- b- Si a augmente, le phénomène de diffraction est moins important.
- c- Si a diminue, le phénomène de diffraction est moins important.
- d- Si a diminue, l'angle caractéristique reste inchangé. »

À travers cette question, l'élève doit être capable de relier la relation mathématique, donc la théorie, au phénomène de diffraction, c'est-à-dire le réel, ce qui peut être observé et ce qu'il a observé en séance d'activité expérimentale.

Enfin, les concepts-test permettent également de mettre les élèves dans des situations réflexives où ils doivent mobiliser les connaissances acquises grâce au cours, les organiser et y apporter une réflexion supplémentaire pour répondre à la question. Comme pour cette question proposée aux élèves de cinquième :

« Sur Terre, la quantité d'eau...

a- ...diminue

b- ...augmente

c- ...reste la même

d- ...peut diminuer puis augmenter selon les périodes. »

Cette question aux premiers abords simple demande en réalité plusieurs niveaux de réflexion et la connaissance d'une règle fondamentale en chimie. Pour de nombreux élèves, la quantité d'eau correspond à la quantité d'eau liquide. Hors le nom même du chapitre « *Changement d'état et l'eau dans l'environnement* » est un indicateur qu'il faut, pour répondre à cette question, considérer l'eau dans tous ses états, liquide certes, mais aussi gazeux et solide. Une fois cette considération faite, il faut se rappeler du principe de conservation de la matière qui en cinquième est le plus souvent enseigné aux élèves par le principe de « *Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme.* » - Lavoisier.

Force est de constater que les questions posées aux concepts-tests demandent aux élèves une bonne compréhension du cours et une certaine réflexivité. Il est également important de ne pas négliger la phase de discussion dont l'échange entre pairs est l'occasion de débattre et de négocier ses idées et ainsi de les valider ou de les infirmer.

### 4-3-3- LES EXERCICES

Concernant les exercices, les élèves de collège ont eu des exercices d'application à effectuer, exercices élaborés également à partir du B.O, tandis que pour les élèves de terminale, ils ont majoritairement travaillé sur des annales d'examens du Baccalauréat propre à leur filière ou spécialité.

#### 4-3-4- LES DEVOIRS TESTS

Enfin, les devoirs tests (Annexe 4 : Devoirs tests des expérimentations) ont tous été élaborés de la même façon afin de voir si une différence est mesurable entre le groupe-test et le groupe-témoin :

- une partie de **questions de cours**, correspondant à une simple restitution des connaissances.
- une partie d'**exercice** (excepté pour les groupes de Tle Spé par faute de temps et les cinquièmes)
- une **tâche complexe**, demandant réflexion et une très bonne compréhension du chapitre étudié.

Concernant la tâche complexe, cette dernière a été choisie en respectant certains critères, en effet, elle a été choisie en prenant en compte :

- le nombre de notion que l'élève doit maîtriser et mobiliser pour y répondre
- les compétences que l'élève doit utiliser afin d'y répondre
- le nombre d'étape nécessaire à la résolution de la question
- s'il s'agit d'un énoncé plus ou moins guidé

Pour l'expérimentation des classes de 6<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup>, les critères ont tout de même été revus à la baisse, ce type de démarche étant totalement nouveau pour eux, il est important de les initier petit à petit.

*Tableau 8 : Récapitulatif des critères adopter pour les tâches complexes de chaque expérimentation*

Expérimentation	Notions à mobilisées	Compétences à mobilisées	Nombre d'étape de résolution	Énoncé guidé
1 6 <sup>ème</sup>	Masse grandeur toujours additive mais pas le volume	S'approprier Réaliser Communiquer	2 - Réaliser le calcul - Expliquer la démarche.	Oui
2 5 <sup>ème</sup>	Conservation de la matière, différents états de l'eau, environnement	S'approprier Analyser Communiquer	2 - Conservation de la matière - Lien avec la protection de l'environnement	Non
3 Tle Spé	Conditions de diffraction, évolution de l'angle de diffraction, analogie entre diffraction d'onde lumineuse et d'onde, faire une étude qualitative	S'approprier Analyser Communiquer	2 - Conditions de diffraction - Utiliser la relation de la diffraction	Non
4 Tle STI2D	Réaction dans une batterie = réaction chimique Recharge = réaction non totale Pertes sous différentes formes	S'approprier Analyser Communiquer	2 - Réaction chimique au sein de la pile - Réactions non totale entraînant l'épuisement des stocks	Non

À présent que les différents points de la mise en place de l'expérimentation ont été explicités, nous allons dans la partie suivante, présenter les résultats de ces dernières avant de les analyser et de les interpréter.

## 4-4- RÉSULTATS, ANALYSES ET INTERPRÉTATIONS

### 4-4-1- DÉROULEMENT DES SÉANCES

Dans un premier temps, une brève présentation de l'organisation de chacune des expérimentations sera faite, afin d'avoir une idée du contexte de chacune d'entre elles.

Expérimentations	Numéro de séance	Description brèves des séances de la séquence avec temps indicatif	Rôle de l'enseignant et posture
<b>1 et 2 Classes de 6<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup></b>	1	Concept-test pour aborder les points importants de la leçon avec prise de note des élèves (55 minutes)	Posture d'accompagnement <sup>1</sup>
	2	Retour sur les difficultés relevées à la séance précédente (30 minutes) + début des exercices en groupe (25 minutes)	Alternance entre posture d'enseignement <sup>2</sup> et posture d'accompagnement <sup>1</sup>
	3	Exercices en groupe ( 55 minutes)	Posture d'accompagnement <sup>2</sup> puis de contre-étayage <sup>3</sup>
	4	Révision et remédiation avant évaluation (55 minutes)	Posture de lâcher-prise <sup>4</sup>
	5	Évaluation (55 minutes)	

*Tableau 9.a : Organisation de la séquence pour les expérimentations des classes de 6<sup>ème</sup> et 5<sup>ème</sup>*

Expérimentation	Numéro de séance	Description brèves des séances de la séquence avec temps indicatif	Rôle de l'enseignant et posture
<b>3 Groupes de Tle Spé</b>	1	Activité expérimentale sur la diffraction (2h) en groupe	Posture d'accompagnement <sup>1</sup>
	2	Concept-test pour aborder les points importants de la leçon (1h30) et début des exercices en groupe (30 minutes)	Alternance entre posture d'enseignement <sup>2</sup> et posture d'accompagnement <sup>1</sup>
	3	Exercices en groupe (2h)	Posture de lâcher-prise <sup>4</sup>
	4	Exercices en groupe et remédiation suite aux questions des élèves (2h)	Posture de lâcher-prise <sup>4</sup> et d'accompagnement <sup>1</sup>
	5	Évaluation (20 minutes)	

*Tableau 9.b : Organisation de la séquence pour les expérimentations des groupes de Tle Spé*

Expérimentation	Numéro de séance	Description brèves des séances de la séquence avec temps indicatif	Posture de l'enseignant
4 Classes de Tle STI2D	1	Rappels sur l'Oxydo-Réduction (1h)	Posture de contrôle <sup>5</sup>
	2	Activité expérimentale sur la Pile Daniel (1h30)	Posture d'accompagnement <sup>1</sup>
	3	Concept-test pour aborder les points importants de la leçon (2h)	Alternance entre posture d'enseignement <sup>2</sup> et posture d'accompagnement <sup>1</sup>
	4	Concept-test pour aborder les points importants de la leçon (30 minutes) et début des exercices en groupes (15 minutes)	Alternance entre posture d'enseignement <sup>2</sup> et posture d'accompagnement <sup>1</sup>
	5	Exercices en groupe (2h)	Posture de lâcher-prise <sup>4</sup>
	6	Remédiation (1h)	Posture d'accompagnement <sup>1</sup>
	7	Évaluation (1h30)	

*Tableau 9.c : Organisation de la séquence pour les expérimentations des classes de Tle STI2D*

Le modèle des postures enseignantes utilisé est celui de Dominique Bucheton, présenté dans la fiche Éduscol de Mars 2016 (Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, 2016) et résumé ci-dessous :

- **Posture d'accompagnement<sup>1</sup>** : Aide ponctuelle individuelle ou collective lors des échanges entre les questions. Provoque des discussions entre élèves et observe plus qu'il ne parle.
- **Posture d'enseignement<sup>2</sup>** : Structuration des savoirs, aide les élèves sur ce qu'ils ne savent pas encore faire.
- **Posture de contre-étayage<sup>3</sup>** : Correction des exercices à la place des élèves qui dispose d'un temps donné pour réfléchir sur les exercices.
- **Posture de lâcher-prise<sup>4</sup>** : Les élèves peuvent résoudre seuls les problèmes donnés. Ceux ayant plus de difficulté peuvent alors être aidés par l'enseignant ou un autre élève pendant que les autres avancent en autonomie ensemble.
- **Posture de contrôle<sup>5</sup>** : Pilotage serré de l'avancée des tâches pour que tout le groupe avance au même rythme.

Il est nécessaire de préciser pour les séances où ont lieu les concept-test de quoi il est question concernant « *l'alternance entre posture d'enseignement et d'accompagnement* ». En effet, lors des concepts-test, plusieurs cas peuvent survenir : dans le cas d'un taux de réponse compris dans un intervalle choisi par l'enseignant (souvent si le pourcentage de bonne réponse se trouve entre 30% et 70%), les élèves débattent et négocient leurs idées, dans ce contexte, l'enseignant est

en posture d'accompagnant, en d'autre mot, il passe dans les rangs, pose des questions pour initier les débats entre élèves et les inciter à se questionner, dans le cas où le taux de bonnes réponses est inférieur à 30%, l'enseignant ré-explique alors le concept lié à la question et bascule ainsi dans la posture d'enseignement, de même lorsque l'on passe à une autre question suite à un pourcentage de bonne réponse suffisant, l'enseignant explique la bonne réponse ou invite un autre élève à le faire avant d'institutionnaliser les savoirs dont il est le garant.

Lors de ces différentes séances, un nombre important de données ont pu être recueillis et sont regroupées dans l'annexe 5 : Données recueillies. Ces données seront dans les parties suivantes, présenter, analyser, et enfin, interpréter.

#### **4-4-2- RÉSULTATS DES CONCEPTS-TESTS**

Le concepts-test est l'un des éléments principaux voire l'élément central de la méthode d'enseignement entre pairs, il convient alors de lui dédier une partie entière en plus des descriptions déjà faites dans les parties précédentes. Pour les expérimentations menées, les conditions suivantes ont été imposés pour les concept test :

- **Ne pas poser la même question plus de deux fois** : les élèves votent une première fois, puis, si besoin, ils discutent entre pairs avant de voter une seconde fois. Si le pourcentage de bonnes réponses n'a toujours pas atteint le seuil fixé à l'issue du second vote, une autre question abordant le même concept leur est proposée après une explication de l'enseignant.
- **Seuil pour passer aux différentes phases selon le type de questions** :

Pour les questions de cours et celles sur les définitions à connaître, trois cas sont à distinguer :

- Pourcentage de bonnes réponses inférieur à 60%, la notion est ré-expliquée par l'enseignant,
- Pourcentage de bonnes réponses compris entre 60% et 80%, les élèves discutent entre eux avant de voter de nouveau,
- Pourcentage de bonnes réponses supérieur à 80%, la notion est brièvement expliquée et l'on passe à la notion suivante.

Pour les tâches complexes et demandant plus qu'une simple restitution des connaissances :

- Pourcentage de bonne réponse inférieur à 30%, une piste de recherche et un temps de discussion entre pairs sont donnés à la classe avant un second vote,
- Pourcentage de bonne réponse compris entre 30% et 70%, les élèves discutent entre eux avant de voter de nouveau,
- Pourcentage de bonnes réponses supérieur à 70%, la réponse est expliquée et l'on passe à la notion suivante.

À noter, que ce modèle et ces choix servent de base à la grande majorité des questions mais que dans certains cas, durant la mise en œuvre du concept-test et suivant les retours des élèves, les critères ont pu être réajustés pour certaines questions.

Les premiers résultats intéressants découlant des concept-test sont ceux liés à l'évolution du pourcentage de bonnes réponses entre un premier et un second vote ayant lieu après une phase de discussion à la même question.

Expérimentation	Question du concept-test	Nombre de réponses	1 <sup>er</sup> vote Pourcentage de bonne réponse	2 <sup>ème</sup> vote Pourcentage de bonne réponse	Évolution du pourcentage de bonne réponse
<b>1 6<sup>ème</sup></b>	Le volume d'un objet c'est...	22	36 %	64 %	+ 28 %
	La masse d'un camion vaut environ :	22	50 %	95 %	+ 45 %
	Lorsque l'on ajoute un peu de sel à un volume d'eau, alors : 	22	27 %	50 %	+ 23 %
<b>2 5<sup>ème</sup></b>	Lorsque l'on met une bouteille d'eau pleine dans un congélateur, celle-ci éclate. Comment expliquer ce phénomène ?	19	16 %	68 %	+ 52 %
	Sur Terre, la quantité d'eau...	19	32 %	58 %	+ 26 %
<b>3 Tle Spé</b>	Lorsqu'une onde est diffractée, on modifie sa :	27	64 %	89 %	+ 25 %
	La diffraction...	27	67 %	78 %	+ 11 %
	Tâche complexe : Premier vote : En astronomie, l'observation des astres est limitée par la diffraction de la lumière reçue par les objectifs, pour remédier à ce problème, il faut Deuxième vote : La capacité de stockage d'un disque optique (CD, DVD, Blue-Ray) est limitée par le phénomène de diffraction, pour y remédier, il faut :	27	44 %	67 %	+ 23 %
<b>4 Tle STI2D</b>	Une fois déchargée...	24	38 %	72 %	+ 34 %

*Tableau 10 : Évolution du pourcentage de bonnes réponses suite à une phase de discussion lors d'un concept-test*

Les résultats du Tableau 10 montrent qu'à chaque fois qu'un second vote a lieu suite à une discussion entre pairs, le nombre de bonne réponse augmente, résultats bien conformes avec ceux des expérimentations menées sur les étudiants du supérieur. Ainsi, une augmentation moyenne de 27% du pourcentage de bonne réponse dues à la discussion entre pairs est mesurée ici, confirmant l'impact positif de ces échanges sur la compréhension des élèves du secondaire et ce de la Sixième à la Terminale.

Mais cet impact positif se retrouve-t-il dans les résultats obtenus par les élèves lors de devoir ? Pour vérifier cela, les résultats obtenues par les élèves de Terminale Spécialité Physique-Chimie à la première partie du devoir « Entourez la ou les affirmation(s) vraie(s) sur la diffraction » seront étudiés en détail avant de comparer les moyennes de la partie de restitution des connaissances des groupes-test et des groupes-témoin de chaque expérimentation.

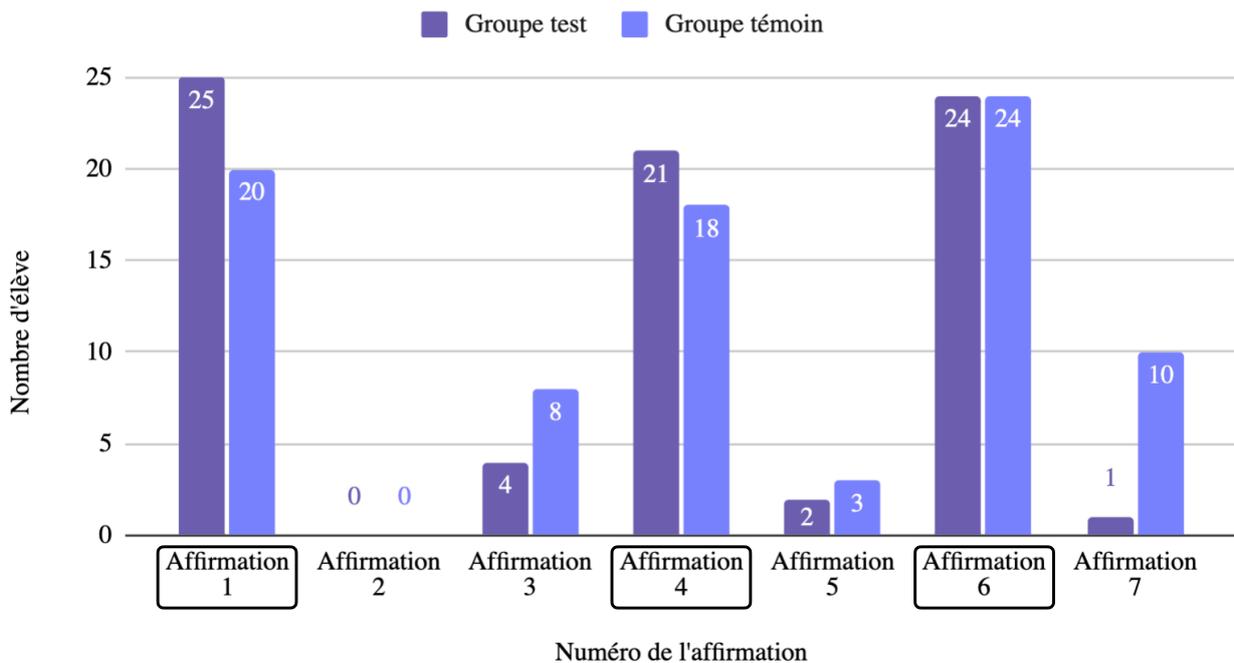
Nom :

## DIFFRACTION

1) Entourez la ou les affirmation(s) vraie(s) sur la diffraction :

- La diffraction est un phénomène propre aux phénomènes ondulatoires.
- La diffraction est un phénomène UNIQUEMENT propre à la lumière.
- Lorsqu'une onde est diffractée, sa direction de déformation est modifiée.
- Lorsqu'une onde est diffractée, sa direction de propagation est modifiée.
- Pour observer le phénomène de diffraction, il faut que l'onde change de milieu matériel.
- Lorsque la largeur de la fente ou de l'obstacle  $a$  diminue, le phénomène de diffraction est plus important.
- Pour observer le phénomène de diffraction, il faut que l'onde se divise en fréquence distinctes.

*Figure 16 : Extrait du devoir test de l'expérimentation des groupes de Tle Spé sur les questions de cours. Les bonnes affirmations sont encadrées.*



*Figure 17 : Nombre d'élève ayant choisi l'affirmation dans l'expérimentation des groupes de Tle Spé. Les bonnes affirmations sont encadrées.*

Pour les affirmations correctes, soit la 1, 4 et 6, les élèves du groupe-test sont toujours plus nombreux à la sélectionner, excepté pour la sixième où autant d'élèves de la classe témoin ont sélectionné la bonne affirmation. Pour ce qui est des fausses affirmations, soit les affirmations 2, 3, 5 et 7, à l'exception de l'affirmation 2 choisi par aucun élève, les autres ont été en majorité choisis par les élèves de la classe témoin. Ces résultats confirment l'idée que l'impact positif des concepts-tests sur la compréhension des élèves se retrouve dans les devoirs. Aussi, les moyennes obtenues à la partie de question de cours de chacune des classes ayant participé à l'expérimentation concordent avec les résultats ci-dessus comme le résume le Tableau 11.

Groupe		Expérimentation 1 : 6ème /16	Expérimentation 2 : 5ème /18	Expérimentation 3 : Tle Spé /3	Expérimentation 4 : Tle STI2D /9
Moyenne obtenues aux questions de cours	Groupe -témoin	5,20	10,90	2,10	5,30
	Groupe -test	6,70	14,30	2,70	5,30

*Tableau 11 : Moyennes obtenues aux questions de cours pour chaque expérimentation*

À la vue de ces résultats, l'utilisation de concept-test permet aux élèves d'obtenir de meilleurs résultats aux parties de restitution des connaissances. Les différences restent cependant sensiblement faibles voire inexistantes dans le cas des Terminales STI2D, mais ces résultats couplés

à ceux obtenus plus haut sont déjà encourageants à propos de l'efficacité de l'apprentissage entre pairs.

Globalement, l'augmentation de la réussite générale des élèves sur ces questions que ce soit lors des phases de concept-test ou dans les devoirs sont le fruit des échanges entre pairs dans lesquels les élèves se questionnent et confrontent leurs idées, ils construisent ainsi leur raisonnement et un cheminement de pensée logique qu'ils pourront de nouveau utiliser lors de la restitution des connaissances durant des évaluations. Les concept-test sont donc un bon format permettant à l'élève, grâce aux questions, de s'entraîner à inhiber ses conceptions erronées et d'être plus prudent vis-à-vis de ces dernières.

#### **4-4-3- APPRENTISSAGE PLUS EFFICACE**

Afin d'évaluer l'efficacité de l'apprentissage entre pairs en comparaison à celui de l'apprentissage individuel, nous analyserons dans un premier temps les résultats obtenus à la partie exercice de chacun des groupes ainsi que la moyenne générale du devoir test, afin de mesurer l'impact global de l'apprentissage entre pairs à l'échelle du groupe-classe. Dans un second temps, nous comparerons les résultats à l'échelle de l'élève, afin de voir quel impact la méthode peut avoir individuellement.

##### **a) À l'échelle de la classe**

Les devoirs tests comportant une partie d'exercice concernent les expérimentations des classes de 6<sup>ème</sup> et de terminale STI2D, en effet, la classe de 5<sup>ème</sup> n'en n'a pas, le chapitre ne se prêtant pas réellement à l'exercice et pour la classe de terminales spécialité, l'absence de partie exercice résulte d'une contrainte de temps.

Au sujet des deux expérimentations comportant une partie exercice, et pour la classe de sixième tout d'abord, le groupe-test a obtenu une moyenne de 1,41/3 contre une moyenne de 0,68/3 pour le groupe-témoin. Concernant l'expérimentation de terminale STI2D, le groupe-témoin obtient une moyenne de 3,88/10 contre 5,08/10 pour le groupe-test.

Les résultats à la partie « exercice » sont donc meilleurs pour les élèves ayant suivi un enseignement entre pairs plutôt qu'un enseignement individualisé. Cette tendance peut s'expliquer par les modalités de mise en activité des élèves en classe lorsqu'ils font des exercices. Dans le cas des groupes-test, les élèves travaillent en îlot, où ils réfléchissent ensemble sur la résolution des exercices avant qu'une correction avec toute la classe soit proposée. Ils s'habituent donc, et s'entraînent en classe en bénéficiant de l'aide, à la fois de leur camarade et de l'enseignant.

L'enseignant d'ailleurs, en passant dans chaque groupe peut répondre aux questions et apporter une aide adaptée aux besoins des élèves. Également, lors de ces phases de travail en classe, suivant l'avancée des élèves et en échangeant avec eux, il est possible d'insister sur un point ou au contraire, passer plus rapidement sur ceux ayant été bien compris, optimisant de ce fait le temps permettant de s'entraîner davantage. La méthode d'apprentissage entre pairs présente de nombreux avantages et l'une des problématiques principales que la méthode permet de contourner en faisant travailler les élèves sur les exercices en classe et non pas chez eux est le manque de travail à la maison des élèves qui est parfois même inexistant pour diverses raisons. Peu d'élève des groupes-témoins, dont les exercices étaient à faire à la maison et corrigés en classe par l'enseignant, avaient préparé les exercices, comme le constatent les enseignants de ces groupes.

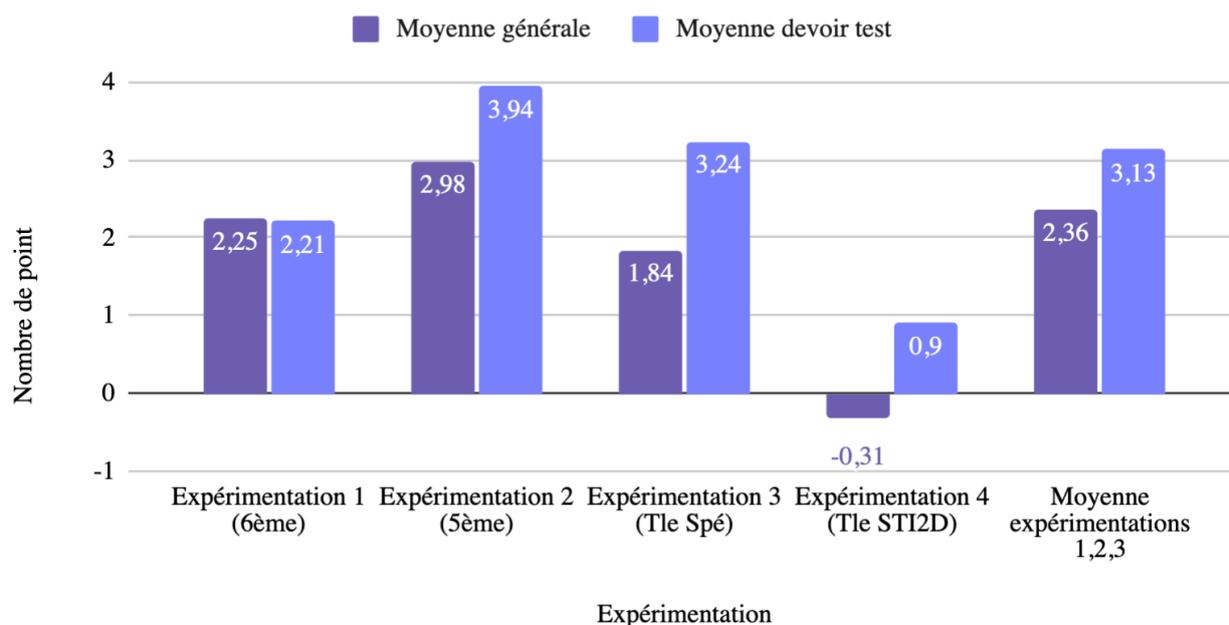
Plus généralement à présent, intéressons nous aux moyennes globales obtenus aux devoirs test :

	Groupe	Expérimentation 1 : 6ème /20	Expérimentation 2 : 5ème /20	Expérimentation 3 : Tle Spé /5	Expérimentation 4 : Tle STI2D /20
Moyenne obtenues aux devoirs tests	Groupe -témoin	6,03	11,27	2,73	9,42
	Groupe -test	8,24	15,21	3,54	10,32

*Tableau 12 : Moyennes obtenues aux devoirs tests pour chaque expérimentation*

En moyenne, les groupes-tests obtiennent 2,57 points de plus que les groupes-témoin au devoir test. Ces résultats, confortent l'idée que l'apprentissage entre pairs est plus efficace que l'apprentissage individuel. Mais il est tout de même important de souligner qu'il faut rester prudent vis-à-vis de ces résultats, à l'exception de la classe de terminale STI2D, tous les groupes-test ont une moyenne générale supérieure à celle du groupe-témoin. Concernant les expérimentations de sixième, cinquième et Terminales spécialités, les groupes-test comptent en moyenne 2,36 points de plus que les groupes-témoins sur leur moyenne générale, ce résultat est à comparer aux 3,13 points de plus obtenus en moyenne par ces mêmes groupes tests au devoir test par rapport aux groupes-témoins. Du côté des terminales STI2D, en moyenne générale le groupe test compte 0,31 points de moins que le groupe témoin alors que pour le devoir test, la différence entre les deux groupes est de 0,90 points en faveur du groupe-test.

Les résultats décrits dans les paragraphes précédents sont représentés sur la Figure 18 suivante :



*Figure 18 : Différence du nombre de point entre le groupe-test et le groupe-témoin de chaque expérimentation.*

*Nombre de point = (Moyenne générale groupe-test) – (Moyenne générale groupe-témoin)*

*Nombre de point = (Moyenne devoir test groupe-test) – (Moyenne devoir test groupe-témoin)*

L'apprentissage entre pairs est, d'après ces résultats, plus efficace que l'apprentissage individuel pour l'ensemble du groupe classe. Mais qu'en est-il pour les élèves individuellement ?

### **b) À l'échelle de l'élève**

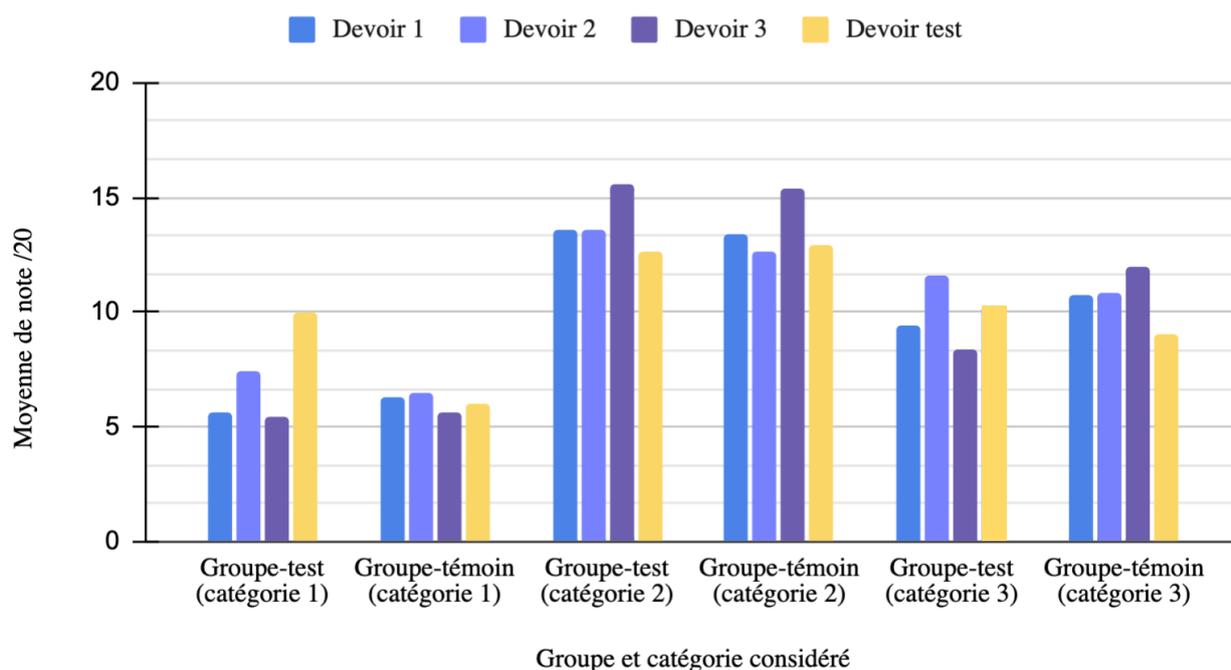
Dans l'objectif d'étudier l'impact qu'a l'apprentissage entre pairs à l'échelle de l'élève, nous nous concentrerons sur les classes de terminales STI2D qui, contrairement aux autres classes des expérimentations, présentent pour avantage d'avoir trois autres devoirs ayant été construit comme le devoir test mais pour lesquels la méthode d'apprentissage individuel a été utilisé. Dans chacun des groupes, les élèves ont été séparés en trois catégories :

- **Catégorie 1** : les élèves en difficultés, en bas de classement, possédant une moyenne générale de deux points en dessous de la moyenne générale de la classe.
- **Catégorie 2** : les élèves ayant des facilités, en haut de classement, possédant une moyenne générale de deux points au-dessus de la moyenne générale de la classe.
- **Catégorie 3** : les élèves intermédiaires, n'entrant dans aucune des catégories susmentionnées.

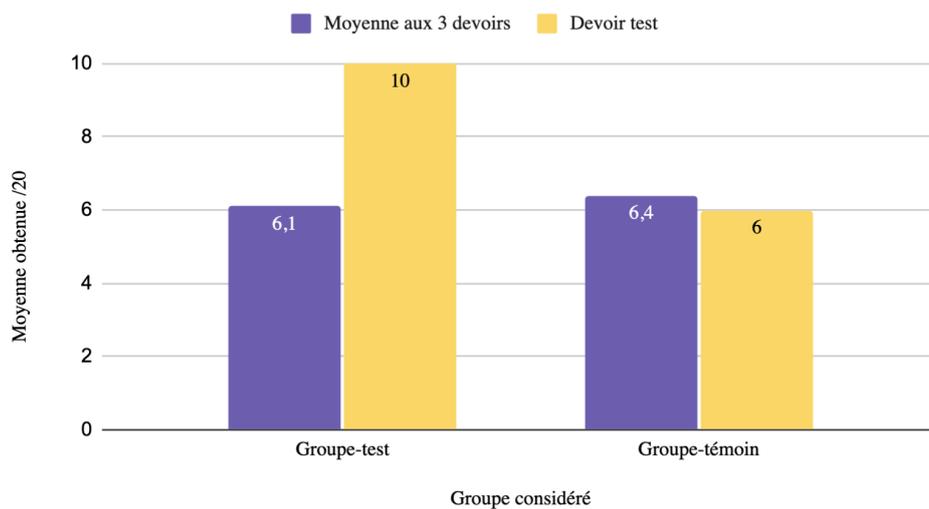
	Groupe-témoin		Groupe-test	
	Moyenne noté : $x/20$	Effectif	Moyenne noté : $x/20$	Effectif
<b>Catégorie 1</b>	$x < 10,70$	7	$x < 10,39$	5
<b>Catégorie 2</b>	$x > 14,70$	8	$x > 14,39$	7
<b>Catégorie 3</b>	$10,70 < x < 14,70$	12	$10,39 < x < 14,39$	12
<b>Total</b>		27 + 1 absent au devoir test		24 + 2 absents au devoir test

*Tableau 13 : Répartition des élèves de l'expérimentation 4 des classes de Tle STI2D dans les trois catégories*

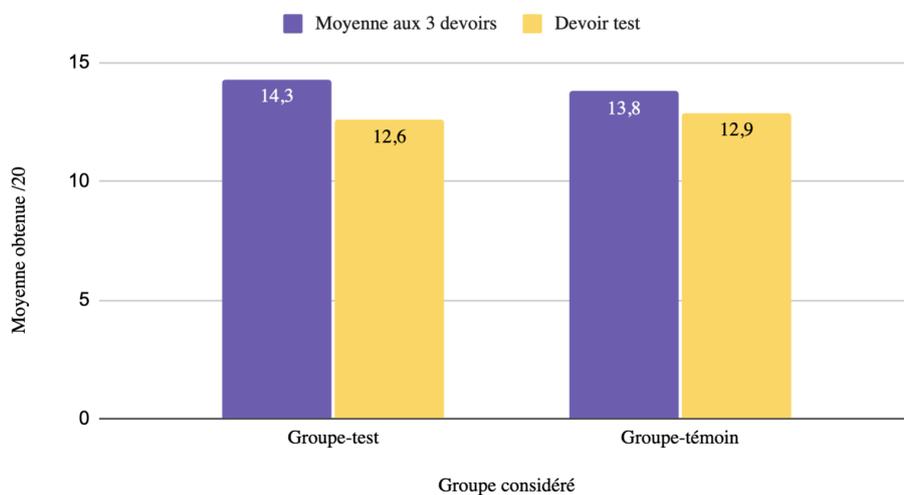
Comparons dans un premier temps les moyennes obtenues aux trois devoirs et à celui du devoir test pour les élèves de chaque catégorie avant de s'intéresser individuellement aux cas de chacun d'entre eux.



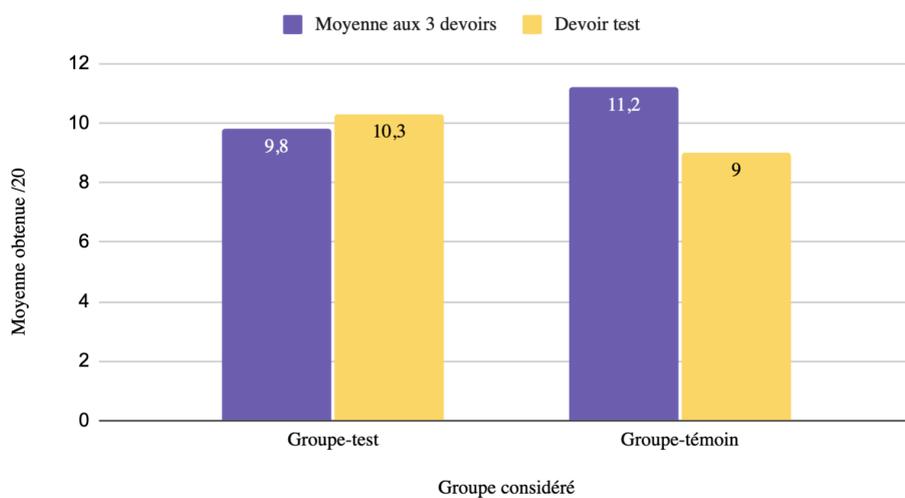
*Figure 19.a : Comparaison des moyennes obtenues aux devoirs des élèves des classes de Tle STI2D en fonction de leur catégorie*



*Figure 19.b : Comparaison des moyennes obtenues aux devoirs des élèves de la catégorie 1 des classes de Tle STI2D*



*Figure 19.c : Comparaison des moyennes obtenues aux devoirs des élèves de la catégorie 2 des classes de Tle STI2D*



*Figure 19.d : Comparaison des moyennes obtenues aux devoirs des élèves de la catégorie 3 des classes de Tle STI2D*

De ces résultats, nous constatons pour les élèves de la catégorie 2 aucun impact significatif sur leurs résultats suivant l'utilisation de l'apprentissage entre pairs ou non à souligné. Concernant la catégorie 3, les élèves n'ont pas particulièrement sur-performé l'écart entre leurs notes habituels et la note obtenu au devoir test étant relativement faible (+0,5 points). Cependant, il est important de remarquer que pour les élèves de la catégorie 2 et ceux du groupe témoin de la catégorie 3 ils obtiennent des résultats moins bon au devoir test comparé aux autres devoirs, tandis que les élèves du groupe test de la catégorie 3 obtiennent une note sensiblement meilleur qu'à l'accoutumée. L'utilisation de l'apprentissage entre pairs a donc eu un impact positif sur les résultats des élèves de la catégorie 3.

Les résultats les plus intéressants sont ceux des élèves de la catégorie 1, pour rappel, ces élèves font partie des élèves en bas du classement de classe, présentant des difficultés en Physique-Chimie. Alors que le groupe-témoin garde une note quasiment identique à ce qu'ils ont l'habitude d'avoir (-0,4 points de différence), le groupe-test de cette même catégorie va à l'opposée de la majorité des observations en obtenant une bien meilleure note qu'à l'accoutumée, en sur-performant totalement avec 3,9 points de plus atteignant ainsi tout juste la moyenne. Il semble alors tout à fait judicieux d'analyser au cas par cas les élèves constituant cette première catégorie afin d'avoir une vision plus affinée de l'impact de l'apprentissage entre pairs sur leur performance individuelle.

Élève	Moyenne générale	Devoir test	Devoir 1	Devoir 2	Devoir 3
TM1	8,51	8,00	7,50	8,00	3,00
TM2	8,17	3,25	5,00	6,00	3,00
TM3	10,03	5,25	4,50	7,50	9,00
TM4	10,58	5,25	7,50	6,00	7,00
TM5	10,30	4,75	6,50	8,50	5,00
TM6	5,38	8,75	4,50	3,50	4,00
TM7	10,20	7,00	8,50	6,00	8,00

Élève	Moyenne générale	Devoir test	Devoir 1	Devoir 2	Devoir 3
TE1	7,46	12,50	2,50	2,00	8,00
TE2	10,00	11,5	5,00	8,00	8,00
TE3	8,71	8,25	8,50	9,00	5,00
TE4	9,78	6,25	5,50	6,00	3,00
TE5	9,84	11,75	6,50	8,50	1,00

*Tableaux 14.a et 14.b :*

*À gauche : Résultats des élèves de la catégorie 1 du groupe-témoin de l'expérience 4. Note sur 20*

*À droite : Résultats des élèves de la catégorie 1 du groupe-test de l'expérience 4. Note sur 20*

Les élèves ayant obtenus une meilleure note au devoir test qu'aux trois autres devoirs sont surlignés en jaune. Pour ce qui est du groupe témoin, 1 seul élève sur 7 a obtenu une meilleure note au devoir test, soit 14% des élèves de la catégorie. Du côté du groupe test, 4 élèves sur 5 ont obtenu

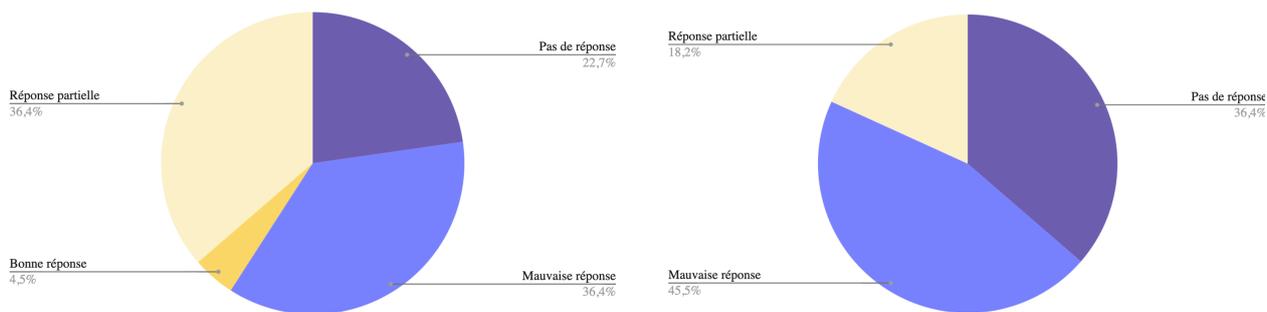
une meilleure note au devoir test, soit 80% des élèves de cette catégorie. Cette augmentation de la note va de plus 0,25 points jusqu'à 4,5 points en plus. Cette progression significative des élèves le plus en difficulté peut s'expliquer par, dans un premier temps, l'engagement dont doivent faire preuve les élèves en classe lors des concept-test et des exercices, en plus de l'aide de l'enseignant et celle de leurs pairs dont ils disposent tout au long de la séquence. Également, l'inversion de la classe leur permettent d'être encadré dans les tâches pédagogiques demandant un haut niveau cognitif, encadrement d'autant plus personnalisé, l'apprentissage entre pairs permettant de différencier l'enseignement et d'insister sur les points les moins bien compris par les élèves.

L'apprentissage entre pairs se présente donc comme une méthode efficace profitant à la l'ensemble du groupe classe. Son influence positive sur les résultats obtenus par les élèves de niveau intermédiaire n'est pas à négliger et la méthode d'apprentissage entre pairs représente un véritable atout pour les élèves étant le plus en difficultés, ces derniers montrant la plus grande évolution positive en terme de note. L'apprentissage entre pairs se présente ainsi comme un véritable atout, permettant d'améliorer les résultats de chacun sans que ceux des autres en pâtissent.

À la lumière de ces résultats, il est difficile de ne pas conclure que l'apprentissage entre pairs est une méthode efficace, et qui plus est, plus efficace que l'apprentissage individuel. En effet, sa mise en œuvre permet aux élèves de mieux appréhender à la fois les questions de cours et les exercices en offrant à ceux étant le plus en difficultés une importante marge de progression. Mais qu'en est-il de la compréhension plus en profondeur ?

#### **4-4-4- COMPRÉHENSION PLUS EN PROFONDEUR**

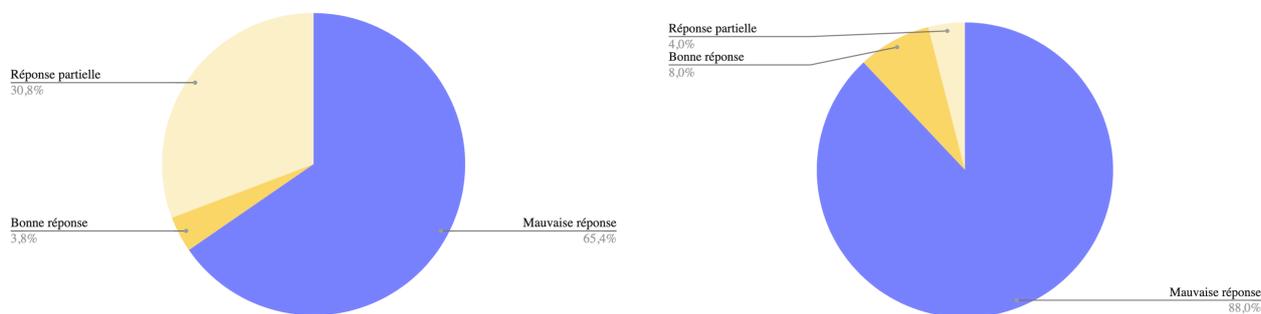
Afin d'évaluer l'efficacité de la méthode d'apprentissage entre pairs vis-à-vis de la compréhension plus en profondeur des élèves sur les chapitres abordés, une tâche complexe leur a été proposée dans chacun des devoirs tests, élaborées en se basant sur les critères vus dans le Tableau 8. Les résultats obtenus pour les classes de sixième et de terminales STI2D ne montrant pas un impact particulier de l'apprentissage entre pairs sur la réussite ou non à cette tâche complexe, nous ne développerons pas davantage les résultats les concernant. En revanche, ceux obtenus pour les classes de cinquième et particulièrement pour la classe de terminale Spécialité Physique-Chimie, seront ici analysés avec attention.



*Figures 20.a et 20.b :*

*À gauche : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-témoin de l'expérimentation 1, 6<sup>ème</sup>*

*À droite : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-test de l'expérimentation 1, 6<sup>ème</sup>*

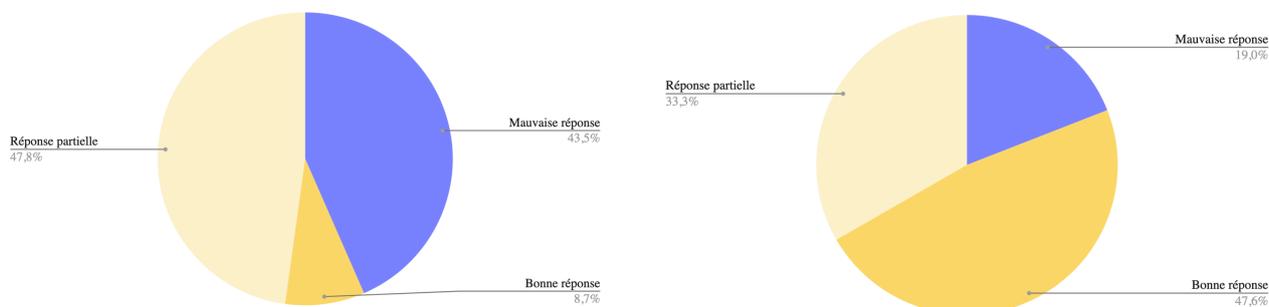


*Figures 21.a et 21.b :*

*À gauche : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-témoin de l'expérimentation 4, Tle STI2D*

*À droite : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-test de l'expérimentation 4, Tle STI2D*

Les résultats des expérimentations 1 chez les sixièmes et 4 chez les terminales STI2D ne montrent aucun impact significatif de l'apprentissage entre pairs sur la réussite de la tâche complexe, au contraire même, les élèves des groupes-témoins réussissent mieux que les élèves des groupes test.

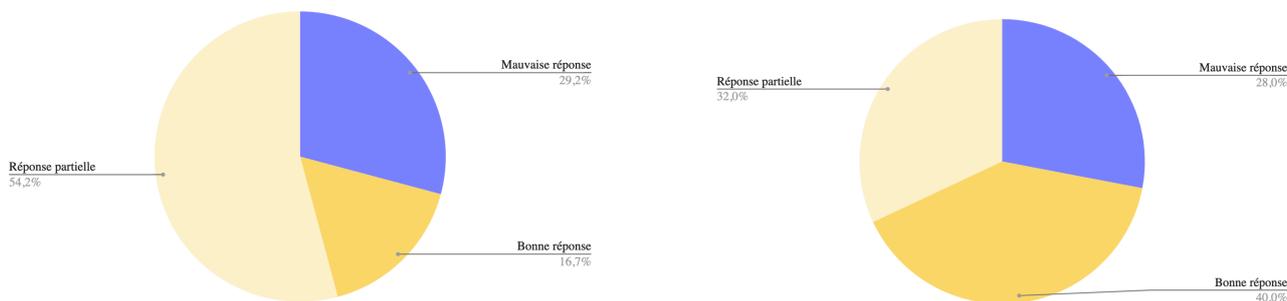


*Figures 22.a et 22.b :*

*À gauche : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-témoin de l'expérimentation 2, 5<sup>ème</sup>*

*À droite : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-test de l'expérimentation 2, 5<sup>ème</sup>*

On observe pour le groupe-test de cinquième une augmentation significative du pourcentage d'élèves ayant fourni une bonne réponse. En effet, 11 élèves du groupe-test ont trouvé la bonne réponse contre seulement 2 élèves du groupe-témoin.



*Figures 23.a et 23.b:*

*À gauche : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-témoin de l'expérimentation 3, Tle Spé*

*À droite : Pourcentage de réussite de la tâche complexe pour le groupe-test de l'expérimentation 3 Tle Spé*

Les résultats obtenus lors de l'expérimentation sur les groupes de Terminale Spécialité Physique-Chimie sont les plus intéressants. Nous voyons effectivement qu'une grande partie des élèves du groupe-test ont fourni une bonne réponse, 40% d'entre eux, contre 16,7% de bonne réponse pour le groupe-témoin, soit une différence de 23,3%. Regardons alors plus en détail les résultats liés à cette tâche complexe.

*2) Acoustique d'une salle :*

Dans les salles de spectacle, il existe des places dites « places aveugles ». Installé à ce type de place, un élève se rend compte que la qualité sonore du concert ne le satisfait pas. Lors du concert, l'élève constate qu'il perçoit mieux **les sons graves** de longueur d'onde  $\lambda_1 = 1,70m$  que **les sons aigus** de longueur d'onde  $\lambda_2 = 0,340m$ .

On rappelle l'angle caractéristique de diffraction :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  avec  $a$  la largeur de la fente ou de l'obstacle.

Schéma de la scène

Le schéma ci-dessus représente la scène, un pilier de largeur 70 cm et les positions possibles de l'élève lors du concert, repérées par les lettres A, B et C. On admettra que la diffraction par le pilier est identique à celle créée par une fente de même largeur.

**Question :** Choisir en JUSTIFIANT qualitativement, parmi les positions A, B et C celle qui correspondrait le mieux à la situation décrite par l'élève lors du concert. (PAS DE CALCUL ATTENDU)

*Figure 24 : Extrait du devoir test de l'expérimentation des groupes de Tle Spé sur la tâche complexe*

Mention de la diffraction		Groupe-témoin		Groupe-test	
		Non	Oui	Non	Oui
Place A choisie		0	1	0	0
Place B choisie		4	11	5	3
Place C choisie (Réponse partielle)	Pas ou mauvaise justification	3	1	2	3
	Justification partielle et insuffisante	0	1	0	1
Place C choisie (Bonne réponse)	Justification suffisante	0	0	0	8
	Bonne justification	0	3	0	2

*Tableau 15.a : Récapitulatif des réponses choisies par les élèves pour la tâche complexe de l'expérience 3, Tle Spé*

Parmi ceux ayant mentionnés la diffraction	Groupe-témoin	Groupe-test
Bonne réponse	3	10
Mauvaise réponse	14	7
Total	17	17

*Tableau 15.b : Récapitulatif des réponses choisies par les élèves ayant mentionnés la diffraction pour la tâche complexe de l'expérience 3, Tle Spé*

Que ce soit dans le groupe-témoin ou dans le groupe-test, nombreux sont les élèves ayant compris qu'il s'agissait d'une situation dans laquelle le phénomène de diffraction intervenait. Pour ceux n'en faisant pas référence, il y avait souvent des confusions avec le phénomène d'atténuation de l'intensité sonores par absorption, ces élèves que ce soit dans le groupe-témoin ou dans le groupe-test était au nombre de sept.

Le nombre d'élève mentionnant la diffraction est le même quelque soit le groupe observé, parmi les élèves ayant sélectionnés la place B et ayant mentionnés la diffraction, nombreux ont la fausse conception qu'il faille se trouver juste derrière l'obstacle afin d'observer le phénomène, ils ne prennent donc pas en compte l'angle caractéristique de diffraction délimitant ainsi un cône dans lequel le phénomène est observable. Les élèves ayant bien exploité la relation de l'angle caractéristique de diffraction sont au nombre de dix pour le groupe-test, contre trois uniquement pour le groupe-témoin.

On constate alors une réussite trois fois supérieure pour les élèves du groupe-test en comparaison au groupe-témoin.

Les résultats ainsi obtenus aux expérimentations 2 et 3 semblent confirmer un impact positif sur la compréhension plus en profondeur des élèves des notions abordées grâce à l'apprentissage entre pairs. Cependant, les résultats des expérimentations 1 et 4 ne montrent aucun changement significatif permettant de conclure dans cette même direction. Difficile alors d'affirmer si oui ou non l'apprentissage entre pairs constitue une méthode permettant une compréhension plus en profondeur.

De ces expérimentations, il nous est possible d'affirmer que l'hypothèse 1 : « *L'apprentissage entre pairs est plus efficace que l'apprentissage individuel pour les élèves du secondaire en Physique-Chimie en France.* » est bien vérifiée. En revanche, pour ce qui est de l'hypothèse 2 : « *L'apprentissage entre pairs permet une compréhension plus en profondeur des notions apprises par les élèves du secondaire en Physique-Chimie en France.* », les résultats obtenus ne nous permettent de conclure si oui ou non elle est vérifiée, les données se contredisant.

## **4-5- OBSERVATIONS**

Dans cette partie, les observations intéressantes et qui découlent directement des expérimentations seront présentées avant de conclure afin de remettre en perspective les résultats obtenus.

### **4-5-1- DIFFICULTÉS RENCONTRÉES**

Comme attendu, les élèves ont rencontré, trois difficultés majeures :

- dans trois des quatre classes dans lesquelles les expérimentations ont été mené, bien que leur enseignant habituel était présent les élèves me rencontraient pour la première fois et donc ne me connaissaient pas, en à peine une séance ils devaient s'adapter à une personne étrangère de leur environnement de classe,
- pour les deux classes de lycée et la classe de cinquième du collège, ils n'avaient jamais utilisé d'outils de QCM en direct, peu de problème technique furent rencontrés mais ils sortent tout de même de leur zone de confort et certains peuvent ainsi faire preuve d'une certaine réticence à s'investir face à un outils et un cadre qui leur est inconnue,
- la difficulté principale observée était lors des phases de discussion entre pairs, où les élèves semblaient pour la grande majorité grandement déstabilisés, ce point sera d'ailleurs développé plus en détail dans la partie suivante lui étant consacrée.

#### **4-5-2- LE DÉBAT ET LA NÉGOCIATION DES IDÉES DANS LE SECONDAIRE EN FRANCE**

Une observation commune aux quatre expérimentations est la grande difficulté des élèves à débattre et à échanger avec leur pairs. Lors des phases de discussion les élèves n'osaient pas aller vers leurs camarades de classe et à discuter leurs idées. Il a fallu à plusieurs reprises que passer dans les rangs afin d'amorcer la discussion et de les inciter à discuter. Beaucoup restait muet lors des premières phases de discussion. Ce phénomène est révélateur d'un manquement important concernant les compétences de communication des élèves pour la prise de parole dans un débat et du développement de leur autonomie.

Au bout de quelques phases de discussion, les élèves s'étaient davantage familiariser avec les phases de discussion, ils prenaient ainsi l'initiative de discuter avec leur pairs sans intervention extérieure de l'enseignant. Durant ces phases, je circulais dans les rangs afin d'écouter les discussions entre élèves et bien que de rares élèves s'appliquaient à argumenter leur réponse afin de défendre leur point de vue, nombreux étaient ceux se contentant d'énoncer la réponse qu'ils avaient choisi sans chercher à convaincre l'autre.

Ces comportements peu surprenant au collège se retrouvent même au lycée, révélant un manque de pratique de la communication entre pairs tout au long de la scolarité des élèves du secondaire. Ces lacunes pour débattre, argumenter et expliciter un raisonnement découlent directement du peu de moment accordé aux élèves afin de développer leurs capacités orales dans un enseignement plus traditionnel et individuel comme nous l'avons vu dans le cadre théorique.

Les résultats ainsi obtenus sont encourageants, car en effet, l'efficacité de l'apprentissage entre pairs ne serait que plus grande, au plus tôt et au plus longtemps que la méthode est utilisée.

# 5- CONCLUSION, LIMITES ET PERSPECTIVES

## 5-1- CONCLUSION

L'apprentissage entre pairs est une méthode ayant déjà fait ses preuves dans l'enseignement supérieur auprès d'étudiants que ce soit en science ou dans tout autre matière. Cette méthode se basant sur le socioconstructivisme, emprunte des concepts de la neurodidactique des sciences comme le conflit cognitif ou le rôle de l'inhibition dans l'apprentissage et est en adéquation avec les exigences des programmes officiels du ministère de l'éducation nationale. Les bases théoriques de cette méthode étant solides et bien établies, il a été privilégié pour ce mémoire l'évaluation de son impact en conditions réelles auprès d'élèves du secondaire en France afin de déterminer dans un premier temps l'efficacité de la méthode et son impact sur la compréhension plus en profondeur des notions apprises par les élèves en comparaison à l'apprentissage individuel.

À travers cette méthode, l'élève devient acteur de son enseignement en effectuant les tâches demandant le plus haut niveau cognitif en classe. Également, la substitution du cours magistral par le concept-test, permet un gain de temps non négligeable permettant de s'exercer davantage et représente un outil de choix afin d'avoir un retour rapide et direct sur les notions acquises ou non par les élèves. Ces concepts-tests, éléments centraux de la méthode permettent de se rendre compte des fausses pré-conceptions des élèves en les mettant face à ces dernières dans l'objectif qu'ils effectuent un changement conceptuel en apprenant à les inhiber.

Les quatre expérimentations menées au cours du premier trimestre de l'année scolaire 2023-2024 auprès de deux classes de collèges et deux classes de lycée général et technologique ont confirmé l'efficacité de la méthode d'apprentissage entre pairs comparé à l'apprentissage individuel, dans chacune des expérimentations, les élèves ayant suivi la méthode d'apprentissage entre pairs réussissant mieux au devoir.

**Confirmant ainsi notre première hypothèse**, nous pouvons à présent affirmer que l'apprentissage entre pairs est plus efficace que l'apprentissage individuel pour les élèves du secondaire en Physique-Chimie.

Concernant la seconde hypothèse, les résultats de deux expérimentations confirment qu'effectivement les élèves ayant suivi la méthode d'apprentissage entre pairs ont une compréhension plus en profondeur des concepts mais, les deux autres expérimentations ne montrent aucun impact significatif de la méthode sur la compréhension plus en profondeur. Il n'est donc **pas**

**possible pour la seconde hypothèse de conclure si oui ou non**, l'apprentissage entre pairs en comparaison à l'apprentissage individuel permet une compréhension plus en profondeur que l'apprentissage individuel.

Un point intéressant ayant été mis en lumière par ces expérimentations est la difficulté des élèves à participer au débat, à argumenter et à défendre leurs idées, axes importants que doit développer l'enseignant comme mentionné dans les bulletins officiels.

La méthode Mazur, ou encore l'apprentissage entre pairs est donc une méthode didactique efficace afin d'assurer l'apprentissage des élèves du secondaire en Physique-Chimie tout en développant leurs capacités de communication, leur esprit critique et leur aptitude à débattre en comparaison à l'apprentissage individuel.

## **5-2- LIMITES ET PERSPECTIVES**

Les expérimentations ont été menés sur un large échantillon, plutôt représentatif de la population testée et il est attendu dans les mêmes conditions d'obtenir des résultats semblables. Il faut tout de même souligné que les expérimentations se sont limités à une seule et unique séquence par classe dues à des contraintes de temps et d'organisation, aussi, les enseignants n'ont pas toujours été les mêmes, ainsi, bien qu'ils suivent la même démarche, leur façon d'être et façon de faire peuvent différer et influencé les résultats obtenus. Également, la non possibilité d'être présente à chacune des séances de la séquence dues aux contraintes d'emploi du temps font que certaines informations ou observations ont pu m'échapper lors des expérimentations.

Les résultats obtenus dans les expérimentations de ce mémoire se présentent davantage comme une introduction à l'étude de l'impact de l'apprentissage entre pairs sur les élèves du secondaire en Physique-Chimie en France qu'à une fin en soi. En effet, les résultats sont encourageants et intéressants au vue des conditions d'expérimentation mais l'étude mériterait d'être affinée. Une expérimentation sur le long terme, de la sixième jusqu'à la troisième par exemple ou jusqu'à la Terminale sur un même échantillon d'élève serait intéressant afin de mesurer l'efficacité de l'apprentissage entre pairs sur le long terme, la compréhension plus en profondeur des élèves et le développement de leurs compétences de communication. Une étude d'une telle envergure permettrait d'obtenir une quantité de donnée suffisante pour que les biais de confirmation, de l'observateur ou autres, n'impactent pas significativement les résultats obtenus.

### **5-3- PERSPECTIVES PROFESSIONNELLES**

Finalement, sur une note plus personnelle, ce mémoire m'a d'abord apporté de nombreuses connaissances théoriques au vu de ma future pratique professionnelle, que ce soit sur des concepts classiques comme le socioconstructivisme ou sur des courants émergent plus récent comme la neurodidactique des sciences. La lecture de ces ouvrages m'ont permis d'en apprendre plus sur comment fonctionne les processus d'apprentissage chez les élèves et quel est le rôle que l'enseignant doit prendre afin de les amener au mieux à la réussite.

Quittant le cadre théorique, les différentes expérimentations m'ont donné l'occasion d'être face à plusieurs classes et à explorer les programmes officiels du ministère. La conception des concepts-tests et des devoirs tests s'inscrivant dans la mise en place de séquence pédagogique m'ont donné l'opportunité d'exercer le métier en conditions réels avec en tête des outils visant à faciliter et à améliorer la pratique. Les concepts-tests notamment sont, à mon sens, des outils indispensables dans l'apprentissage des élèves qui seront au cœur de ma pratique professionnelle future.

# 6- BIBLIOGRAPHIE/SITOGRAPHIE

## Bibliographie

- Bruner. (2008). L'éducation : entrée dans la culture. Paris : Retz.
- Chi., Wylie. (2014). The ICAP framework : Linking cognitive engagement to active learning outcomes. Educational Psychologist.
- Craik., Lockhart. (1972). Levels of processing : a framework for memory research. Université de Toronto. Journal of Verbal learning and verbal behavior 11,671-684.
- Craik., Tulving. (1975). Depth of processing and the retention of words in episodic memory. Université de Toronto. Journal of experimental psychology : General 04,3,268-294.
- Doise., Mugny. (1981). Le développement social de l'intelligence. Paris : Interéditions.
- Doise., Mugny., Perret-Clermont. (1975). Social Interaction and the development of cognitive operation. European Journal of Social Psychology.
- Dunbar., Fugelsang., Stein. (2007). Do naïve theories ever go away ? Using brain and behavior to understand changes in concepts. M.C Lovett et P.Shah, Thinking with Data : 33rd Carnegie Symposium on Cognition.
- Dunbar., Fugelsang. (2005). Brains-based mechanisms underlying complex causal thinking. Neuropsychologia 43.
- Driver., Squires., Rushworth., Wood-Robinson. (1994). Making sense of secondary science : research into children's ideas. Londres et New York : Routledge.
- Fagen., Crouch., Mazur. (2002). Peer Instruction : Results from a Range of Classrooms. The Physics Teacher 40.
- Fosnot., Perry. (2005). Constructivism : a psychological theory of learning. Constructivism : Theory, Perspectives, and Practice. Teachers College Press. New York et Londres.
- Goodlad., Hirst. (1990). Explorations in Peer Tutoring ». Oxford, Basil Blackwell.
- Houssaye. (2014). Le triangle pédagogique, les différentes facettes de la pédagogie. ESF.
- Kelly. (2014). A handbook for translator trainers ». Manchester : St.Jerome Publishing.
- Klieme., Pauli., Reusser. (2009). The Pythagoras study : investigating effects of teaching and learning in Swiss and German mathematics classrooms. The power of Video Studies in Investigating teaching and learning in the classrooms, Waxmann: Münster.
- Lasry., Mazur., Watkins. (2007). Peer Instruction : From Harvard to the two-year college. Am. J. Phys., 76,11.
- Lessard., et Schmidt. (2011). Recension des écrits sur la gestion de classe ». Québec : Université de Sherbrooke.
- Mason. (2007). Enseigner les sciences en s'appuyant sur la neurodidactique des sciences. Université du Québec à Montréal.
- Mason., Cyr., Brault Folsy. (2010). Comment le cerveau réagit-il à un conflit cognitif ?. Université du Québec à Montréal : Spectre.

- Mason., Brault Folsy. (2011). Apprendre les sciences, c'est apprendre à inhiber ses conceptions antérieures ?. Université du Québec à Montréal : Spectre.
- Mazur. (1997). Peer Instruction : A User's Manual. Upper Saddle River, Prentice-Hall.
- Novak., Gavrin., Christian., Patterson. (1999). Just-in-Time Teaching: Blending Active Learning with Web Technology. Upper Saddle River, Prentice-Hall.
- Piaget. (1969). Psychologie et pédagogie. Paris : Denoël.
- Postel-Vinay. (2002). Les jeunes et la science : les filles se distinguent. La Recherche, 359.
- Rao., DiCarlo. (2000). Peer instruction improves performance on quizzes. Advances in physiology education, 24,1.
- Raymond. (2006). Qu'est-ce qu'apprendre et qu'est-ce-qu'enseigner ? Un tandem en piste !. Montréal : Association québécoise de pédagogie collégial.
- Tullis., Goldstone. (2020). Why does peer instruction benefit student learning?. Cogn. Research 5, 15.
- Vygotski. (1997). Pensée et langage. Paris : La dispute.
- Watkins., Mazur. (2009). Just-in-Time Teaching and Peer Instruction. Just in Time Teaching Across the Disciplines, Sterling, Stylus Publishing.

# Sitographie

- Académie de Versailles. (2018, consulté le 19 décembre 2022). Neuroéducation 78. (s. d.).  
<https://www.ac-versailles.fr/neuroeducation-78-123065#:~:text=L.A%20NEURO%C3%89DUCATION,des%20sciences%20de%20l'%C3%A9ducation>
- Bret., Roussel., Le Cam. (2020, consulté le 17 mars 2022). TIMSS 2019 Sciences au niveau de la classe de quatrième : les résultats de la France en retrait à l'échelle internationale. Direction de l'évaluation de la prospective et de la performance, Note d'information 20.48.  
<https://www.education.gouv.fr/timss-2019-sciences-au-niveau-de-la-classe-de-quatrieme-les-resultats-de-la-france-en-retrait-l-307821>
- CNRTL. (2012, consulté le 18 décembre 2022). Centre national de ressource textuelles et lexicales.  
<https://www.cnrtl.fr/>
- Connac. (2017, consulté le 19 décembre 2022). Organiser la coopération entre élèves pour prendre en compte leur diversité. Conférence de la 'Journée d'accueil des professeurs nouvellement nommés en réseau éducation prioritaire'. DAFOP.  
<http://www.crdp-lyon.fr/podcast/conference-organiser-la-cooperationentre-eleves-pour-prendre-en-compte-leur-diversite-conference>
- Dauphin. (2021, consulté le 17 décembre 2022). À la rentrée 2021, des choix d'enseignements de spécialité en première et terminale générale proches de ceux de 2020. Direction de l'évaluation de la prospective et de la performance, Note d'information 21.41.  
<https://www.education.gouv.fr/la-rentree-2021-des-choix-d-enseignements-de-specialite-en-premiere-et-en-terminale-generales-326509#:~:text=%C3%80%20la%20rentr%C3%A9e%202021%2C%20pour,premi%C3%A8re%20g%C3%A9n%C3%A9rale%20l'ann%C3%A9e%20pr%C3%A9c%C3%A9dente>
- Dufour. (2014, consulté le 18 décembre 2022). La classe inversé. Eduscol. Technologie 193.  
<https://eduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr.sti/files/ressources/techniques/6508/6508-193-p44.pdf>
- Edouard., Le Cam. (2016, consulté le 19 décembre 2022). Les performances des élèves de terminale S en physique. Évolution sur vingt ans ». Direction de l'évaluation de la prospective et de la performance, Note d'information 34.  
<https://shs.hal.science/halshs-04107734/>
- Gauthier., Desbiens., MaIo., Martineau., Simard., (dir.). Pour une théorie de la pédagogie : recherches contemporaines sur le savoir des enseignants. Paris / Bruxelles : De Boeck Université. Revue des sciences de l'éducation, 25(3), 675–676.  
<https://doi.org/10.7202/032018ar>
- Légifrance. (2022, consulté le 17 décembre 2022). Code de l'éducation.  
[https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000006525569](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000006525569)
- Ministère de l'Éducation Nationale.(2020, consulté le 02 janvier 2023). Programme d'enseignement du cycle des approfondissement (cycle 4). Bulletin Officiel 31.  
<https://eduscol.education.fr/document/621/download>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2019, consulté le 02 janvier 2023). Programme de Physique-Chimie de seconde générale et technologique et de première générale . Bulletin Officiel 1.
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2019, consulté le 02 janvier 2023). Programme de Physique-Chimie de première générale. Bulletin Officiel 1.
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2019, consulté le 02 janvier 2023). Programme de Physique-Chimie de terminale générale. Bulletin Officiel 8.  
<https://eduscol.education.fr/1648/programmes-et-ressources-en-physique-chimie-voie-gt>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2019, consulté le 02 janvier 2023). Programme de Physique-Chimie et mathématiques de première STI2D. Bulletin Officiel 1.
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2019, consulté le 02 janvier 2023). Programme de Physique-Chimie et mathématiques de terminale STI2D. Bulletin Officiel 1.  
<https://eduscol.education.fr/1736/programmes-et-ressources-en-serie-sti2d>

- Ministère de l'Éducation Nationale. (2019, consulté le 02 janvier 2023). Programme de Physique-Chimie pour la santé de première ST2S . Bulletin Officiel 1.  
<https://eduscol.education.fr/1649/programmes-et-ressources-en-serie-st2s>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2019, consulté le 02 janvier 2023). Programme de Physique-Chimie et mathématique de première STL. Bulletin Officiel 8.
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2019, consulté le 02 janvier 2023). Programme de Physique-Chimie et mathématique de terminale STL. Bulletin Officiel 8.  
<https://eduscol.education.fr/1652/programmes-et-ressources-en-serie-stl>
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2015, consulté le 02 janvier 2023). Fiche n°14 : outil d'accompagnement : descripteurs des degrés d'acquisition des compétences à l'entrée dans le métier. Bulletin Officiel 13.  
[https://www.education.gouv.fr/bo/13/Hebdo30/MENE1315928A.htm?cid\\_bo=73066](https://www.education.gouv.fr/bo/13/Hebdo30/MENE1315928A.htm?cid_bo=73066)
- Ministère de l'Éducation Nationale. (2016, consulté le 02 janvier 2023). « Les postures enseignantes » Dominique Bucheton, professeure honoraire des Universités.  
<https://eduscol.education.fr/document/16219/download>
- OCDE., PISA. (2016, consulté le 19 décembre 2022). Cadre d'évaluation et d'analyse de l'enquête PISA 2015 : Compétences en sciences, en compréhension de l'écrit, en mathématique et en matière financières.  
<https://www.education.gouv.fr/media/22250/download>

# 7- ANNEXES

*Annexe 1 : Notes des élèves ayant participé à l'expérimentation*

**Expérimentation 1** : notes des élèves de sixième au premier semestre  
à gauche : groupe-témoin  
à droite : groupe-test

PHYSIQUE-CHIMIE-7

24 élèves	24/11 13/10 29/09 22/09				
	Moyenne	2	2-/10	1	1-/10
[redacted]		N.Not	N.Rdu	N.Not	N.Not
[redacted]	9,79	10,00	2,00	4,25	10,00
[redacted]	13,00	13,50	6,00	8,50	10,00
[redacted]	10,67	X	5,00	6,00	10,00
[redacted]	11,50	14,00	6,00	5,00	6,25
[redacted]	13,27	13,50	7,00	9,50	8,50
[redacted]	13,55	15,00	9,00	4,50	4,00
[redacted]	10,43	14,00	5,00	1,50	7,00
[redacted]	8,36	8,00	3,00	7,00	6,25
[redacted]		N.Not	N.Rdu	N.Not	N.Not
[redacted]	9,00	7,00	8,00	3,50	0,00
[redacted]	11,73	8,00	8,00	6,50	10,00
[redacted]	9,86	11,50	N.Rdu	4,50	7,00
[redacted]	11,64	11,50	8,00	4,50	4,50
[redacted]	12,95	17,50	7,00	3,50	4,75
[redacted]	13,00	13,50	6,00	11,50	7,00
[redacted]	8,91	13,00	5,00	3,00	0,00
[redacted]	9,32	9,50	5,00	6,75	5,50
[redacted]	11,36	11,50	5,00	6,75	10,00
[redacted]	10,21	7,00	5,00	13,25	8,50
[redacted]	9,71	11,50	N.Rdu	4,00	7,00
[redacted]	15,36	17,50	9,00	8,50	5,00
[redacted]	7,71	7,50	2,00	5,00	7,00
[redacted]	13,77	18,50	7,00	5,25	5,50
<b>Moy. de la classe :</b>	11,14	12,05	5,90	6,03	6,53

PHYSIQUE-CHIMIE-8

23 élèves	24/11 13/10 29/09			
	Moyenne	2	2-/10	1
[redacted]	15,17	18,50	1,00	8,50
[redacted]	16,50	20,00	7,00	9,50
[redacted]	18,00	20,00	9,00	14,00
[redacted]	16,17	17,50	6,00	13,50
[redacted]	12,30	10,50	9,00	4,50
[redacted]	11,70	11,50	7,00	7,50
[redacted]	11,83	Abs	7,00	7,50
[redacted]	13,83	19,50	6,00	2,50
[redacted]	16,60	20,00	9,00	7,00
[redacted]	11,30	12,50	6,00	7,50
[redacted]	12,33	12,50	6,00	12,00
[redacted]	14,50	17,50	6,00	8,50
[redacted]	15,33	18,50	5,00	9,00
[redacted]	14,75	18,00	8,00	5,75
[redacted]	13,17	14,50	6,00	10,50
[redacted]	8,50	7,00	6,00	4,50
[redacted]	14,17	15,50	0,00	11,50
[redacted]	15,00	17,50	6,00	10,00
[redacted]	11,17	13,50	2,00	6,50
[redacted]	12,80	12,50	7,00	11,00
[redacted]	10,40	10,00	6,00	8,00
[redacted]	15,00	20,00	7,00	5,00
[redacted]	7,50	9,00	2,00	4,50
<b>Moy. de la classe :</b>	13,39	15,27	5,83	8,21

**Expérimentation 2** : notes des élèves de cinquième au premier semestre  
à gauche : groupe-témoin  
à droite : groupe-test

PHYSIQUE-CHIMIE-6

24 élèves	10/11 30/10 29/09 04/09				
	Moyenne	1	1-/10	1	1-/5
[redacted]	8,33	4,75	N.Rdu	9,25	4,75
[redacted]	7,56	7,50	N.Rdu	6,50	3,00
[redacted]	16,85	18,50	10,00	12,00	4,25
[redacted]	10,89	11,00	N.Rdu	10,75	2,75
[redacted]	14,69	14,50	10,00	13,25	0,00
[redacted]	11,85	10,00	8,00	8,50	4,00
[redacted]	13,22	12,50	N.Rdu	15,00	2,25
[redacted]	14,22	15,00	7,00	15,25	1,75
[redacted]	11,78	6,50	N.Rdu	15,00	5,00
[redacted]	13,23	10,00	8,50	11,75	4,25
[redacted]	10,15	10,50	7,00	8,50	0,00
[redacted]	9,38	10,00	N.Rdu	8,75	Abs
[redacted]	17,31	16,50	10,00	14,75	5,00
[redacted]	16,67	18,50	8,00	15,50	3,50
[redacted]	11,00	5,00	4,50	15,50	4,25
[redacted]	11,22	8,50	N.Rdu	12,25	4,50
[redacted]	15,46	14,50	8,75	14,25	4,00
[redacted]	13,78	14,50	5,50	11,50	5,00
[redacted]	16,80	N.Not	Abs	16,00	5,00
[redacted]	12,77	11,00	7,50	11,25	4,25
[redacted]	13,54	12,00	9,00	9,00	5,00
[redacted]	8,11	11,00	N.Rdu	4,25	3,00
[redacted]	14,38	14,00	8,50	12,75	3,00
[redacted]	8,23	7,00	6,00	3,75	4,00
<b>Moy. de la classe :</b>	12,56	11,45	7,88	11,47	3,59

PHYSIQUE-CHIMIE

24 élèves	10/11 03/11 29/09 08/09				
	Moyenne	1	1-/10	1	1-/5
[redacted]	17,67	17,00	N.Rdu	17,75	5,00
[redacted]	18,44	19,50	7,50	17,00	5,00
[redacted]	18,38	18,00	10,00	16,75	5,00
[redacted]	18,67	18,00	6,50	19,00	5,00
[redacted]	6,89	2,50	N.Rdu	13,00	0,00
[redacted]	17,92	17,00	10,00	16,25	5,00
[redacted]	16,92	15,50	8,50	17,50	5,00
[redacted]	12,56	11,50	Abs	14,25	2,50
[redacted]	16,92	17,50	8,50	16,00	4,50
[redacted]	15,22	15,50	6,00	14,25	4,50
[redacted]	17,54	17,00	9,00	17,00	5,00
[redacted]	18,77	19,50	10,00	16,50	5,00
[redacted]		N.Not	N.Not	N.Not	N.Not
[redacted]	11,89	10,50	N.Rdu	11,75	4,50
[redacted]	10,00	6,50	N.Rdu	12,25	3,75
[redacted]	12,89	13,00	N.Rdu	13,50	2,50
[redacted]		X	X	X	X
[redacted]	11,56	10,00	2,50	11,50	4,50
[redacted]	14,77	13,50	9,00	15,00	1,50
[redacted]	15,11	17,00	6,00	15,00	2,00
[redacted]	14,56	16,50	6,00	14,75	1,50
[redacted]	19,15	20,00	10,00	17,25	5,00
[redacted]	17,92	19,00	9,50	16,25	4,00
[redacted]	18,22	18,00	7,50	18,00	5,00
<b>Moy. de la classe :</b>	15,54	15,11	7,91	15,48	3,90

# Expérimentation 3 : notes des élèves de Terminale Spécialité Physique-Chimie au premier semestre

1<sup>er</sup> : groupe-témoin

2<sup>ème</sup> : groupe-test

15/12/2023 13:49

Saisie des notes - Espace Professeurs - [REDACTED] - L.E.G.T JEAN-CLAUDE FRUTEAU

Notes (Semestre 1) / Groupe : TPH-CH1 / Matière : PHYSIQUE-CHEMIE / Professeur : [REDACTED]

27 élèves		14/12	09/12	02/12	24/11	07/10	22/09	18/09	15/09	12/09	11/09	08/09	04/09	30/08	30/08	25/08	22/08	18/08
Classe	Moyenne	2	0	0	1.5	0	2	0-10	1-10	0.5-10	0-10	1-10	2	0	0-10	1	0.5-10	0-10
T5	14,20	14,50	14,50	13,17	18,00	11,00	11,50	5,00	7,00	7,50	7,50	7,17	13,50	15,33	8,00	13,00	8,00	6,00
T5	11,24	9,00	6,50	N.Rdu	11,00	9,00	13,00	N.Rdu	7,50	7,50	7,50	7,33	9,50	11,50	7,00	10,17	8,00	N.Rdu
T4	17,71	19,50	19,25	N.Rdu	18,50	16,00	17,00	4,50	6,50	6,50	6,67	8,67	16,00	17,17	8,00	18,17	8,00	N.Rdu
T2	17,32	18,00	17,75	16,50	16,00	15,00	17,00	N.Rdu	6,00	10,00	10,00	10,00	15,50	15,50	20,00	9,00	9,00	9,00
T2	15,66	13,00	12,50	16,67	17,50	13,00	14,50	7,50	7,00	9,50	9,00	6,33	17,50	14,83	7,00	13,33	8,50	N.Rdu
T4	14,92	14,50	10,50	17,50	18,00	14,50	13,00	5,50	7,00	7,00	7,17	8,83	13,00	17,17	10,00	17,17	8,00	9,00
T1	15,61	14,00	14,00	13,67	19,00	12,50	12,50	5,00	7,00	9,00	8,00	9,00	16,00	17,00	7,00	16,83	9,00	N.Rdu
T5	9,67	6,50		8,67	Abs	6,50	6,50	N.Rdu	6,50	6,00	0,00	7,50	10,00			16,67	5,00	8,00
T4	13,62	12,50	12,25	13,50	17,50	12,00	11,00	7,00	6,00	9,50	7,33	7,83	13,00	16,83	9,50	14,33	6,50	N.Rdu
T2	13,88	12,00	10,00	N.Rdu	14,50	12,00	14,50	N.Rdu	6,50	9,00	9,33	9,33	12,00	13,00	7,00	15,00	8,50	N.Rdu
T1	7,37	3,50		N.Rdu	11,50	3,50	6,50	N.Rdu	0,50		5,67	4,50	7,50			8,17	6,50	N.Rdu
T5	16,37	18,00	17,75	14,17	16,50	15,50	16,50	6,00	5,50	7,50	6,67	6,67	13,50	18,50	9,00	18,00	9,00	N.Rdu
T2	10,01	10,00	8,00	12,67	13,00	10,00	8,00	N.Rdu	7,50	6,83	5,83	8,50	9,83	5,00	9,66	6,00	N.Rdu	N.Rdu
T4	10,33	8,50	8,25	7,67	12,00	5,50	9,50	5,00	3,00	7,50	6,00	10,00	10,83	8,00	11,66	5,50	7,00	N.Rdu
T5	11,78	9,00	8,75	12,50	14,50	7,50	13,00	N.Rdu	N.Rdu	N.Rdu	N.Rdu	N.Rdu	10,50			13,33	6,00	7,50
T2	6,63	5,00		9,33	8,00	5,00	4,00	N.Rdu	3,00		6,17	7,50				6,67	7,00	N.Rdu
T1	9,15	5,50	5,50	11,67	11,00	5,00	9,00	4,50	N.Rdu	8,00	4,00	8,50	10,67	8,00	12,83	6,00	9,00	9,00
T5	11,81	10,50	5,00	11,00	13,50	10,50	9,50	7,00	7,50		5,83	5,83	11,00	14,17	7,00	16,50	N.Rdu	9,00
T2	8,28	11,00	11,00	6,17	9,50	3,50	5,50	4,00	8,00	2,67	2,67	6,00	8,67	3,00	7,00	6,00	6,00	6,00
T2	8,43	6,50	6,50	12,17	10,00	3,50	9,00	N.Rdu	6,00	7,00	5,67	6,00	12,83	2,00	8,83	4,50	N.Rdu	N.Rdu
T2	10,28	9,00	5,00	10,67	13,50	8,00	7,50	N.Rdu	5,00		7,33	11,50	12,83	8,00	6,33	6,50	10,00	10,00
T5	17,89	16,50	13,25	17,50	16,50	18,50	2,00	5,50			8,33	8,33	19,00	17,83	10,00	19,50	8,50	7,00
T4	11,03	8,50	8,25	11,67	12,50	8,50	9,00	2,50	4,50		5,67	4,17	14,50	17,50	8,00	9,67	N.Rdu	10,00
T2	10,64	7,50	7,50	11,67	13,50	7,50	11,00	0,00	2,50	6,50	5,50	6,17	8,50	16,00	8,00	13,67	7,50	6,50
T4	7,95	4,50	4,25	11,67	12,00	3,00	4,50	4,00	N.Rdu		5,00	6,00	8,50	11,17	3,00	11,33	6,50	N.Rdu
T2	11,97	9,00	6,50	9,17	16,50	9,00	11,00	5,00	5,00	6,50	4,67	6,00	12,00	16,67	9,00	8,33	7,50	9,00
T4	12,06	12,00	12,00	15,50	12,50	11,50	11,00	6,50	6,00	7,50	4,67	6,67	11,00	15,67	8,00	13,67	7,50	10,00
Moy. du groupe :	12,07	10,63	10,20	12,39	14,10	9,44	10,87	4,79	5,43	7,93	6,12	6,69	11,48	14,36	7,25	13,03	7,16	8,20

15/12/2023 13:49

Saisie des notes - Espace Professeurs - [REDACTED] - L.E.G.T JEAN-CLAUDE FRUTEAU

Notes (Semestre 1) / Groupe : TPH-CH2 / Matière : PHYSIQUE-CHEMIE / Professeur : [REDACTED]

28 élèves		11/12	04/12	04/12	02/12	23/11	21/11	14/11	10/11	3/10	30/10	30/10	30/10	30/10	02/10	02/10	12/09	07/09	04/09	04/09	01/09	28/08	24/08	21/08	
Classe	Moyenne	0.25-/5	0.25-/5	0.25-/5	0.25-/5	2-/10	0.25-/10	1-/10	0.25-/5	2	0.25-/5	0.25-/5	0.25-/5	0.25	0.25-/4.5	0.25-/5	0.25-/5	2	0.25-/4.5	0.25-/5	0.25-/5	0.25-/5	0.25-/5	0.25-/5	0.25-/5
T5	12,10	N.Rdu	3,25	2,75	2,00	3,00	N.Not	6,00	4,50	10,50	4,00	4,50	5,00	12,00	4,00	4,50	10,00	13,50	3,50	2,00	5,00	5,00	5,00	4,50	4,50
T5	17,20	5,00	4,00	4,75	4,50	8,50	9,00	8,25	4,50	19,00	5,00	4,75	5,00	20,00	4,50	4,00	3,00	15,00	4,00	3,00	1,50	3,50	3,50	4,50	4,50
T5	13,30	3,50	4,00	4,75	4,50	5,50	9,00	8,50	4,50	8,50	3,75	5,00	5,00	20,00	4,00	3,50	3,00	10,50	4,00	3,00	3,50	3,50	3,50	4,50	4,50
T1	15,20	4,75	3,50	3,00	5,50	7,00	8,00	6,75	3,00	13,00	5,00	4,75	5,00	20,00	4,50	4,50	2,00	15,00	3,50	2,00	4,50	4,50	5,50	4,50	4,50
T1	16,00	3,50	3,75	4,25	4,50	6,00	10,00	7,50	4,00	15,50	4,50	4,50	5,00	15,00	4,50	4,50	3,00	17,00	4,00	4,00	4,00	5,00	5,50	5,00	5,00
T5	11,30	2,50	2,75	N.Rdu	Abs	3,00	5,00	7,00	3,00	7,00	Abs	4,00	4,00	20,00	4,00	3,50	3,00	13,00	4,00	3,00	2,00	5,00	Abs	3,50	3,50
T1	13,50	4,75	3,50	3,00	4,50	4,00	8,00	6,50	3,50	9,50	5,00	4,75	5,00	20,00	4,00	4,50	2,00	18,00	3,50	2,00	3,50	4,50	5,50	4,50	4,50
T4	14,10	3,50	N.Rdu	3,50	5,50	8,00	6,00	7,25	3,50	9,00	4,25	4,50	5,00	18,00	4,50	N.Rdu	2,00	11,50	3,50	3,00	3,00	5,00	5,00	4,50	4,50
T2	14,30	4,50	5,00	2,75	5,50	5,00	9,00	8,25	4,00	9,00	4,75	4,75	5,00	20,00	4,50	4,00	3,00	14,50	4,00	3,00	4,00	4,00	6,00	5,00	5,00
T2	10,70	N.Rdu	3,50	N.Rdu	0,00	3,50	7,00	Abs	4,00	4,00	3,75	4,75	Abs	10,00	4,00	3,50	1,50	16,00	3,50	2,00	1,50	4,00	4,00	4,50	4,50
T5	17,20	4,25	4,50	3,50	4,50	8,00	4,00	8,00	4,50	16,50	4,75	4,75	5,00	16,00	4,50	4,50	4,00	3,00	4,50	4,00	4,00	5,00	6,00	4,50	4,50
T4	13,70	N.Rdu	3,25	3,00	5,00	4,50	5,00	7,50	4,00	10,00	4,75	4,75	5,00	20,00	4,00	3,50	2,50	15,50	4,00	3,00	2,00	5,00	6,00	3,50	3,50
T2	13,30	3,00	3,50	3,50	6,00	6,00	9,00	7,00	2,50	9,00	4,25	4,00	4,00	17,00	4,50	4,50	2,00	14,00	2,50	2,50	2,00	4,00	4,50	4,50	4,50
T2	9,80	N.Rdu	N.Rdu	1,00	5,00	4,00	4,00	5,25	3,50	5,50	3,25	2,75	4,00	15,00	4,50	3,50	2,50	8,00	3,00	2,50	2,00	4,00	5,00	4,50	4,50
T2	14,10	3,25	N.Rdu	4,00	3,00	6,00	5,00	7,50	3,50	10,50	4,25	4,25	4,00	17,00	4,50	3,50	2,50	15,50	4,00	2,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
T5	12,30	4,00	4,00	N.Rdu	1,00	5,00	5,00	5,50	3,00	7,00	4,00	4,75	5,00	15,00	4,50	4,50	2,00	15,50	3,50	2,50	1,00	5,00	3,50	4,50	4,50
T2	14,00	3,00	3,50	3,25	5,50	7,50	9,00	5,75	2,50	11,50	4,25	4,75	4,00	17,00	4,00	4,50	3,00	13,50	2,50	2,50	3,00	4,00	3,50	4,50	4,50
T1	10,70	N.Rdu	4,00	3,50	3,00	2,00	9,00	3,00	4,00	13,00	4,25	4,50	5,00	14,00	4,00	3,50	2,00	8,00	3,00	2,50	3,00	4,00	2,00	4,50	4,50
T4	13,90	4,50	N.Rdu	3,50	5,50	8,50	6,00	7,00	3,50	8,00	3,75	4,75	5,00	18,00	4,00	N.Rdu	3,00	11,50	3,50	3,00	2,50	5,00	4,00	4,50	4,50
T2	18,50	N.Rdu	5,00	3,00	Abs	10,00	10,00	8,75	4,00	19,00	4,50	4,25	5,00	20,00	4,50	5,00	3,00	17,00	4,00	3,00	5,00	5,00	6,00	5,00	5,00
T2	13,90	3,50	5,00	2,00	2,50	4,50	4,00	7,75	5,00	9,50	4,25	5,00	5,00	20,00	4,50	N.Rdu	2,50	16,50	4,00	3,00	3,00	5,00	5,00	5,00	5,00
T4	18,90	5,00	5,00	4,75	6,00	10,00	10,00	9,75	5,00	20,00	5,00	5,00	5,00	20,00	4,50	4,50	5,00	20,00	4,00	3,00	5,00	5,00	6,00	5,00	5,00
T2	16,80	3,50	N.Rdu	4,50	5,50	9,00	8,00	7,75	3,00	15,00	4,75	4,25	5,00	20,00	4,50	3,50	3,00	18,00	4,00	2,50	3,50	4,50	2,50	4,50	4,50
T4	14,50	4,50	5,00	4,00	4,00	6,00	7,50	4,00	12,00	3,75	Abs	5,00	20,00	4,50	4,00	2,50	17,50	4,00	2,25	4,00	5,00	5,50	3,50	3,50	
T2	14,90	3,25	3,50	3,75	6,00	9,00	6,50	5,00	4,50	8,50	4,75	5,00	20,00	4,50	3,50	3,00	14,00	3,50	2,50	3,00	4,00	5,50	4,50	4,50	
T3</																									

# Expérimentation 4 : notes des élèves de Terminale STI2D au premier semestre

1<sup>er</sup> : groupe-témoin

2<sup>ème</sup> : groupe-test

Notes (Semestre 1) / Classe : TSTI2D2 / Matière : PHYSIQ.CHIMIE&MATHS / Professeur :

		15/12	14/12	11/12	10/12	10/12	10/12	21/11	21/11	12/10	08/10	08/10	08/10	08/10	17/09	03/09	03/09
28 élèves	Moyenne	0.5-5	0.5-11	0.5	1	0.5-5	1-30	1-12	1-5	1-24	0.5	1-5	0.5-5	0.5-5	1	1-5	0.5-4
	12,65	5,00	7,00	11,75	13,50	4,00	14,67	7,00	5,00	13,00	14,00	5,00	3,00	5,00	9,00	3,50	3,00
	11,91	5,00	8,00	0,00	12,00		18,50	5,50	4,00	15,50	10,00	5,00	5,00	5,00	9,00	3,25	1,50
	15,95	5,00	9,50	15,50	13,00	4,00	20,00	11,50	5,00	13,00	15,00	5,00	2,00	Abs	17,00	5,00	4,00
	8,51	5,00	5,00	8,00	7,50	4,00	13,33	3,00	5,00	(8,50)	8,00	4,00	5,00	4,00	3,00	1,00	1,50
	16,02	5,00	9,00	15,50	14,50	4,00	N.Rdu	5,50	4,00	18,50	14,00	5,00	5,00	4,50	14,00	3,75	3,75
	11,21	5,00	7,50	9,75	9,00		21,33	4,50	5,00	(6,00)	3,50	Abs	5,00	Abs	9,00	4,00	2,00
	8,17	5,00	9,50	3,25	5,00	5,00	16,50	1,00	4,00	(8,00)	6,00	4,00	Abs	4,00	3,00	1,50	1,00
	11,39	5,00	0,00	4,75	8,60	4,00	23,17	9,50	3,00	(6,50)	10,00	4,00	Abs	3,50	12,00	2,50	2,75
	16,85	5,00	9,00	13,00	13,50	5,00	24,67	9,50	5,00	14,50	12,50	5,00	5,00	5,00	19,00	5,00	4,00
	14,84	5,00	7,00	13,75	9,00	4,00	22,67	6,50	5,00	18,00	15,00	5,00	5,00	4,50	13,00	4,00	4,00
	12,15	5,00	7,00	4,25	11,50	4,00	16,67	7,00	5,00	(3,00)	11,00	5,00	Abs	5,00	12,50	2,75	3,00
	13,77	5,00	9,00	10,75	10,00	3,00	15,67	10,00	5,00	(12,00)	13,00	5,00	5,00	3,00	15,00	5,00	4,00
	10,94	5,00	9,00	7,75	4,50		13,00	5,00	4,00	(1,00)	10,50	5,00	5,00	Abs	14,00	3,50	4,00
	15,95	5,00	9,50	10,75	12,00	3,50	23,83	11,00	5,00	15,50	10,50	5,00	5,00	5,00	15,00	5,00	4,00
	11,56	5,00	0,00	8,75	13,00	3,00	16,50	7,00	5,00	(7,50)	10,00	5,00	5,00	3,00	12,00	3,00	3,00
	13,42	5,00	9,50	N.Rdu	11,50	3,00	15,00	9,00	5,00	(9,00)	8,50	5,00	5,00	Abs	13,00	5,00	4,00
	16,43	5,00	9,50	15,00	16,00	3,50	19,33	11,00	5,00	18,50	11,00	5,00	5,00	5,00	14,00	4,50	4,00
	10,03	5,00	8,00	5,25	4,50	4,00	16,67	2,50	5,00	(10,50)	7,50	5,00	3,50	5,00	9,00	3,25	2,75
	10,58	5,00	8,50	5,25	7,50	3,00	16,67	4,00	5,00	14,50	6,00	5,00	5,00	5,00	7,00	2,50	2,00
	10,30	5,00	9,00	4,75	6,50	4,00	18,50	5,50	5,00	(8,00)	8,50	5,00	5,00	4,00	5,00	1,75	1,00
	13,46	5,00	9,50	12,50	14,00	3,00	15,67	6,50	5,00	14,00	13,50	5,00	5,00	5,00	8,00	4,75	4,00
	12,85	5,00	6,50	11,00	7,50	5,00	23,67	5,00	5,00	(6,00)	10,50	5,00	5,00	5,00	11,00	4,00	3,00
	8,38	5,00	6,50	8,75	4,50	4,00	17,33	2,00	5,00	(7,00)	3,50	Abs	Abs	4,50	4,00	Abs	2,75
	15,18	5,00	9,50	11,00	12,50	4,00	20,00	11,50	5,00	12,50	Abs	5,00	2,00	3,50	15,00	5,00	4,00
	14,94	5,00	7,50	9,00	16,50	4,00	24,00	5,00	5,00	12,50	10,00	5,00	5,00	5,00	16,00	4,00	4,00
	13,78	5,00	6,50	9,50	11,50	4,00	21,00	6,00	5,00	(11,50)	13,00	5,00	5,00	4,50	16,00	3,50	2,75
	10,20	5,00	0,00	7,00	8,50	4,00	18,17	7,00	4,00	(5,00)	6,00	5,00	3,00	5,00	8,00	3,25	4,00
	14,25	5,00	7,50	8,50	14,00	4,00	20,00	10,00	5,00	13,50	12,50	4,00	5,00	3,50	13,00	3,50	4,00
Moy. de la classe :	12,70	5,00	7,29	9,07	10,41	3,88	18,76	6,73	4,75	10,82	10,13	4,85	4,52	4,44	11,27	3,62	3,13

Notes (Semestre 1) / Classe : TSTI2D1 / Matière : PHYSIQ.CHIMIE&MATHS / Professeur :

		15/12	14/12	11/12	10/12	10/12	10/12	21/11	21/11	12/10	08/10	08/10	08/10	08/10	17/09	03/09	03/09
26 élèves	Moyenne	0.5-5	0.5-11	0.5	1	0.5-5	1-30	1-12	1-5	1-24	0.5	1-5	0.5-5	0.5-5	1	1-7	0.5-4
	11,30	5,00	6,00	13,50	6,00	4,00	23,33	5,00	5,00	(11,50)	6,00	5,00	Abs	5,00	5,50	4,25	4,00
	15,04	5,00	11,00	12,00	12,50	5,00	18,00	8,00	5,00	12,50	17,00	5,00	Abs	Abs	16,00	5,75	4,00
	11,85	5,00	6,00	10,75	9,00	4,00	18,00	7,50	5,00	13,50	10,00	Abs	Abs	5,00	11,00	3,25	2,00
	6,51	5,00	6,50	0,25	1,50	3,00	22,00	0,00	5,00	(2,50)	3,00	N.Rdu	2,50	2,00	1,00	1,00	N.Rdu*
	7,46	5,00	0,00	12,50	2,50	3,00	20,17	0,00	N.Not	(10,50)	2,00	N.Rdu	2,50	Abs	8,00	2,75	4,00
	18,65	5,00	11,00	13,00	16,00	5,00	25,00	12,00	5,00	20,00	17,00	5,00	5,00	5,00	17,00	6,50	4,00
	16,70	5,00	10,00	15,50	14,00	Abs	25,33	8,50	5,00	18,00	15,00	5,00	5,00	5,00	13,00	5,75	2,50
	14,48	5,00	9,00	10,25	11,50	3,50	18,00	9,50	5,00	17,50	10,50	5,00	4,00	5,00	14,50	3,75	4,00
	13,33	5,00	10,00	8,25	10,50	3,50	19,67	8,00	5,00	15,50	10,50	5,00	5,00	5,00	7,00	5,75	3,75
	10,00	5,00	8,00	11,50	5,00	4,50	13,00	5,00	4,00	(10,50)	8,00	5,00	4,50	5,00	8,00	3,00	2,00
	12,55	5,00	8,00	11,25	10,50	4,50	23,33	7,50	5,00	(5,00)	8,00	5,00	4,50	5,00	4,00	4,75	4,00
	8,71	5,00	0,00	8,25	8,50	3,00	18,00	5,00	5,00	(7,00)	9,00	N.Rdu	Abs	2,00	5,00	3,00	N.Rdu*
	8,56	5,00	0,00	N.Rdu	Abs	Abs	N.Rdu	4,00	5,00	(7,50)	11,00	Abs	Abs	3,00	7,50	2,50	3,75
	17,43	5,00	11,00	12,75	15,00	5,00	25,33	11,00	5,00	15,00	12,00	5,00	Abs	5,00	18,00	6,50	4,00
	13,23	5,00	8,00	8,25	10,50	3,50	18,33	8,75	5,00	(1,50)	14,50	5,00	Abs	Abs	16,00	1,50	4,00
	12,88	5,00	8,50	10,75	13,50	3,50	19,67	8,00	5,00	(9,50)	13,00	5,00	4,00	5,00	8,00	1,25	4,00
	14,38	5,00	8,00	12,00	10,00	3,50	20,33	7,50	5,00	16,50	11,00	5,00	5,00	5,00	15,00	4,75	2,50
	13,99	5,00	8,00	12,25	13,50	4,50	18,00	4,00	5,00	(12,00)	14,50	5,00	Abs	5,00	16,00	5,50	4,00
	11,99	5,00	6,00	11,75	11,00	4,50	25,33	3,00	5,00	(12,00)	7,00	5,00	5,00	5,00	5,00	3,75	3,75
	9,78	5,00	8,00	6,25	5,50	4,00	22,50	5,50	5,00	(5,00)	6,00	Abs	2,50	5,00	3,00	1,50	3,75
	11,82	5,00	9,00	11,25	7,50	5,00	18,00	3,50	5,00	(10,50)	15,00	5,00	4,00	5,00	8,00	3,50	4,00
	11,72	5,00	8,00	6,25	6,00	3,50	18,00	7,00	5,00	14,50	15,50	5,00	4,50	N.Not	7,00	4,00	4,00
	17,13	5,00	11,00	13,00	16,00	5,00	19,00	11,00	5,00	21,50	12,50	5,00	5,00	5,00	16,00	5,00	3,00
	9,84	5,00	9,00	11,75	6,50	5,00	18,83	1,00	5,00	(9,50)	8,50	5,00	5,00	1,00	2,50	2,50	
	11,75	5,00	8,00	8,25	7,00	3,50	18,00	7,00	5,00	14,00	15,50	5,00	4,50	N.Not	9,00	1,50	2,50
	11,07	5,00	9,00	10,50	8,00	5,00	18,83	5,00	5,00	(7,00)	10,00	5,00	5,00	5,00	4,00	1,75	4,00
Moy. de la classe :	12,39	5,00	7,58	10,48	9,50	4,10	20,16	6,24	4,96	11,54	10,85	5,00	4,31	4,62	9,37	3,65	3,23

## Annexe 2 : Parties du BO utilisées

### Expérimentation 1 :

Attendus de fin de cycle	
Décrire les états et la constitution de la matière à l'échelle macroscopique. Observer et décrire différents types de mouvements. Identifier différentes sources d'énergie. Identifier un signal et une information.	
Connaissances et compétences associées	Exemples de situations, d'activités et de ressources pour l'élève
Décrire les états et la constitution de la matière à l'échelle macroscopique	
Mettre en œuvre des observations et des expériences pour caractériser un échantillon de matière. <ul style="list-style-type: none"> <li>Diversité de la matière : métaux, minéraux, verres, plastiques, matière organique sous différentes formes...</li> <li>L'état physique d'un échantillon de matière dépend de conditions externes, notamment de sa température.</li> <li>Quelques propriétés de la matière solide ou liquide (par exemple: densité, solubilité, élasticité...).</li> <li>La matière à grande échelle : Terre, planètes, univers.</li> <li>La masse est une grandeur physique qui caractérise un échantillon de matière.</li> </ul>	Observer la diversité de la matière, à différentes échelles, dans la nature et dans la vie courante (matière inerte – naturelle ou fabriquée –, matière vivante). La distinction entre différents matériaux peut se faire à partir de leurs propriétés physiques (par exemple : densité, conductivité thermique ou électrique, magnétisme, solubilité dans l'eau, miscibilité avec l'eau...) ou de leurs caractéristiques (matériaux bruts).

### Expérimentation 2 :

#### Organisation et transformations de la matière.

Attendus de fin de cycle	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Décrire la constitution et les états de la matière</li> <li>Décrire et expliquer des transformations chimiques</li> <li>Décrire l'organisation de la matière dans l'Univers</li> </ul>	
Connaissances et compétences associées	Exemples de situations, d'activités et d'outils pour l'élève
Décrire la constitution et les états de la matière	
Caractériser les différents états de la matière (solide, liquide et gaz). Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental pour étudier les propriétés des changements d'état. Caractériser les différents changements d'état d'un corps pur. Interpréter les changements d'état au niveau microscopique. Proposer et mettre en œuvre un protocole expérimental pour déterminer une masse volumique d'un liquide ou d'un solide. Exploiter des mesures de masse volumique pour différencier des	Dans la continuité du cycle 2 au cours duquel l'élève s'est initié les différents états de la matière, ce thème a pour but de lui faire découvrir la nature microscopique de la matière et le passage de l'état physique aux constituants chimiques. Mise en œuvre d'expériences simples montrant la conservation de la masse (mais non conservation du volume) d'une substance lors d'un changement d'état.

### Expérimentation 3 :

Diffraction d'une onde par une ouverture : conditions d'observation et caractéristiques. Angle caractéristique de diffraction.	Caractériser le phénomène de diffraction dans des situations variées et en citer des conséquences concrètes. Exploiter la relation exprimant l'angle caractéristique de diffraction en fonction de la longueur d'onde et de la taille de l'ouverture. <i>Illustrer et caractériser qualitativement le phénomène de diffraction dans des situations variées.</i> <i>Exploiter la relation donnant l'angle caractéristique de diffraction dans le cas d'une onde lumineuse diffractée par une fente rectangulaire en utilisant éventuellement un logiciel de traitement d'image.</i>
---	---

### Expérimentation 4 :

#### • Oxydo-réduction : piles, accumulateurs et piles à combustible

Notions et contenu	Capacités exigibles / Activités expérimentales
Transformation chimique et générateurs électriques. Piles, accumulateurs. Piles à combustible.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identifier l'oxydant et le réducteur mis en jeu dans une pile ou un accumulateur à partir de la polarité de la pile ou des couples oxydant/réducteur utilisés.</li> <li>Exploiter les équations d'une réaction d'oxydo-réduction pour réaliser un bilan de matière dans le cas d'une charge puis d'une décharge d'un accumulateur.</li> <li>Exploiter les équations d'une réaction d'oxydo-réduction pour réaliser un bilan de matière dans le cas d'une pile à combustible.</li> </ul>

**Expérimentation 1** : Concept-test pour les élèves de sixième, Masse et Volume

Le mètre cube est...

- A L'unité dans le système international de la masse
- B Une grandeur
- C L'unité dans le système international du volume
- D Un instrument de mesure

Le volume d'un objet c'est :

- A la portion d'espace qu'un objet occupe
- B la forme de l'objet
- C la taille de l'objet
- D un instrument de mesure

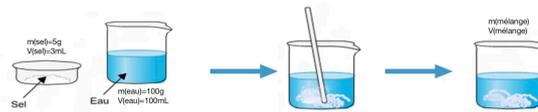
La masse d'un camion vaut environs :

- A 77 tones
- B 1 à 2 milligramme
- C 1 kilogramme
- D entre 3,5 et 38 tonnes

La masse est...

- A ...une grandeur physique
- B ...une unité
- C ...des kilogrammes
- D ...un volume

Lorsque l'on ajoute un peu de sel à un certain volume d'eau, alors



- A  $m(\text{mélange})=105 \text{ g}$
- B la masse dans le b cher ne change pas
- C  $V(\text{mélange})=103 \text{ mL}$
- D Le volume dans le b cher ne change pas

**Expérimentation 2** : Concept-test pour les élèves de cinquième, Changement d'état et l'eau dans l'environnement

Quand un corps change d'état, ce qui change c'est :

- A les particules qui le composent
- B l'agitation des particules
- C sa masse
- D le nombre de particule

Sur Terre, la quantité d'eau

- A diminue
- B augmente
- C reste la même
- D peut diminuer puis augmenter selon les périodes

L'eau peut être sous forme

- A solide, liquide et gaz
- B solide, fusion, condensation
- C liquide, évaporation, fusion
- D gazeuse, solidification, état

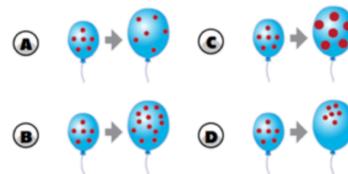
L'évaporation correspond au passage de l'état...

- A ...liquide à l'état solide
- B ...gazeux à l'état liquide
- C ...liquide à l'état gazeux
- D ...solide à l'état liquide

Lorsque l'on met une bouteille d'eau pleine dans un congélateur, celle-ci éclate. Comment expliquer ce phénomène ?

- A Parce que le volume de l'eau solide est plus grand que le volume d'eau liquide
- B Parce que la masse de l'eau solide est plus grande que la masse de l'eau liquide
- C Parce qu'il y a plus de particule lorsque l'eau est solide
- D Parce que la température a baissé trop brusquement

Un ballon se dilate sous l'effet de la chaleur. Qu'arrive-t-il aux particules de gaz dans le ballon ?



- A A
- B B
- C C
- D D

# Expérimentation 3 : Concept-test pour les élèves de Terminale Spécialité Physique-Chimie, Diffraction

30/03/2024 14:24

Wooclap

## Diffraction Tle Spé

Nombre de participants : 0



### 1. Pour observer le phénomène de diffraction, il faut que l'onde :

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

change de milieu

0%

0 votes

se divise en  
fréquence  
distinctes

0%

0 votes

soit réfléchit sur  
une surface plane

0%

0 votes



rencontre une  
ouverture ou un  
obstacle de l'ordre  
de grandeur de la  
longueur d'onde

0%

0 votes

 **2. Pour observer le phénomène de diffraction, l'obstacle ou l'ouverture doit :** **0 bonne réponse**  
sur 0 répondant

- être largement plus grand que la longueur d'onde 0% 0 votes
- se comporter comme une source secondaire 0% 0 votes
- être un dioptre plan 0% 0 votes
- diviser la fréquence de l'onde 0% 0 votes

 **3. Lorsqu'une onde est diffractée, on modifie sa :** **0 bonne réponse**  
sur 0 répondant

- Célérité 0% 0 votes
- Direction de déformation du milieu 0% 0 votes
- Longueur d'onde 0% 0 votes
- Direction de propagation 0% 0 votes



#### 4. Lorsqu'une onde est diffractée, on modifie :

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

Aucun de ses paramètres

0%

0 votes

Sa direction de propagation et de déformation du milieu

0%

0 votes



Uniquement sa direction de propagation

0%

0 votes

Uniquement sa direction de déformation du milieu

0%

0 votes



#### 5. La diffraction...

0 bonne réponse  
sur 0 répondant



...est un phénomène propre aux ondes

0%

0 votes

...est responsable de la formation des arcs-en-ciel

0%

0 votes

dépend UNIQUEMENT de la longueur d'onde

0%

0 votes

Peut-être observé grâce à un prisme

0%

0 votes



## 6. La diffraction...

**0 bonne réponse**  
sur 0 répondant



...permet de reconnaître les phénomènes ondulatoires



0%

0 votes

...est un phénomène propre UNIQUEMENT à la lumière



0%

0 votes

...disperse la lumière blanche



0%

0 votes

...n'est observable qu'en laboratoire



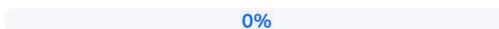
0%

0 votes

 **7. L'angle caractéristique de diffraction est donné par la relation : pour une longueur d'onde fixée :**

**0 bonne réponse**  
sur 0 répondant

Si  $\lambda$  diminue, alors l'angle caractéristique diminue



0 votes



Si  $\lambda$  augmente, alors l'angle caractéristique diminue



0 votes

Si  $\lambda$  augmente, alors l'angle caractéristique reste inchangé



0 votes

Si  $\lambda$  diminue, alors l'angle caractéristique reste inchangé



0 votes

 **9. En astronomie, l'observation des astres est limitée par la diffraction de la lumière reçue par les objectifs, pour remédier à ce problème, il faut :**

**0 bonne réponse**  
sur 0 répondant

utiliser des filtres de couleurs  0%

0 votes

 augmenter le diamètre de l'objectif  0%

0 votes

observer dans un lieu sans pollution lumineuse  0%

0 votes

 **10. La capacité de stockage d'un disque optique (CD,DVD, Blue-Ray) est limité par le phénomène de diffraction, pour y remédier, il faut :**

**0 bonne réponse**  
sur 0 répondant

Augmenter la longueur d'onde du LASER utilisé pour la lecture du disque  0%

0 votes

 Diminuer la longueur d'onde du LASER utilisé pour la lecture du disque  0%

0 votes

Utiliser des disques plus épais  0%

0 votes

Utiliser des disques plus fins  0%

0 votes

## Expérimentation 4 : Concept-test pour les élèves de Terminales STI2D, Piles et accumulateurs

30/03/2024 14:35

Wooclap



### 2. Les piles et les accumulateurs...

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

...ont un rendement de 100%.

0%

0 votes



Produisent de l'énergie électrique à partir de l'énergie chimique

0%

0 votes

Produisent de l'énergie électrique à partir de l'énergie thermique

0%

0 votes

Produisent de l'énergie chimique à partir de l'énergie électrique

0%

0 votes



### 3. Une fois déchargée :

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

les piles peuvent être recharger

0%

0 votes

les accumulateurs peuvent être recharger à l'infini

0%

0 votes

il faut recycler les piles mais pas les accumulateurs

0%

0 votes



les accumulateurs ont un nombre limité de recharge

0%

0 votes

<https://app.wooclap.com/events/PLPQMB/results>

2/3



#### 4. Les électrodes conductrices :

0 bonne réponse  
sur 0 répondant



baignent dans une solution ionique

0%

0 votes

baignent dans une solution moléculaire

0%

0 votes

sont différentes pour les accumulateurs

0%

0 votes

sont identiques pour les piles

0%

0 votes



#### 5. La capacité c'est :

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

la quantité minimale d'électron que peut fournir une pile.

0%

0 votes



la quantité maximale d'électricité que peut fournir une pile.

0%

0 votes

le nombre maximal de fois que l'on peut rechargé un accumulateur

0%

0 votes

# Pile Tle STI2D

## Deuxième partie

### (copie)

Nombre de participants : 0



### 1. Quel est le rôle de l'anode ?

0 bonne réponse  
sur 0 répondant



De fournir les électrons

0%

0 votes

De capter les électrons

0%

0 votes

De faire la liaison entre les deux compartiments de la pile

0%

0 votes

D'assurer la neutralité électrique

0%

0 votes

## 2. Que se passe-t-il au niveau de la cathode ?

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

<input type="checkbox"/>	Les électrons sont libérés.	0%	0 votes
<input type="checkbox"/>	L'oxydation a lieu.	0%	0 votes
<input checked="" type="checkbox"/>	La réduction a lieu.	0%	0 votes
<input type="checkbox"/>	Il ne se passe rien.	0%	0 votes

## 3. Une pile est le siège :

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

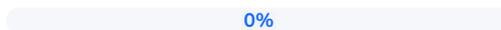
<input type="checkbox"/>	D'une transformation chimique forcée	0%	0 votes
<input checked="" type="checkbox"/>	D'une transformation chimique spontanée	0%	0 votes



#### 4. Le courant se déplace :

**0 bonne réponse**  
sur 0 répondant

Toujours de l'anode  
à la cathode.



0%

0 votes



Toujours de la  
cathode à l'anode



0%

0 votes

Toujours de la  
borne - vers la  
borne +



0%

0 votes

5. **Plus les électrons sont nombreux à se déplacer, plus l'intensité du courant est grande. On constate que pour des courants tels que  $I_1 < I_2$  leur rendement vérifie  $r_1 > r_2$ . Par exemple : Pour  $I_1 = 0,2$  A alors  $r_1 = 90\%$  et pour  $I_2 = 0,4$  A alors  $r_2 = 60\%$**

0 bonne réponse sur 0 répondant

- On constate que le rendement augmente lorsque le courant diminue. 0% 0 votes
- On constate que le rendement diminue lorsque le courant diminue. 0% 0 votes
- On constate que le rendement augmente lorsque les électrons sont plus nombreux. 0% 0 votes
- Le courant n'a pas d'impact sur le rendement. 0% 0 votes



## 6. Comment expliquer que plus le courant est grand, plus le rendement est faible ?

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

Car l'énergie électrique produite est de moins bonne qualité.



0 votes



Car il y a davantage dissipation de l'énergie sous forme thermique.



0 votes

Car il n'y a pas assez d'électron qui circule.



0 votes

Annexe 4 : Devoirs tests des expérimentations

**Expérimentation 1 : Devoir test pour les élèves de sixième, Masse et Volume**

Devoir 1
----------

Nom : .....  
Classe : .....

Prénom : .....

1) Question de cours sur la masse :

- Quel est l'instrument de mesure de la masse ?  
.....
- Quel est l'unité de la masse dans le système international?  
.....
- Complété le tableau d'unité suivante :

Nom :						
Symbole :						

- Donne la démarche à suivre pour faire un protocole :
  1. ....
  2. ....
  3. ....
  4. ....
  5. ....

2) Question de cours sur le volume :

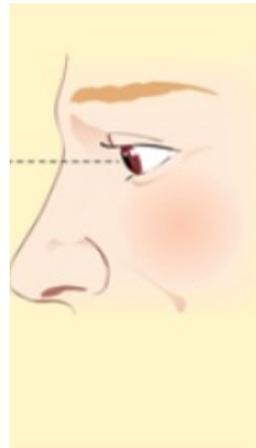
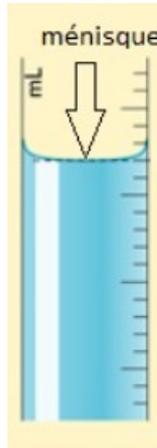
- Quel est l'instrument de mesure du volume ?  
.....
- Quel est l'unité du volume dans le système international?  
.....

Exercice de mesure du volume d'un liquide :

- Pour mesurer le volume d'un liquide, on utilise une .....
- Poser l'éprouvette à plat sur la table.
- La surface libre du liquide n'est pas plane ; elle forme un .....
- On détermine correctement le volume en faisant correspondre le bas du ménisque avec la graduation voulue.
- Pour lire le volume d'un liquide, il faut placer l'œil au bas du .....
- Compléter avec une flèche le niveau où l'œil doit être pour lire le volume d'eau mesurer.
- Noter le résultat avec son unité.

Donner la valeur du volume mesurer avec son unité :

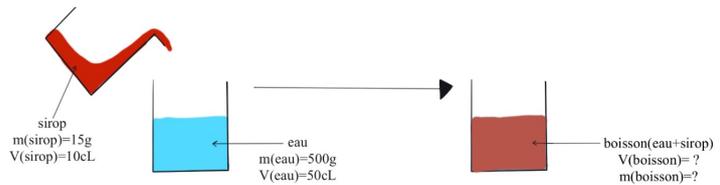
V=.....



Question final :

Lorsque je mélange 50 cL d'eau pesant 500 g avec 10 cL de sirop à la grenadine volume pesant 15 g, j'obtiens une boisson (eau+sirop) :

- a) Qui a une  $m(\text{boisson}) = 515\text{g}$
- b) Qui a un  $V(\text{boisson}) = 60\text{cL}$
- c) Qui a une  $m(\text{boisson}) = 515\text{g}$
- d) Qui a un  $V(\text{boisson}) = 65\text{cL}$



Justifiez votre réponse en quelques lignes (les réponses sans justification seront considéré fausses)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## Expérimentation 2 : Devoir test pour les élèves de cinquième, Changement d'état et l'eau dans l'environnement

### Devoir 1

Prénom :

Date :

Classe :

**Exercice 1** : Utilisez les mots ou groupes de mots suivants pour compléter les phrases ci-dessous :

- *changement, vapeur d'eau, liquide, saisir, propre, contient, invisible, solide, prend, l'état gazeux*

Sur Terre, l'eau se présente sous trois états : l'état ....., l'état ..... et ..... Le passage d'un état à un autre est un ..... d'état.

Un solide a une forme ..... Et on peut le .....

Un liquide n'a pas de forme propre, il ..... la forme du récipient qui le .....

Un gaz peut-être transvasé, il prend la forme du récipient qui le contient. La ..... est un gaz ..... comme l'air.

**Exercice 2** : Complétez le tableau suivant en précisant l'état de l'eau :  
S pour solide, L pour liquide ou G pour gaz

eau	grêle	neige	brouillard	vapeur d'eau
état physique				
eau	pluie	buée	glace	nuage
état physique				

**Exercice 3** : Choisissez la bonne réponse en barrant la mauvaise réponse :

- La vaporisation correspond au passage de l'eau de l'état **solide/liquide** à l'état **liquide/gazeux**.
- Le passage de l'eau solide à l'eau liquide s'appelle la **fusion/liquéfaction**.
- Quand la vapeur d'eau passe à l'état **gazeux/liquide/solide**, c'est une liquéfaction.

**Exercice 4** : On a schématisé trois bêchers qui contiennent de l'eau dans trois états physique différents. Associez à chaque bêchers (1,2 et 3) l'état de l'eau qu'il contient (solide, liquide,gaz). Justifiez votre réponse.



.....

.....

.....

.....

.....

**Exercice 5** : Un acteur a déclaré en interview « J'adore l'eau, dans 20 ou 30 ans, il n'y en aura plus. ». Pour lui, il n'y aura plus d'eau sur Terre dans le futur, a-t-il raison ? Vous devrez justifier votre réponse.

.....

.....

.....

.....

.....

### Expérimentation 3 : Devoir test pour les élèves de Terminale Spécialité Physique-Chimie, Diffraction

Nom :

#### DIFFRACTION

1) Entourez la ou les affirmation(s) vraie(s) sur la diffraction :

- La diffraction est un phénomène propre aux phénomènes ondulatoires.
- La diffraction est un phénomène **UNIQUEMENT** propre à la lumière.
- Lorsqu'une onde est diffractée, sa direction de déformation est modifiée.
- Lorsqu'une onde est diffractée, sa direction de propagation est modifiée.
- Pour observer le phénomène de diffraction, il faut que l'onde change de milieu matériel.
- Lorsque la largeur de la fente ou de l'obstacle  $a$  diminue, le phénomène de diffraction est plus important.
- Pour observer le phénomène de diffraction, il faut que l'onde se divise en fréquence distinctes.

2) Acoustique d'une salle :

Dans les salles de spectacle, il existe des places dites « places aveugles ». Installé à ce type de place, un élève se rend compte que la qualité sonore du concert ne le satisfait pas.

Lors du concert, l'élève constate qu'il perçoit mieux **les sons graves** de longueur d'onde  $\lambda_1 = 1,70m$  que **les sons aigus** de longueur d'onde  $\lambda_2 = 0,340m$ .

On rappelle l'angle caractéristique de diffraction :  $\theta = \frac{\lambda}{a}$  avec  $a$  la largeur de la fente ou de l'obstacle.

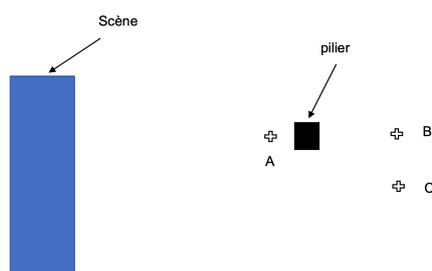


Schéma de la scène

Le schéma ci-dessus représente la scène, un pilier de largeur 70 cm et les positions possibles de l'élève lors du concert, repérées par les lettres A, B et C. On admettra que la diffraction par le pilier est identique à celle créée par une fente de même largeur.

**Question :** Choisir en **JUSTIFIANT** qualitativement, parmi les positions A, B et C celle qui correspondrait le mieux à la situation décrite par l'élève lors du concert.  
(PAS DE CALCUL ATTENDU)

## Expérimentation 4 : Devoir test pour les élèves de Terminale STI2D, Piles et accumulateurs

### PILES ET ACCUMULATEURS

Nom :

1) Entourez la ou les affirmation(s) vraie(s) sur les piles et accumulateurs.

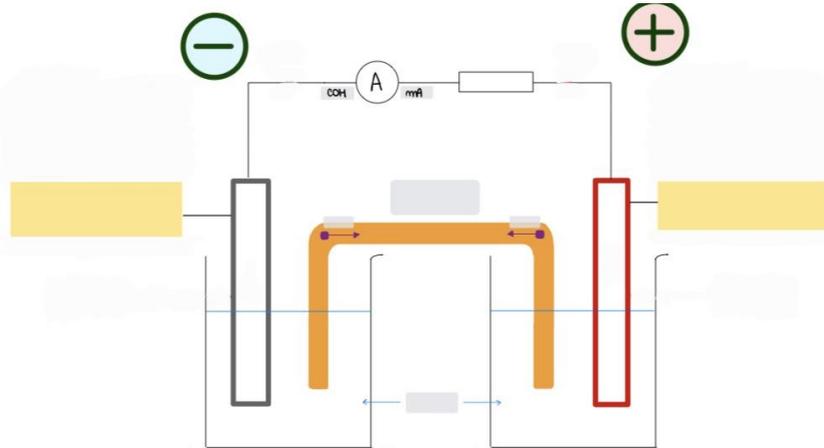
Bonne réponse = +1 point Mauvaise réponse = -0,5 points

- Les piles produisent de l'énergie électrique grâce à l'énergie chimique.
- Une fois déchargée, les piles sont inutilisables et doivent être recyclées.
- Les piles ont un rendement de 100 %
- Les accumulateurs (piles rechargeables) peuvent être recharger à l'infini.
- Les électrodes des piles et accumulateurs plongent dans une solution ionique.
- La capacité d'une pile est la quantité minimale d'intensité que peut fournir la pile.
- Une pile est le siège d'une transformation chimique spontanée.
- L'anode est l'électrode où se produit l'oxydation.
- La cathode l'électrode où se produit l'oxydation.

2) a\_ Compléter le schéma suivant à l'aide de la liste de mot (tous les mots ne sont pas à utiliser) :

**Anode – Cathode – Electrolyte – Solution moléculaire – Cation – Anion – Pont salin.**

b\_ Préciser le sens de circulation du **courant I** et des **électrons e<sup>-</sup>** :



3) Soit l'équation de charge d'un accumulateur au plomb :



a\_ Préciser s'il s'agit d'une réaction spontanée ou forcée.

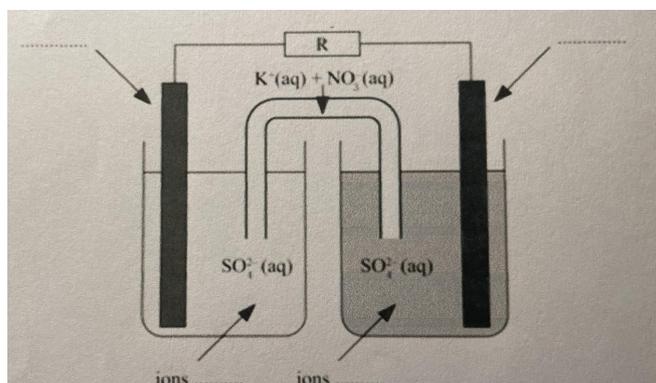
b\_ En déduire l'équation de décharge de l'accumulateur au plomb et précisez s'ils s'agit d'une réaction spontanée ou forcée.

4) **Sachant que la recharge d'un accumulateur n'est pas une réaction totale. Expliquez pourquoi les batteries perdent de leur capacité après chaque recharge.**

5) Pile fer-aluminium :

On souhaite réaliser une pile avec les couples d'oxydoréduction du fer et de l'aluminium. L'anode sera constituée par l'électrode d'aluminium.

a\_ Compléter le schéma suivant en plaçant la borne négative à droite :



b\_ Donner sur le schéma le sens de déplacement des électrons et celui du courant électrique.

c\_ Donner les demi-équations associées à chaque pôle et préciser s'il s'agit d'une oxydation ou d'une réduction.

d\_ En déduire l'équation de la réaction.

e\_ Quel est le rôle du pont salin ?

f\_ Le réactif limitant de cette réaction sera l'électrode d'aluminium de masse  $m = 1,5\text{g}$  ; en déduire la quantité de matière d'aluminium qui a été consommée.

g\_ Montrer que la quantité de matière d'électrons échangés est  $n(e^-) = 0,168\text{ mol}$ .

h\_ En déduire la quantité d'électricité que peut produire cette pile.

i\_ Calculer l'énergie totale stockée dans la pile sachant que la f.é.m est  $E = 1,23\text{ V}$ .

j\_ Quelle est la différence entre une pile et un accumulateur ?

Données :

Couple d'oxydoréduction :  $\text{Al}^{3+}/\text{Al}$  et  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$   
 Masse molaire atomique :  $M(\text{Al}) = 27,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$   
 Constante de Faraday :  $F = 96500\text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$

Annexe 5 : Données recueillies

Expérimentation 1 :

Nom (témoin)	Note totale /20	Question poussée /1	Note exercice /3	Questions de cours /16	Moyenne totale /20
	8,5	0	1	7,5	6,034090909
	5,25	0	1	4,25	
	4	0	1	3	Moyenne qpoussé /1
	6,5	0	1	5,5	0,1136363636
	6,75	0,5	0	6,25	
	6,75	0,5	0	6,25	Moyenne exercice /3
	4,5	0	1	3,5	0,6818181818
	5	0	1	4	
	4,25	0	0	4,25	Moyenne questions de cours /16
	7	0	1	6	5,238636364
	1,5	0,5	0	1	
	4,5	0	0	4,5	
	3	0	0	3	
	4,5	0	0	4,5	Effectif
	11,5	0,5	0	11	22
	13,25	0	3	10,25	
	8,5	0	1	7,5	
	3,5	0	1	2,5	
	5	0,5	2	2,5	
	9,5	0	0	9,5	
	6	0	0	6	
	3,5	0	1	2,5	
Nom (Test)	Note totale /20	Question poussée /1	Note exercice /3	Questions de cours /16	Moyenne totale /20
	4,5	0	1	3,5	8,238636364
	11	0,5	1	9,5	
	5	0,5	0	4,5	Moyenne qpoussé /1
	5,75	0	0	5,75	0,09090909091
	9,5	0	1	8,5	
	11,5	0	2	9,5	Moyenne exercice /3
	8,5	0	1	7,5	1,409090909
	13,5	0	3	10,5	
	4,5	0	0	4,5	Moyenne questions de cours /16
	14	0	2	12	6,738636364
	2,5	0	0	2,5	
	10,5	0	3	7,5	
	7,5	0	2	5,5	Effectif
	7,5	0	2	5,5	22
	12	0,5	2	9,5	
	8	0	0	8	
	10	0	0	10	
	7	0,5	1	5,5	
	6,5	0	3	3,5	
	4,5	0	1	3,5	
	9	0	3	6	
	8,5	0	3	5,5	

## Expérimentation 2 :

Nom (Témoin)	Note totale /20	Question poussée / 1,5	Note questions de cours	Moyenne totale /20
	11,25	0,5	10,75	11,27173913
	15,25	0,5	14,75	
	15	0	15	Moyenne question poussée /1,5
	10,75	0	10,75	0,3695652174
	12,75	0	12,75	
	11,5	0	11,5	Effectif
	8,75	0,5	8,25	23
	6,5	0,5	6	
	9,25	0	9,25	Moyenne question cours
	4,25	0	4,25	10,90217391
	15,5	0,5	15	
	8,5	0	8,5	
	12,25	0	12,25	
	14,25	0,5	13,75	
	12	0,5	11,5	
	3,75	0	3,75	
	13,25	1,5	11,75	
	8,5	0	8,5	
	15	0,5	14,5	
	15,5	1,5	14	
	9	0,5	8,5	
	14,75	0,5	14,25	
	11,75	0,5	11,25	
Nom (Test)	Note totale /20	Question poussée / 1,5	Note question cours	Moyenne totale /20
	12,25	0,5	11,75	15,21428571
	16,75	1,5	15,25	
	15	1,5	13,5	Moyenne question poussée /1,5
	14,25	0,5	13,75	0,9047619048
	17	1,5	15,5	
	13,5	0,5	13	Effectif
	14,75	0	14,75	21
	14,5	0,5	14	
	16,25	1,5	14,75	Moyenne question cours
	16,5	0,5	16	14,30952381
	18	1,5	16,5	
	16,25	1,5	14,75	
	17,75	1,5	16,25	
	11,5	0	11,5	
	13	0	13	
	16	0,5	15,5	
	14,25	1,5	12,75	
	17,25	1,5	15,75	
	15,5	1	14,5	
	11,75	0	11,75	
	17,5	1,5	16	

### Expérimentation 3 :

Classe témoin	Notes totale /5	Question 1 (cours) /3	Question 2 (poussé) /2	Moyenne totale /5
	3,5	1,5	2	2,729166667
	4,5	2,5	2	
	2,5	0,5	2	Moyenne q1 /3
	2,5	2,5	0	2,145833333
	2,5	2,5	0	
	3,5	2,5	1	Moyenne q2 /2
	4	3	1	0,666666667
	2	1,5	0,5	
	4	3	1	Effectif
	2	1,5	0,5	24
	3	1,5	1,5	
	2	2	0,5	
	2	2	0,5	
	3,5	3,5	0,5	
	2,5	2,5	0,5	
	4	3	1	
	3,5	3	0,5	
	1,5	1,5	0	
	1,5	1	0,5	
	2,5	2	0,5	
	2,5	2,5	0	
	2,5	2,5	0	
	1	1	0	
	2,5	2,5	0	
Classe test	Notes totale /5	Question 1 (cours) /3	Question 2 (poussé) /2	Moyenne totale /5
	4,5	2,5	2	3,54
	5	3	2	
	4,5	3	1,5	Moyenne q1 /3
	4,5	3	1,5	2,6875
	4	3	1	
	3	1,5	1,5	Moyenne q2 /2
	3	1,5	1,5	0,84
	4,5	3	1,5	
	4,5	3	1,5	Effectif
	2	1,5	0,5	25
	3,5	2	1,5	
	3	3	0	
	3,5	3	0,5	
	4,5	3	1,5	
	3,5	3	0,5	
	4	3	1	
	3	2,5	0,5	
	3	3	0	
	2,5	2,5	0	
	2,5	2,5	0	
	3,5	3	0,5	
	3	3	0	
	3	3	0	
	3,5	3	0,5	
	3	3	0	

## Expérimentation 4 :

Nom (témoin)	Note totale	Questions de cours /9	Question poussée /1	Partie exos /10	moyenne totale /20
					9,423076923
	15	7	0,5	7,5	
	7	6	0	1	moyenne questions de cours /9
	5,25	2,75	0,5	2	5,346153846
	7,75	3,75	0	4	
	8,75	4,25	0	4,5	moyenne question poussée /1
	11,75	7,75	0	4	0,1923076923
	9,5	6	0,5	3	
	8,75	6,25	0	2,5	moyenne exercice /10
	4,75	3,75	0	1	3,884615385
	9	5,5	0	3,5	
	5,25	5,25	0	0	Effectif
	13,75	7,25	0,5	6	26
	15,5	7,5	0	8	
	11	8	0	3	
	4,25	2,25	0	2	
	13	6	0	7	
	10,75	4,75	1	5	
	10,75	5,75	0	5	
	9,75	6,75	0	3	
	8,5	5,5	0	3	
	12,5	5	0,5	7	
	4,75	3,75	0	1	
	3,25	1,25	0	2	
	8	5	0,5	2,5	
	11	5	0,5	5,5	
	15,5	7	0,5	8	
Nom (test)	Note totale	Questions de cours /9	Question poussée /1	Partie exos /10	moyenne totale /20
					10,71875
	6,25	5,25	0	1	
	10,25	5,25	0	5	moyenne question de cours /9
	11,75	7,75	0	4	5,53125
	12	6,5	0	5,5	
	10,75	5,25	1	4,5	moyenne question poussée /1
	8,25	4,25	0	4	0,1041666667
	11,75	7,25	0	4,5	
	12,25	7,25	0	5	Moyenne exercice /10
	8,75	4,25	0	4,5	5,083333333
	13	7	1	5	
	8,25	3,75	0	4,5	Effectif
	11,5	5,5	0	6	24
	11,25	5,25	0,5	5,5	
	8,25	4,25	0	4	
	13,5	7	0	6,5	
	10,5	4,5	0	6	
	11,25	4,75	0	6,5	
	11,75	4,75	0	7	
	10,75	5,75	0	5	
	12,75	6,75	0	6	
	15,5	5,5	0	10	
	12,5	5	0	7,5	
	8,25	5,75	0	2,5	
	6,25	4,25	0	2	

# SIXIÈME, MASSE ET VOLUME

La masse d'un camion  
vaut environs :

A	77 tones	7
B	1 à 2 milligramme	3
C	1 kilogramme	1
D	entre 3,5 et 38 tonnes	11

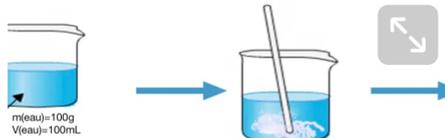
• 50% average      22 responses      0 missing

La masse d'un camion  
vaut environs :

A	77 tones	1
B	1 à 2 milligramme	0
C	1 kilogramme	0
D	entre 3,5 et 38 tonnes	21

• 95% average      22 responses      0 missing

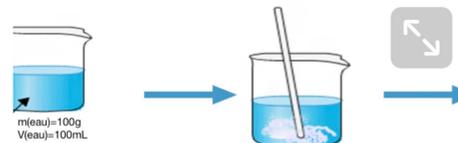
Lorque l'on ajoute un peu  
de sel à un certain volu...



A	$m(\text{mélange})=105 \text{ g}$	6
B	la masse dans le bêcher ne cha...	6
C	$V(\text{mélange})=103 \text{ mL}$	5
D	Le volume dans le bêcher ne c...	5

• 27% average      22 responses      0 missing

Lorque l'on ajoute un peu  
de sel à un certain volu...



A	$m(\text{mélange})=105 \text{ g}$	11
B	la masse dans le bêcher ne cha...	5
C	$V(\text{mélange})=103 \text{ mL}$	6
D	Le volume dans le bêcher ne c...	0

• 50% average      22 responses      0 missing

Le volume d'un objet c'est :

<b>A</b> la portion d'espace qu'un objet...	8
<b>B</b> la forme de l'objet	3
<b>C</b> la taille de l'objet	10
<b>D</b> un instrument de mesure	1

• 36% average      22 responses      0 missing

Le volume d'un objet c'est :

<b>A</b> la portion d'espace qu'un obj...	14
<b>B</b> la forme de l'objet	1
<b>C</b> la taille de l'objet	6
<b>D</b> un instrument de mesure	1

• 64% average      22 responses      0 missing

## CINQUIÈME, CHANGEMENT D'ÉTAT ET L'EAU DANS L'ENVIRONNEMENT

Lorsque l'on met une bouteille d'eau pleine dans un congélateur, celle-ci éclate. Comment expliquer ce phénomène ?

<b>A</b> Parce que le volume de l'eau s...	3
<b>B</b> Parce que la masse de l'eau sol...	7
<b>C</b> Parce qu'il y a plus de particule...	5
<b>D</b> Parce que la température a bai...	4

• 16% average      19 responses      0 missing

Lorsque l'on met une bouteille d'eau pleine dans un congélateur, celle-ci éclate. Comment expliquer ce phénomène ?

<b>A</b> Parce que le volume de l'eau...	13
<b>B</b> Parce que la masse de l'eau sol...	5
<b>C</b> Parce qu'il y a plus de particule...	0
<b>D</b> Parce que la température a bai...	1

• 68% average      19 responses      0 missing

## Sur Terre, la quantité d'eau

<input type="radio"/> A	diminue	1
<input type="radio"/> B	augmente	4
<input checked="" type="radio"/> C	reste la même	6
<input type="radio"/> D	peut diminuer puis augmenter...	8

• 32%  
average

19  
responses

0  
missing

## Sur Terre, la quantité d'eau

<input type="radio"/> A	diminue	1
<input type="radio"/> B	augmente	3
<input checked="" type="radio"/> C	reste la même	11
<input type="radio"/> D	peut diminuer puis augmenter...	4

• 58%  
average

19  
responses

0  
missing

# Diffraction Tle

Nombre de participants : 32





## 2. Pour observer le phénomène de diffraction, l'obstacle ou l'ouverture doit :

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

être largement plus grand que la longueur d'onde

0%

0 votes



se comporter comme une source secondaire

0%

0 votes

être un dioptré plan

0%

0 votes

diviser la fréquence de l'onde

0%

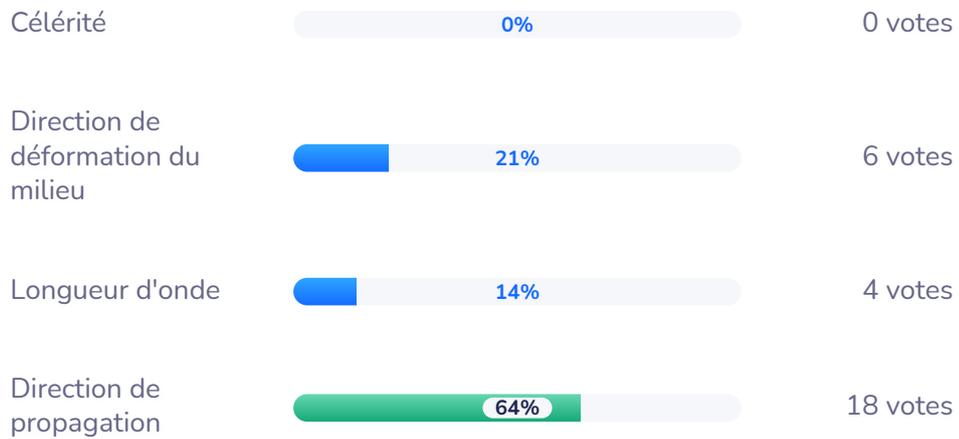
0 votes



### 3. Lorsqu'une onde est diffractée, on modifie sa :

**18 bonnes réponses**

sur 28 répondants

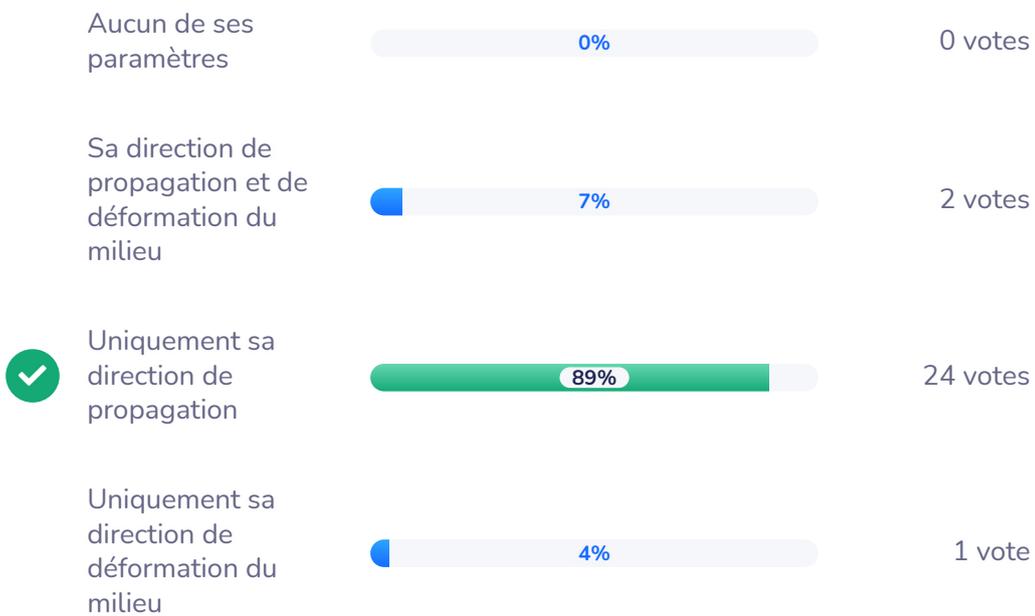




#### 4. Lorsqu'une onde est diffractée, on modifie :

24 bonnes réponses

sur 27 répondants





## 5. La diffraction...

**18 bonnes  
réponses**

sur 27 répondants



...est un  
phénomène  
propre aux ondes



18 votes

...est responsable  
de la formation  
des arcs-en-ciel



8 votes

dépend  
UNIQUEMENT de  
la longueur  
d'onde



0 votes

Peut-être observé  
grâce à un prisme



1 vote



## 6. La diffraction...

**21 bonnes  
réponses**

sur 27 répondants



...permet de  
reconnaitre les  
phénomènes  
ondulatoires



21 votes

...est un  
phénomène  
propre  
UNIQUEMENT à  
la lumière



5 votes

...disperse la  
lumière blanche



1 vote

...n'est observable  
qu'en laboratoire



0 votes



7. **L'angle caractéristique de diffraction est donné par la relation : pour une longueur d'onde fixée :**

**27 bonnes réponses**  
sur 27 répondants

Si  $\lambda$  a diminué, alors l'angle caractéristique diminue

0%

0 votes



Si  $\lambda$  a augmenté, alors l'angle caractéristique diminue

100%

27 votes

Si  $\lambda$  a augmenté, alors l'angle caractéristique reste inchangé

0%

0 votes

Si  $\lambda$  a diminué, alors l'angle caractéristique reste inchangé

0%

0 votes



8. **L'angle caractéristique de diffraction est donné par la relation : , pour une longueur d'onde fixée :**

**23 bonnes réponses**  
sur 26 répondants

Si  $\lambda$  a augmenté, le phénomène de diffraction est plus important



2 votes



Si  $\lambda$  a augmenté, le phénomène de diffraction est moins important



23 votes

Si  $\lambda$  a diminué, le phénomène de diffraction est moins important



0 votes

Si  $\lambda$  a diminué, l'angle caractéristique reste inchangé



1 vote



**En astronomie, l'observation des astres est limitée par la**  
**9. diffraction de la lumière reçue par les objectifs, pour remédier à ce problème, il faut :**

**12 bonnes réponses**  
sur 27 répondants

utiliser des filtres de couleurs



30%

8 votes



augmenter le diamètre de l'objectif



44%

12 votes

observer dans un lieu sans pollution lumineuse



26%

7 votes



**10. La capacité de stockage d'un disque optique (CD,DVD, Blue-Ray) est limité par le phénomène de diffraction, pour y remédier, il faut :**

**18 bonnes réponses**  
sur 27 répondants

Augmenter la longueur d'onde du LASER utilisé pour la lecture du disque



9 votes



Diminuer la longueur d'onde du LASER utilisé pour la lecture du disque



18 votes

Utiliser des disques plus épais



0 votes

Utiliser des disques plus fins



0 votes

# Piles Tle STI2D

## Première partie

Nombre de participants : 34





## 2. Les piles et les accumulateurs...

**22 bonnes  
réponses**

sur 24 répondants

...ont un  
rendement de  
100%.

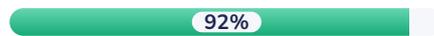


4%

1 vote



Produisent de  
l'énergie  
électrique à partir  
de l'énergie  
chimique



92%

22 votes

Produisent de  
l'énergie  
électrique à partir  
de l'énergie  
thermique



0%

0 votes

Produisent de  
l'énergie  
chimique à partir  
de l'énergie  
électrique



4%

1 vote



### 3. Les piles et les accumulateurs...

0 bonne réponse  
sur 0 répondant

...ont un rendement de 100%.

0%

0 votes



Produisent de l'énergie électrique à partir de l'énergie chimique

0%

0 votes

Produisent de l'énergie électrique à partir de l'énergie thermique

0%

0 votes

Produisent de l'énergie chimique à partir de l'énergie électrique

0%

0 votes



#### 4. Une fois déchargée :

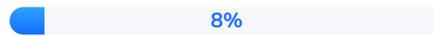
9 bonnes réponses  
sur 24 répondants

les piles peuvent être recharger



2 votes

les accumulateurs peuvent être recharger à l'infini



2 votes

il faut recycler les piles mais pas les accumulateurs



11 votes



les accumulateurs ont un nombre limité de recharge



9 votes



## 5. Une fois déchargée :

**18 bonnes  
réponses**

sur 25 répondants

les piles peuvent  
être recharger

0%

0 votes

les  
accumulateurs  
peuvent être  
recharger à l'infini

0%

0 votes

il faut recycler les  
piles mais pas les  
accumulateurs

28%

7 votes



les  
accumulateurs  
ont un nombre  
limité de recharge

72%

18 votes



## 6. Les électrodes conductrices :

**17 bonnes  
réponses**

sur 23 répondants



baignent dans  
une solution  
ionique



17 votes

baignent dans  
une solution  
moléculaire



4 votes

sont différentes  
pour les  
accumulateurs



1 vote

sont identiques  
pour les piles



1 vote



## 7. Les électrodes conductrices :

**0 bonne réponse**  
sur 0 répondant



baignent dans  
une solution  
ionique

0%

0 votes

baignent dans  
une solution  
moléculaire

0%

0 votes

sont différentes  
pour les  
accumulateurs

0%

0 votes

sont identiques  
pour les piles

0%

0 votes



## 8. La capacité c'est :

**17 bonnes  
réponses**

sur 23 répondants

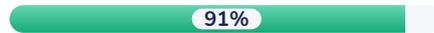
la quantité  
minimale  
d'électron que  
peut fournir une  
pile.



4 votes



la quantité  
maximale  
d'électricité que  
peut fournir une  
pile.



21 votes

le nombre  
maximal de fois  
que l'on peut  
rechargé un  
accumulateur



2 votes

# Pile Tle STI2D

## Deuxième partie

Nombre de participants : 31



### 1. Quel est le rôle de l'anode ?

14 bonnes  
réponses

sur 25 répondants



De fournir les  
électrons



14 votes

De capter les  
électrons



4 votes

De faire la liaison  
entre les deux  
compartiments  
de la pile



3 votes

D'assurer la  
neutralité  
électrique



4 votes



## 2. Quel est le rôle de l'anode ?

**0 bonne réponse**  
sur 0 répondant



De fournir les électrons

0%

0 votes

De capter les électrons

0%

0 votes

De faire la liaison entre les deux compartiments de la pile

0%

0 votes

D'assurer la neutralité électrique

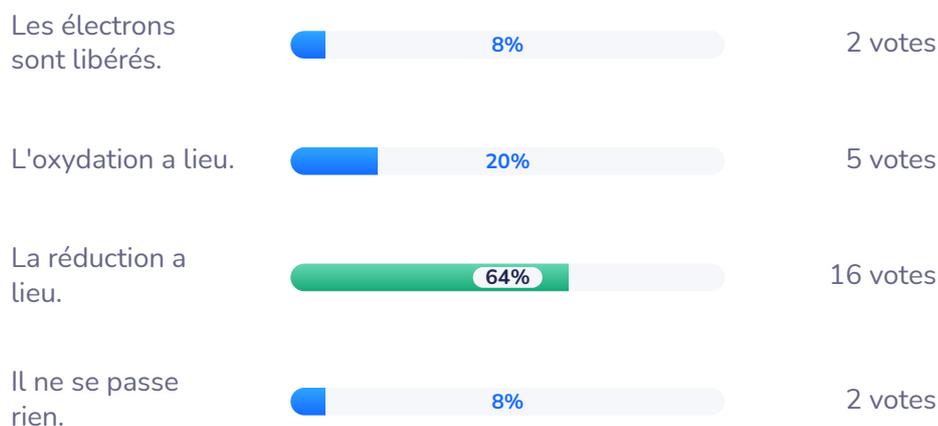
0%

0 votes



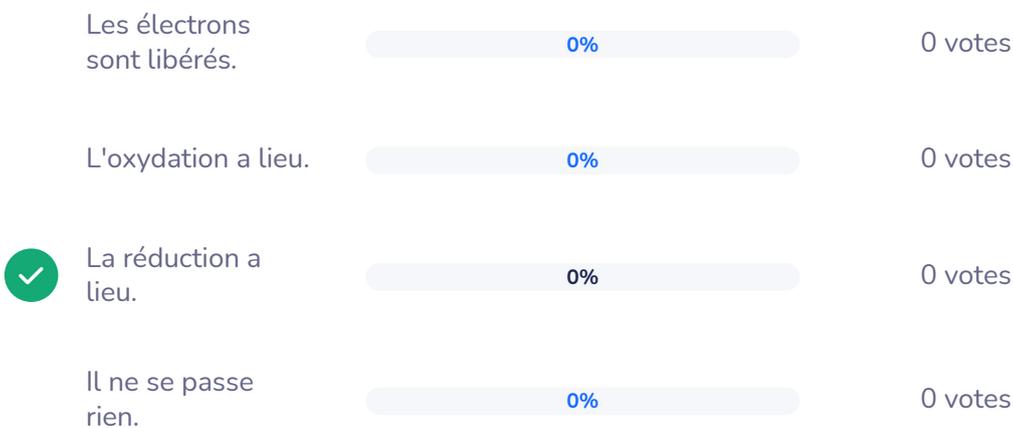
### 3. Que se passe-t-il au niveau de la cathode ?

**16 bonnes réponses**  
sur 25 répondants



### 4. Que se passe-t-il au niveau de la cathode ?

**0 bonne réponse**  
sur 0 répondant





## 5. Une pile est le siège :

**22 bonnes  
réponses**

sur 25 répondants

D'une  
transformation  
chimique forcée



3 votes



D'une  
transformation  
chimique  
spontanée



22 votes



## 6. Une pile est le siège :

**3 bonnes réponses**

sur 3 répondants

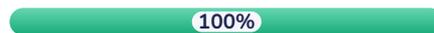
D'une  
transformation  
chimique forcée



0 votes



D'une  
transformation  
chimique  
spontanée



3 votes



## 7. Le courant se déplace :

**2 bonnes réponses**  
sur 24 répondants

Toujours de  
l'anode à la  
cathode.



9 votes



Toujours de la  
cathode à l'anode



2 votes

Toujours de la  
borne - vers la  
borne +



13 votes



## 8. Le courant se déplace :

**0 bonne réponse**  
sur 0 répondant

Toujours de  
l'anode à la  
cathode.



0 votes



Toujours de la  
cathode à l'anode



0 votes

Toujours de la  
borne - vers la  
borne +



0 votes

**Plus les électrons sont nombreux à se déplacer, plus l'intensité du courant est grande. On constate que pour 9. des courants tels que  $I_1 < I_2$  leur rendement vérifie  $r_1 > r_2$ . Par exemple : Pour  $I_1 = 0,2$  A alors  $r_1 = 90\%$  et pour  $I_2 = 0,4$  A alors  $r_2 = 60\%$**

**10 bonnes réponses**  
sur 24 répondants



On constate que le rendement augmente lorsque le courant diminue.



16 votes

On constate que le rendement diminue lorsque le courant diminue.



2 votes

On constate que le rendement augmente lorsque les électrons sont plus nombreux.



12 votes

Le courant n'a pas d'impact sur le rendement.



0 votes

**Plus les électrons sont nombreux à se déplacer, plus l'intensité du courant est grande. On constate que pour des courants tels que  $I_1 < I_2$  leur rendement vérifie  $r_1 > r_2$ . Par exemple : Pour  $I_1 = 0,2 \text{ A}$  alors  $r_1 = 90\%$  et pour  $I_2 = 0,4 \text{ A}$  alors  $r_2 = 60\%$**

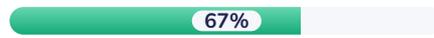


**10.**

**6 bonnes réponses**  
sur 21 répondants



On constate que le rendement augmente lorsque le courant diminue.



14 votes

On constate que le rendement diminue lorsque le courant diminue.



6 votes

On constate que le rendement augmente lorsque les électrons sont plus nombreux.



13 votes

Le courant n'a pas d'impact sur le rendement.



1 vote



## 11. le courant est grand, plus le rendement est faible ?

19 bonnes  
réponses

sur 25 répondants

Car l'énergie électrique produite est de moins bonne qualité.



2 votes



Car il y a davantage dissipation de l'énergie sous forme thermique.



20 votes

Car il n'y a pas assez d'électron qui circule.



5 votes