



**HAL**  
open science

## La pédagogie inversée : influence des supports et comparaison avec une pédagogie traditionnelle

Éric Alibert, Nathalie Bourgade, Maxence Durot, Théophile Wancar

### ► To cite this version:

Éric Alibert, Nathalie Bourgade, Maxence Durot, Théophile Wancar. La pédagogie inversée : influence des supports et comparaison avec une pédagogie traditionnelle. Education. 2017. dumas-01658240

**HAL Id: dumas-01658240**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01658240>**

Submitted on 7 Dec 2017

**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.

## **ESPE AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ**

---

### **La pédagogie inversée :**

**Influence des supports et comparaison avec une pédagogie  
traditionnelle**

**Par ALIBERT Éric, BOURGADE Nathalie,  
DUROT Maxence et WANCAR Théophile**

Mémoire présenté et soutenu le 19 mai 2017.

Directeur de mémoire : Monsieur Damien GIVRY

---

**MASTER 2 MEEF – Parcours Sciences Physiques et  
Chimiques**

**2017**

---



# Remerciements

*« La théorie, c'est quand on sait tout et que rien ne fonctionne. La pratique, c'est quand tout fonctionne et que personne ne sait pourquoi. Ici, nous avons réuni théorie et pratique : Rien ne fonctionne, et personne ne sait pourquoi ! »*

*Albert Einstein*

Les travaux qui font l'objet de ce mémoire ont été réalisés au sein de trois lycées du sud de la France, dans le cadre de l'année de stage de professeurs stagiaires.

Nous tenons à remercier les proviseurs pour nous avoir accueillis au sein de leur établissement.

Nous remercions particulièrement **Damien**, notre directeur de mémoire, pour sa disponibilité et sa réactivité, ainsi que pour ses conseils avisés lors de la rédaction de ce mémoire.

Nous adressons nos remerciements les plus sincères à nos tuteurs, **Céline, Christian, Nathalie et Nicolas**, pour leurs nombreux conseils et leurs encouragements tout au long de cette première année. Vous étiez disponibles malgré vos responsabilités diverses. Merci pour tout !

Nous souhaitons remercier l'ensemble des formateurs ESPE, **Didier, Frédéric, Jean-Marie, Michel, et Valérie** pour leur accompagnement lors de cette première année d'exercice.

Nous remercions nos proches, nos familles pour leur aide et leurs encouragements inestimables. Merci particulièrement à **Mégane et Joëlle** pour votre soutien.

Merci enfin à nos collègues stagiaires qui nous ont donné des pistes de réflexion et des conseils de lecture pour construire notre mémoire.

*Les 4 Fantastiques*

# Table des matières

---

<b>LISTE DES ABREVIATIONS.....</b>	<b>2</b>
<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>3</b>
<b>PARTIE 1 : CADRE THEORIQUE ET PROFESSIONNEL.....</b>	<b>4</b>
<b>I. ETAT DES LIEUX.....</b>	<b>4</b>
<b>II. CADRE THEORIQUE.....</b>	<b>5</b>
<b>III. DEFINITIONS DES NOTIONS.....</b>	<b>10</b>
<b>IV. HYPOTHESES ENVISAGEES.....</b>	<b>12</b>
<b>PARTIE 2 : ÉTUDE.....</b>	<b>13</b>
<b>I. MATERIEL ET METHODE.....</b>	<b>13</b>
1.1. OBJECTIF.....	13
1.2. CHOIX DE LA METHODE.....	13
1.3. DESCRIPTION DE L'ÉTUDE.....	13
1.4. TERRAIN D'ÉTUDE.....	15
1.5. POPULATION D'ÉTUDE.....	15
1.6. RECUEIL DES DONNEES.....	16
1.6.1. <i>Types de données</i> .....	16
1.6.2. <i>Conditions du recueil des données</i> .....	17
<b>II. RESULTATS.....</b>	<b>18</b>
2.1. TRAITEMENT DES DONNEES.....	18
2.2. PRESENTATION DES RESULTATS.....	19
2.2.1. <i>Taux de participation</i> .....	19
2.2.2. <i>Efficacité du support</i> .....	22
2.2.3. <i>Efficacité de la pédagogie</i> .....	23
2.2.4. <i>Progression inter élèves</i> .....	26
2.2.5. <i>Progression intra-élève</i> .....	28
<b>III. DISCUSSION ET LIMITES.....</b>	<b>31</b>
3.1. DISCUSSION.....	31
3.2. LIMITES ET POINTS FAIBLES DE L'ÉTUDE.....	33
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>35</b>
<b>PERSPECTIVES.....</b>	<b>35</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>36</b>
<b>LISTE DES FIGURES.....</b>	<b>39</b>
<b>LISTE DES TABLEAUX.....</b>	<b>40</b>
<b>LISTE DES ANNEXES.....</b>	<b>41</b>
<b>ANNEXES.....</b>	<b>43</b>

# Liste des abréviations

---

**AE** Activité Expérimentale

**BO** Bulletin officiel

**C1** Compétence 1

**C2** Compétence 2

**C3** Compétence 3

**C4** Compétence 4

**DS** Devoir Surveillé

**ENT** Environnement Numérique de Travail

**MEEF** Métiers de l'Enseignement de l'Education et de la Formation

**PDF** Portable Document Format (ou Format de Document Portable)

**q1,q2,q3...** Question 1, question 2, question 3 ...

**QCM** Questionnaire à Choix Multiples

**RETEX** Retour d'expérience

**TICE** Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement

**TRaAM** TRavaux Académiques Mutualisés

# Introduction

---

Le lycée, créé à l'origine par Napoléon Bonaparte, par la loi du 11 floréal de l'an X (1<sup>er</sup> 1802), avait pour but de former « l'élite de la Nation ». De nos jours, dans le système éducatif français, le lycée correspond au second cycle des études secondaires. Les programmes actuels préconisent l'émergence du savoir par les élèves au travers d'une grande diversité d'activités (documentaire ou expérimentale (AE) notamment dans les sciences). Chaque élève doit donc construire ses connaissances, ses compétences ainsi que son parcours professionnel. Nous avons observé, au sein de nos classes, plusieurs problèmes majeurs : nos classes sont très hétérogènes. Pour chacune d'elles, on y retrouve un petit groupe moteur qui se distingue du reste de la classe ; les exercices donnés à la maison ne sont pas traités pour une grande majorité de nos élèves ; un manque d'investissement assez conséquent compromet l'avancée de la leçon et enfin, la progression des séances s'avère plus lente que celle envisagée (ce qui est un obstacle à l'exigence du Ministère de finir le programme dans le temps imparti). Face à ces difficultés, nous nous sommes demandés comment différencier notre enseignement afin que nos élèves évoluent sur un même pied d'égalité. C'est de là, par le biais de plusieurs recherches, que nous avons découvert une méthode d'enseignement venue tout droit des Etats-Unis : la pédagogie inversée. Celle-ci nous a amenés à nous poser la question suivante : quels sont les apports de la pédagogie inversée en classe de seconde en sciences physiques et chimiques ?

Afin de répondre à ce questionnement, nous allons, tout d'abord, faire un état des lieux de la pédagogie inversée, ses pratiques et son impact sur les élèves. A la lumière de cela, nous réaliserons une étude expérimentale dont nous présenterons et analyserons les résultats, avant de les comparer à ceux relevés dans la littérature.

# **PARTIE 1 : Cadre théorique et professionnel**

## **I. Etat des lieux**

Appelée « *flipped classroom* » par Bergmann & Sams (2012), c'est Eric Mazur en 1990, enseignant de physique à l'université d'Harvard, qui a réellement mis en place la pédagogie inversée. Celle-ci a par la suite profité d'une exposition importante grâce à la Khan Academy en 2004 avec la mise en ligne de courtes vidéos explicatives. Depuis quelques années, elle suscite de plus en plus l'intérêt des enseignants français. La pédagogie inversée est caractérisée par le passage du modèle transmissif traditionnel, autrement dit la transmission des savoirs en classe et l'application des exercices à la maison, à une approche « inversée ». Les savoirs sont travaillés en amont à la maison (sous format numérique ou papier) et les exercices sont réalisés pendant le temps en classe.

Dans l'optique d'apporter des réponses à notre question de départ, nous avons regardé, dans un premier temps, le bulletin officiel (BO) de physique chimie de seconde. Ce dernier met en avant l'ambition de donner « [...] à l'élève une culture scientifique et citoyenne indispensable à une époque où l'activité scientifique et le développement technologique imprègnent notre vie quotidienne et les choix de société » (Ministère de l'Éducation nationale, 2010). Le bulletin officiel met également l'accent sur la pratique des technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement (TICE). En effet, la recherche documentaire, le recueil d'informations et la connaissance de l'actualité scientifique requièrent notamment l'exploration pertinente des ressources d'internet. De plus, « les travaux pédagogiques et les réalisations d'élèves gagneront à s'insérer dans le cadre d'un environnement numérique de travail (ENT), au cours ou en dehors des séances » (Ministère de l'Éducation nationale, 2010). Le prolongement du cours et des réalisations des élèves doit donc se poursuivre au-delà des murs d'une classe. La pédagogie inversée peut s'inscrire dans cette logique. Malgré cela, aucune information relative à cette pratique n'y est explicitée.

Dans un deuxième temps, la lettre de rentrée de septembre 2016 des inspecteurs académiques – inspecteurs pédagogiques régionaux (IA-IPR) de Physique-Chimie de l'Académie d'Aix-Marseille a pour but de mettre l'accent sur la mise en activité des élèves. « L'élève observe, se questionne, confronte ses idées à celles



des autres, formule des problématiques et teste les réponses qu'il propose » (Habert, Loos, & Rigat, 2016) à travers diverses activités documentaires ou expérimentales. Mais concernant la pratique de la pédagogie inversée, aucune information n'y est relatée. Cependant, cette dernière favoriserait la mise en activité des élèves pendant le temps de classe car les différentes notions seraient découvertes à la maison en amont.

Pour finir, nous avons trouvé sur le site Eduscol des documents de travaux académiques mutualisés (TraAM), réalisés et testés par des professeurs de physique-chimie afin de les partager avec les autres enseignants. Ils ont pour but de répondre à plusieurs problématiques précises : « Comment construire un parcours en classe inversée ? » « Comment faciliter en classe inversée l'accès aux différentes ressources pour les élèves ? » « Comment aider les élèves à progresser à leur rythme au travers de la classe inversée ? » « Comment concevoir une capsule vidéo de cours pour une classe inversée ? » (Eduscol, 2015a, 2015b, 2015c, 2015d). Ces différents travaux académiques mutualisés nous seront d'une aide précieuse pour pratiquer la pédagogie inversée lors de notre phase de test.

## **II. Cadre théorique**

La pédagogie inversée a été mise en place par plusieurs enseignants français en suivant différentes méthodes. En France, nous nous sommes attardés sur plusieurs études dont quatre mémoires d'étudiants en Master Métiers de l'Enseignement, de l'Education et de la Formation (MEEF) et un article d'un professeur de physique-chimie, traitant d'expérimentations de la pédagogie inversée.

Faillet (2014) a réalisé une classe inversée en physique-chimie en classe de 1<sup>ère</sup>S en alternance avec une pédagogie traditionnelle pendant une année scolaire complète. Pour cela, il a mis à disposition de ses élèves des capsules vidéo, ainsi que des supports photocopiés. A la suite de son expérimentation, il n'a pu que constater une baisse de performance concernant les « bons » élèves et des résultats prometteurs concernant les élèves les plus en « difficulté ».

Manon (2016), en se basant sur les travaux de Faillet (2014), a mis en place une pédagogie inversée avec sa classe de 1<sup>ère</sup> Economie et Sociale (ES) basée sur

le même principe d'alternance « Traditionnelle/Inversée ». Elle a réalisé cette pédagogie sur une période de 4 mois, sur 3 chapitres du programme de sciences économiques et sociales. La leçon, composée de photocopiés ou de vidéos, est étudiée à la maison par les élèves. Ces groupes sont constitués par l'enseignant afin de garder un niveau homogène et favoriser les échanges entre pairs, sur le principe des « peer instructions » (Mazur, 1997). La séance en classe est décomposée en plusieurs parties : remédiation autour du questionnaire, questions des élèves sur d'éventuelles incompréhensions et travail en groupe sur des exercices. Une analyse plus précise des résultats de Manon nous a amenés à étudier les supports utilisés lors des phases hors classe. Cette classe inversée a été réalisée à l'aide de trois supports de cours différents ; chaque chapitre a été travaillé avec un support différent. Le premier support est un photocopié composé de 7 pages et d'une évaluation formative non ramassée par l'enseignant mais corrigée en classe. Pour ce travail hors classe, les élèves disposent de deux semaines. Un questionnaire soumis aux élèves a montré qu'en moyenne, ils ont passé 93 minutes sur le photocopié. Le deuxième support est composé d'un photocopié plus court et d'un questionnaire de compréhension (5 pages). Les élèves ont seulement une semaine pour réaliser ce travail. En moyenne, ceux-ci y ont passé 59 minutes. Le deuxième photocopié plus court, et donc nécessitant un temps de préparation plus faible, peut expliquer la préférence des élèves pour ce type de support quand on compare les deux documents. De plus, le temps de révision avant une évaluation est plus important pour le premier support que pour le deuxième. Malgré tout, une élève souligne un intérêt certain, pour le premier support, dû aux nombreux exemples. Le troisième support est composé de deux vidéos d'une durée totale de 14 minutes et d'un questionnaire à compléter. Les élèves ont deux semaines pour effectuer ce travail et y ont passé, en moyenne, 36 minutes d'après les résultats du questionnaire. De plus, l'enseignant a remarqué que le temps de révision avant une évaluation était moins important dans ce cas.

Dollmeyer Clin (2015) a testé la pédagogie inversée dans une de ses classes peu impliquées dans la matière (Eco. Gestion), lors de deux séances d'une heure trente. Elle a fait remplir à ses élèves un questionnaire d'auto-positionnement en début de session afin de cerner leur autonomie et, en fonction, adapter le rythme de travail et les objectifs choisis. Les élèves avaient à rédiger en amont une

synthèse à partir des fiches et des vidéos mises à leur disposition sur internet. Lors de sa deuxième séance, les élèves réalisaient un travail de groupe et construisaient collectivement une affiche évaluée par la suite. Dollmeyer Clin (2015) comme Faillet (2014) ont évalué les élèves avec un questionnaire, pendant le temps de classe, sur les notions abordées dans les supports. Cela a permis de déceler les difficultés des élèves. De ses hypothèses initiales, seule l'hypothèse numéro 1 selon laquelle : « Après mise en place du dispositif, les élèves déclarent un niveau d'adhésion élevé » (Dollmeyer Clin, 2015) a été confirmée avec 91% de travaux de synthèse rendus. Mais nous relèverons que près de 75% d'entre eux apprécient le support numérique pour de multiples raisons que nous citerons par la suite.

Dans les deux derniers mémoires que nous avons étudiés, Créjut (2015) enseignant de mathématiques et Morel (2015) enseignante de physique-chimie expérimentent la classe inversée au collège. Créjut regroupe dans son mémoire, en plus de son expérimentation, les travaux de deux de ses confrères de mathématiques. Tous ont procédé de la même manière lors de la mise en place des séances inversées. Lors du temps hors classe, les élèves avaient pour support des capsules vidéo réalisées par leur enseignant, ainsi qu'un questionnaire en ligne afin de vérifier le visionnage des vidéos et la compréhension des notions. Lors du temps en classe, les élèves réalisaient des activités en groupes. Il s'est avéré que suite à ces études, les élèves avaient pour la grande majorité d'entre eux, adhéré aux dispositifs des capsules vidéo et que plus de la moitié était prête à recommencer. Ceci est certainement dû à la vidéo qui est considérée comme un « média plus vivant et engageant qu'un manuel » (Dufour, 2014). L'implication des élèves est également favorisée par le fait que les vidéos aient été enregistrées par leur enseignant. De plus, il a été mis en avant par les élèves de Morel (2015) que la vidéo, utilisée comme support de la pédagogie inversée, présente de nombreux avantages tels que : la possibilité de mettre pause et la possibilité de rembobiner. Cependant, pour certains élèves, elle peut être source de difficultés, notamment quand il s'agit de prendre note des informations importantes. La durée d'une vidéo ne devait pas dépasser une dizaine de minutes.

Au Canada, Bélanger (2013) nous offre un exemple appliqué de cette méthode. Avant sa mise en place, il proposait des lectures à ses élèves, mais celles-ci étaient considérées comme difficiles à comprendre pour l'acquisition de notions complexes et abstraites, et le nombre d'heures à consacrer à l'analyse des documents était jugé trop important. Tout cela aboutissait à des heures de cours passées à l'explication des concepts plutôt qu'à l'application, ainsi qu'à des étudiants en difficulté face à la création de liens entre les notions et les compétences à atteindre. Se lançant à la recherche de pédagogies innovantes pour pallier au problème, le professeur s'est alors demandé si une meilleure préparation à la séance en classe pouvait favoriser la réussite et, par ricochet, la persévérance des étudiants au sein du programme. Pour cela, il a mis en place pendant quinze semaines (une session), six activités préparatoires basées sur l'alliance de trois méthodes : la classe inversée, la schématisation et l'étude de cas. Pour cela, il a lui aussi utilisé des supports photocopiés et numériques. Chaque cours avec activité préparatoire se décomposait en plusieurs parties. L'étudiant téléchargeait trois documents : une fiche comprenant quelques consignes, l'hyperlien permettant l'accès aux capsules vidéo (n'excédant pas 5 minutes) commentées par le professeur, la trame d'un schéma à produire (rempli au fur et à mesure de la vidéo) et enfin l'accès aux exercices d'appropriation (accompagnés d'un corrigé). L'élève pouvait contacter l'enseignant par le biais d'une messagerie électronique. Le schéma produit par l'élève était remis à l'enseignant en entrant dans la classe, celui-ci pouvant être évalué de façon sommative ou formative. Dans ses résultats, Bélanger (2013) nous montre que sa méthode de classe inversée, associée à la schématisation et l'étude de cas, permet une meilleure implication des élèves. Même s'il n'a pas réalisé d'analyse statistique de ces résultats, une tendance ressort : les étudiants ont eu de meilleurs résultats et sont plus nombreux à avoir réussi. On peut relever que le temps optimal de l'activité préparatoire est estimé entre 30 et 90 minutes pour 85% des élèves. Non attendu dans les résultats, les étudiants en sont même arrivés à convertir la méthode pédagogique en méthode d'apprentissage personnelle et efficace. Ce travail hors classe donne aux élèves une certaine autonomie pour gérer leur apprentissage mais également pour parfaire leurs connaissances, en recherchant des informations complémentaires si besoin. Une amélioration des résultats, notamment dans la transposition de connaissances,

a été soulignée par des enseignants. Ce constat peut s'expliquer, en partie, par un temps consacré aux exercices d'application plus important en classe inversée. L'utilisation de supports numériques peut donc être une vraie solution pour les élèves en difficulté : ils peuvent mettre en pause la vidéo lorsqu'ils le souhaitent, les élèves peuvent à tout moment poser des questions et obtenir des précisions sur les consignes de réalisation, en s'adressant directement au professeur par le biais d'une messagerie électronique. L'utilisation de supports numériques peut néanmoins s'avérer compliquée à mettre en place dans le cas où les élèves n'auraient pas accès à l'informatique. Il a été souligné le problème des élèves internes (nombre insuffisant d'ordinateurs et problèmes de réseaux dans l'établissement) mais également des élèves externes qui n'auraient pas accès à internet chez eux. Dans le but d'améliorer les résultats de cette classe inversée, les enseignants préconisent l'utilisation d'une seule vidéo et d'un temps de préparation suffisamment long.

Bien qu'il ait été relevé, dans la plupart des expérimentations, que le temps de préparation du travail hors classe et du travail en classe est plus élevé pour l'enseignant, la pédagogie inversée lui apporte un gain de temps sur la progression et donc un avantage pour finir le programme. Les études font ressortir un manque relatif d'efficacité, compensé par le haut niveau d'adhésion des élèves, et la nécessité pour la pédagogie inversée d'être considérée comme un outil supplémentaire dans la palette à la disposition de l'enseignant, plutôt qu'une nouvelle manière d'enseigner quotidiennement. Les conclusions de ses études se basent principalement sur des études présentant de faibles effectifs et de multiples variables (professeurs, élèves, concepts, ou notions différents) et « peu d'études ont examiné les effets de la classe inversée sur le rendement des étudiants » (Bissonnette & Gauthier, 2012). Les résultats sont donc à analyser avec prudence.

### **III. Définitions des notions**

Pédagogie inversée, classe inversée, support, apprentissage, tant de termes utilisés dans la littérature qu'il convient de définir. La pédagogie inversée n'a pas de définition institutionnelle. De ce fait, chaque enseignant pratique à sa manière cette méthode d'enseignement, mais toujours avec ce point commun : « Lectures at Home and HomeWork in Class » (Lebrun, 2015), c'est-à-dire une inversion spatiale et temporelle des tâches par rapport à la classe traditionnelle. Cette inversion spatio-temporelle où « la partie transmissive de l'enseignement (exposé, consignes, protocole, etc.) se fait « à distance » en préalable à une séance en présence, notamment à l'aide des technologies (ex. : vidéo en ligne du cours, lecture de documents papier, préparation d'exercice,...) » (Defise, cité dans Lebrun, 2016), et les exercices sont réalisés pendant le temps en classe. Dans cette pratique, l'enseignant est disponible pour ses élèves pendant le temps en classe.

Le terme de pédagogie inversée est purement francophone et ne possède aucun équivalent anglo-saxon. C'est en partie pour cela que l'on peut retrouver dans la littérature le terme « pédagogie inversée » comme simple synonyme de « classe inversée ». Pour d'autres, « il s'agit davantage d'un mot valise, servant à désigner toutes les formes de pédagogies construites à partir de la classe inversée » (Créjut, 2015). Ainsi, certains enseignants considèrent cette pédagogie comme l'association de la classe inversée avec une pédagogie de projet, une pédagogie différenciée ou encore, et c'est cette dernière que nous retiendrons, une pédagogie de groupe.

La pédagogie inversée, telle que nous l'entendons dans le cadre de ce travail, est donc : une approche pédagogique consistant à inverser et à adapter les activités d'apprentissage proposées aux élèves, par l'alternance de la formation à distance et la formation en classe. Dans ce modèle, les contenus de cours sont livrés au moyen de ressources consultables en ligne – le plus souvent des capsules vidéo – et le temps de classe est exclusivement consacré à des projets d'équipe, à des échanges avec l'enseignant et entre pairs, à des exercices pratiques et à d'autres activités de collaboration. (Service de soutien à la formation de l'Université de Sherbrooke [SSFUS], 2011).

On insistera sur l'importance de la mise en place de cette pédagogie de groupe, où les élèves échangent entre pairs pendant le temps en classe sur les notions vues à la maison. Comme le dit Mazur (1999) « Nothing clarifies ideas better than explaining them to others ».

Le terme support est défini par le Larousse comme « étant tout élément matériel, tout média, tout moyen commercial susceptible de véhiculer un message, une information » (Larousse, s. d.). Pour notre étude, on se basera sur des supports photocopiés, composés de textes et/ou d'images et des supports numériques. Par support numérique, nous discernons site internet, capsules vidéo, capsules audio.

La compétence peut être définie comme la mobilisation de plusieurs savoirs, dans des situations et des contextes donnés. En effet, les enseignants de physique chimie sont amenés à intégrer dans leurs pratiques pédagogiques, une réflexion sur l'approche par compétences. Il ne s'agit pas seulement de construire des savoirs disciplinaires mais « de mettre l'accent sur la capacité des élèves à mobiliser leurs acquis dans des tâches et des situations complexes, à l'école et dans la vie » (Haut Conseil de l'Éducation, 2016). En effet, l'élève doit être capable de mettre en œuvre un raisonnement pour identifier un problème, formuler des hypothèses, les confronter aux constats expérimentaux et exercer son esprit critique. Il doit pour cela pouvoir mobiliser ses connaissances, rechercher, extraire et organiser l'information utile, afin de poser les hypothèses pertinentes. Il lui faut également raisonner, argumenter, démontrer et travailler en équipe. L'élève doit aussi être amené à travailler sa communication écrite et orale dans l'intérêt de la faire progresser dans la maîtrise des compétences langagières.

Le terme d'apprentissage est défini dans la littérature par plusieurs auteurs. D'après Reuchlin, « il y a apprentissage lorsqu'un organisme, placé plusieurs fois dans la même situation, modifie sa conduite de façon systématique et relativement durable » (Reuchlin, 1983). La définition de Bon nous précise que l'apprentissage est « un processus d'acquisition d'un comportement nouveau, d'un savoir ou d'un savoir-faire, de compétences, d'aptitudes par des exercices répétés ou conditionnement » (Bon, 2004).

A la lumière de ces différentes notions, nous pouvons donc nous demander : **Quelle est l'influence de la pédagogie inversée, et plus particulièrement du support utilisé lors de la pratique de celle-ci, sur l'apprentissage des compétences du bulletin officiel de seconde sur le chapitre de la pression ?**

#### **IV. Hypothèses envisagées**

En nous appuyant sur la littérature, nous pouvons formuler les hypothèses suivantes :

1. Les élèves présentant des facilités ont régressé alors que les élèves les plus en difficulté ont progressé.
2. Les résultats des élèves en classe inversée sont meilleurs qu'en classe traditionnelle
3. Les élèves sont plus nombreux à progresser en classe inversée qu'en classe traditionnelle
4. Il y a une meilleure compréhension des notions par les élèves avec la vidéo



## **PARTIE 2 : Étude**

### **I. Matériel et méthode**

#### **1.1. Objectif**

L'objectif principal de l'étude est de déterminer s'il existe une influence du support utilisé en pédagogie inversée sur les apprentissages des compétences du BO. On sera aussi amené à étudier l'influence de la pédagogie employée.

#### **1.2. Choix de la méthode**

Notre choix s'est porté sur une méthodologie expérimentale en raison du grand nombre d'individus de l'étude et du peu d'ouvrages théoriques existants sur la problématique, le tout étant peu propice à une méthodologie clinique. La méthode expérimentale consiste à tester des hypothèses générales par l'expérimentation d'une ou plusieurs variables observables sur un groupe d'individus. Pour cela, il faut garder des observables invariantes, les hypothèses doivent pouvoir être réfutables et l'expérimentation doit être répliquable. Le groupe choisi doit permettre des observations reproductibles et les résultats doivent être obtenus en limitant la subjectivité du chercheur. Plusieurs auteurs l'ont d'ailleurs utilisée dans des travaux présentant des similitudes avec notre étude comme Baillat & Espinoza (2006) et Hebel, Montpied, & Fontanieu (2014)

#### **1.3. Description de l'étude**

Du 1<sup>er</sup> mars 2017 au 27 avril 2017, nous avons réalisé une étude prospective descriptive et multicentrique non randomisée, par le biais d'un questionnaire en ligne disponible en annexe 1. L'étude est réalisée sur le chapitre « La pression », qui se place dans le thème « La pratique du sport » du bulletin officiel (BO) du programme de physique chimie de seconde. Ce chapitre a été choisi car il ne nécessite aucun prérequis de l'année de seconde mais aussi, et surtout, car il fallait trouver un chapitre pour lequel aucune notion n'avait été étudiée auparavant par l'un des enseignants avec ses élèves. Dans le cas contraire, les notions préalablement étudiées par certains élèves auraient engendré un biais à l'étude. Pour ce chapitre, le BO présente les compétences attendues par les élèves (annexe 2). Le détail du BO fait ressortir 5 compétences théoriques et 1

compétence expérimentale qui ont été classées en 4 catégories : origine de la pression, loi de l'hydrostatique, loi de Boyle-Mariotte et dissolution d'un gaz.

Ces compétences seront évaluées au cours du chapitre afin d'en vérifier l'acquisition par les élèves suivant le type de pédagogie pratiquée. Un tableau reprenant les différentes catégories et les compétences attendues est disponible ci-dessous.

Catégories	Compétences attendues
<b>C1</b> <i>Origine de la pression</i>	Savoir que dans les liquides et dans les gaz la matière est constituée de molécules en mouvement. Utiliser la relation $P = F/S$ , F étant la force pressante exercée sur une surface S, perpendiculairement à cette surface.
<b>C2</b> <i>Loi de l'hydrostatique</i>	Savoir que la différence de pression entre deux points d'un liquide dépend de la différence de profondeur.
<b>C3</b> <i>Loi de Boyle-Mariotte</i>	Savoir que, à pression et température données, un nombre donné de molécules occupe un volume indépendant de la nature du gaz. <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesures</i>
<b>C4</b> <i>Dissolution d'un gaz</i>	Savoir que la quantité maximale de gaz dissous dans un volume donné de liquide augmente avec la pression.

**Tableau 1** : Classement des compétences en différentes catégories

Trois enseignants sur quatre possèdent deux classes de seconde, le dernier n'en possède qu'une. Le volume horaire de physique chimie se répartit ainsi pour toutes les classes : 3h de physique chimie par semaine réparties en 1h30 en demi groupe et 1h30 (ou 1h puis 2h en alternance une semaine sur deux) en classe entière.

Différentes pédagogies ont été pratiquées dans chaque classe afin de comparer l'apprentissage des élèves. En classe inversée, nous avons utilisé, pour transmettre les notions, différents types de support afin d'estimer leurs effets sur la compréhension des élèves. En effet, pour trois des classes étant en pédagogie inversée, les élèves ont eu accès à deux vidéos, ayant une durée totale inférieure à 10 minutes, ainsi qu'une animation. Celles-ci sont disponibles en accès public, sur Youtube®, pour les vidéos, et un site internet, pour l'animation. Les liens sont disponibles en annexe 3. Pour deux autres classes, c'est un fichier PDF (annexe 4), qui a été réalisé à partir des deux vidéos et de l'animation de façon à contenir exactement les mêmes informations. Le contenu ne crée donc pas de biais sur les résultats des élèves.

Toutes ces ressources ont été accessibles aux élèves via la plate-forme Chamilo. Les deux dernières classes ont fonctionné sur un système traditionnel.

Voici un tableau récapitulatif des classes en fonction de la pédagogie utilisée.

Classe n°	Type de pédagogie/Support
1, 4, 6	Classe inversée / Vidéos et animation
2, 3	Classe inversée / PDF
5, 7	Classe traditionnelle

**Tableau 2:** Répartition des classes en fonction du type de pédagogie et du support utilisés

#### 1.4. Terrain d'étude

L'étude a été menée dans trois lycées d'enseignement général et technologique du Sud de la France par quatre enseignants stagiaires en sciences physiques et chimiques. Ces lycées sont localisés dans des zones urbaines. Le milieu social des différents lycées est hétérogène : un est considéré comme plutôt défavorisé au contraire des deux autres. Aucun n'est classé REP, REP + ou ULIS.

#### 1.5. Population d'étude

La population de l'étude est composée de sept classes de seconde générale totalisant un effectif de 225 élèves. La moyenne d'âge est d'environ 15 ans. Ces classes sont assez diversifiées tant par les options qui diffèrent d'une classe à l'autre, que par leur intérêt pour les matières scientifiques. Les caractéristiques générales de la population sont regroupées dans le tableau suivant.

Classe	Effectif total	Répartition filles/garçons	MPS	SC-IG	SLAB	Options non scientifiques	Classe jugée scientifique par l'enseignant
1	30	12/18	12	18	0	0	Oui
2	30	15/15	9	0	0	0	Non
3	34	9/25	0	18	0	16	Non
4	33	20/13	10	0	3	21	Oui
5	32	25/7	0	15	0	18	Non
6	33	20/13	9	0	0	24	Non
7	33	18/15	8	0	0	25	Non

**Tableau 3:** Caractéristiques de la population de l'étude

**Notes :** MPS = Méthodes Pratiques et Scientifiques ; SC-IG = Sciences de l'Ingénieur ; SLAB = Sciences de laboratoire.

Les classes sont représentatives de l'ensemble des classes des lycées, avec un niveau considéré comme moyen en sciences physiques et chimiques. Quelques situations particulières sont cependant à noter :

- Un des enseignants a un élève malvoyant. Il est donc nécessaire de prévoir une copie numérique de l'activité avec une police Arial Black taille 28. Cet élève est aidé au quotidien par une assistante de vie scolaire.
- Plusieurs des enseignants ont des élèves dyslexiques. Ils disposent de conditions particulières lors des contrôles (tiers-temps lorsque le créneau horaire le permet sinon réduction du contrôle).

Malgré un niveau moyen, une bonne partie semble assez motivée et intéressée par la physique-chimie : il existe une bonne participation orale.

## 1.6. Recueil des données

### 1.6.1. Types de données

Afin de mener cette étude, nous avons réalisé trois questionnaires disciplinaires identiques comportant différents types de questions. Ils comportent 18 questions dont 12 questions fermées et 6 questions ouvertes. Ils ont été testés sur quatre élèves de classes de seconde, correspondant aux critères de choix de la population cible mais ne participant pas à l'étude. Les questionnaires sont présentés en annexe 1. Dans le tableau suivant, nous présentons le type et l'objectif de chaque question.

Types \ Objectifs	Apprentissage	Application
Fermées	2 ; 3 ; 4 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 12 ; 13 ; 14 ; 17 ; 18	Aucunes
Ouvertes	1 ; 11 ; 16	5 ; 6 ; 15

**Tableau 4 :** Types et objectifs de chaque question du questionnaire 1,2,3

Chacune de ces questions peut être associée à une catégorie de compétences disciplinaires que les élèves doivent maîtriser ou savoir utiliser à la fin du chapitre. Elles sont regroupées dans le tableau ci-dessous.

Types \ Catégories	Origine de la pression	Loi de l'hydrostatique	Loi de Boyle-Mariotte	Dissolution d'un gaz
Fermées	2 ; 3 ; 4	8 ; 9 ; 10	12 ; 13 ; 14	17 ; 18
Ouvertes	1	11		16
Applications	5 ; 6		15	

**Tableau 5 :** Répartition des questions par compétences

Nous utiliserons par la suite ce regroupement de questions lors de l'analyse des résultats, afin de voir au mieux l'influence du support et de la pratique pédagogique sur l'acquisition des compétences du BO. A la fin du chapitre, un quatrième questionnaire a été mis en ligne afin d'évaluer la satisfaction des élèves sur la pédagogie pratiquée. Composé de 34 questions, il est inspiré en grande partie de celui de Morel (2015). Ce questionnaire, ainsi que le tableau présentant le type et l'objectif de chaque question, sont présentés en annexes 5 et 6. Au cours de cette étude, une partie des productions écrites des élèves a été évaluée. Tous les élèves ont été notés sur une activité expérimentale et sur une évaluation sommative. Elles sont présentées en annexes 7 et 8.

### **1.6.2. Conditions du recueil des données**

Trois questionnaires semi-quantitatifs disciplinaires ont été créés via Google Form®. Les questions sont identiques dans les trois. Ils permettent de connaître le niveau de l'élève à trois temps différents de l'étude : avant l'abord du chapitre, après visionnage des ressources (classe inversée) et en fin de chapitre avant le devoir surveillé (DS). Le temps de réponse à ce questionnaire est estimé à une vingtaine de minutes en moyenne. On rappelle que pendant cette étude, une partie des productions écrites des élèves a été évaluée afin de comparer les différentes pédagogies (pédagogie classique, pédagogie inversée avec comme support un PDF et pédagogie inversée avec comme support des vidéos et une animation). Pour l'activité expérimentale, les élèves sont répartis en binôme et évalués par compétences. Celles-ci ont été ramenées à une note sur 20, selon un programme prenant en compte, à la fois les coefficients attribués à chaque compétence évaluée, et à la « note » (A, B, C ou D) qu'a eu l'élève pour chacune des compétences. Ce programme est disponible en annexe 9. L'évaluation sommative a été réalisée individuellement et notée sur 20.

Le questionnaire de retour d'expérience (Questionnaire 4) a été donné à l'ensemble des élèves pratiquant la pédagogie inversée en fin de séquence. Le temps de réponse à ce questionnaire est estimé à environ quinze minutes par les enseignants. Pour répondre à l'ensemble des questionnaires, les élèves ont pu le faire de leur domicile avec un ordinateur ou à partir de leur téléphone portable personnel. Un planning plus précis du déroulement de l'étude et des échéances ainsi que les activités faites par les élèves sont présentés en annexe 10.

## II. Résultats

### 2.1. Traitement des données

Les données ont été reportées anonymement dans un tableau Excel (via *Microsoft Office Excel 2013* ©). Elles ont été par la suite analysées à l'aide de l'extension XLSTAT© et de BiostaTGV ©. Afin de vérifier la répliquabilité de l'analyse des données, un pourcentage de simple accord et le test de Cohen's Kappa ont été mis en œuvre. Le test de  $\chi^2$  et le test exact de Fisher (lorsque les critères de validité du  $\chi^2$  n'étaient pas respectés) ont été utilisés pour le traitement des données qualitatives. Le Z-test a été utilisé pour les données quantitatives appariées et non appariées. Le seuil de significativité a été retenu à 5% ( $p < 0,05$ ). Lorsque les échantillons étaient indépendants, il a été considéré l'ensemble des élèves ayant répondu aux questions. En revanche, lorsque les échantillons étaient appariés (ex : progression), seuls les élèves ayant répondu à tous les questionnaires ont été analysés. De plus, il a été convenu d'associer un barème afin de pouvoir comparer l'assimilation des compétences par les élèves d'une manière générale. Les questions fermées sont notées sur 1 et les questions ouvertes sont notés sur 2. Cependant, ces dernières ne seront pas analysées par la suite, car elles ont pour unique but de comparer les progressions des élèves d'un questionnaire à choix multiples (QCM) à un autre.

- **Exemple de codage des données des questions fermées**

A la question 12 « La loi de Boyle-Mariotte s'écrit : », plusieurs propositions sont possibles avec une seule réponse juste «  $PV = cte$  ». Pour le codage des données, il a été décidé d'attribuer le code « 1 » pour une réponse correcte et « 0 » pour toute autre réponse.

- **Exemple de codage des données des questions ouvertes**

A la question 1 « *Qu'est-ce qu'un fluide ?* », plusieurs mots étaient attendus dans la réponse de l'élève dont *état, espèce chimique, liquide, gazeux/gaz*, car ils étaient présents dans les différents supports. Pour le codage des données, il a été décidé d'attribuer le code « 0 » si la réponse n'était pas jugée satisfaisante ou non présente, « 1 » si la définition était mal formulée ou incomplète et « 2 » si la définition était bien formulée et complète.

## 2.2. Présentation des résultats

### 2.2.1. Taux de participation

Les taux de réponses des différents questionnaires sont disponibles dans les quatre tableaux suivants.

	Classique	PDF	Vidéo	TOTAL
Nombre de réponses				
Attendues	66	64	95	225
Obtenues	61	60	93	214
Taux de participation	92,4%	93,8%	97,9%	95,1%

**Tableau 6 :** Taux de participation au questionnaire 1 des élèves en fonction de la pédagogie pratiquée

**Tableau 7 :** Taux de participation des élèves au questionnaire 2 en fonction de la pédagogie pratiquée

	PDF	Vidéo	TOTAL
Nombre de réponses			
Attendues	64	95	159
Obtenues	49	81	130
Taux de participation	76,6%	85,3%	81,8%

	Classique	PDF	Vidéo	TOTAL
Nombre de réponses				
Attendues	66	64	95	225
Obtenues	49	49	79	177
Taux de participation	74,2%	76,6%	83,2%	78,7%

**Tableau 8 :** Taux de participation des élèves au questionnaire 3 en fonction de la pédagogie pratiquée

**Tableau 9 :** Taux de participation des élèves au questionnaire de satisfaction en fonction de la pédagogie pratiquée

	PDF	Vidéo	TOTAL
Nombre de réponses			
Attendues	64	95	159
Obtenues	37	83	120
Taux de participation	57,8%	87,4%	75,5%

Une baisse de la participation des élèves se fait ressentir au fur et à mesure des questionnaires. Il est important de préciser que l'ensemble des tests statistiques réalisés par la suite, sur les taux de bonnes réponses aux questionnaires, ont été basés sur l'effectif total de répondants à chaque questionnaire (échantillons indépendants). En revanche, le calcul des progressions des taux de bonnes réponses n'ont pris en compte que les élèves ayant répondu à l'ensemble des trois questionnaires (échantillons appariés). On ne considère donc, lors de l'analyse des progressions d'un questionnaire à un autre, que 49 élèves en pédagogie classique, 49 en pédagogie inversée PDF et 79 en pédagogie inversée vidéo. Seule une partie des questions des questionnaires sera analysée par la suite (11/18). Les réponses des élèves aux trois questions d'application (q5, q6, q15) ont été jugées par l'ensemble des enseignants comme étant ininterprétables.

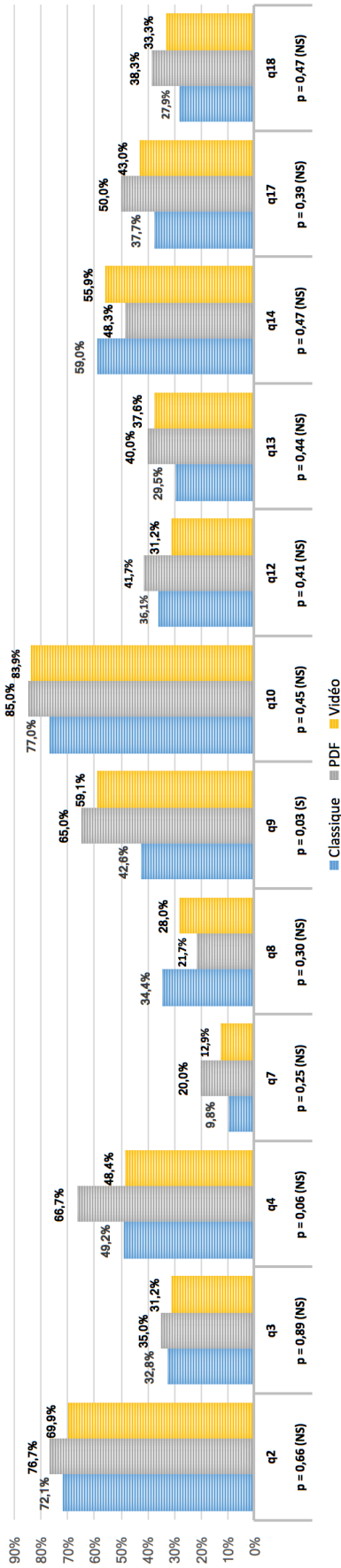
Les trois autres questions ouvertes (q1, q11, q16) ainsi que la question 7 ont, quant à elles, été codées, mais ne sont considérées que dans le calcul des moyennes aux questionnaires.

Pour l'ensemble des questions, des tests Cohen's Kappa ont été réalisés avec les résultats obtenus par deux des enseignants, donnant des  $\kappa$  compris entre 0,82 et 0,90 pour les questions ouvertes et égaux à 1 pour les questions fermées. Des pourcentages simples d'accord ont aussi été réalisés, intra et inter analyste : ils donnent respectivement 92% et 86% d'accord dans le cadre des questions ouvertes, et 100% d'accord pour les questions fermées. Ces deux tests ( $0,81 < \kappa < 1$  et % simple d'accord  $> 85\%$ ) démontrent la répliquabilité de l'analyse.

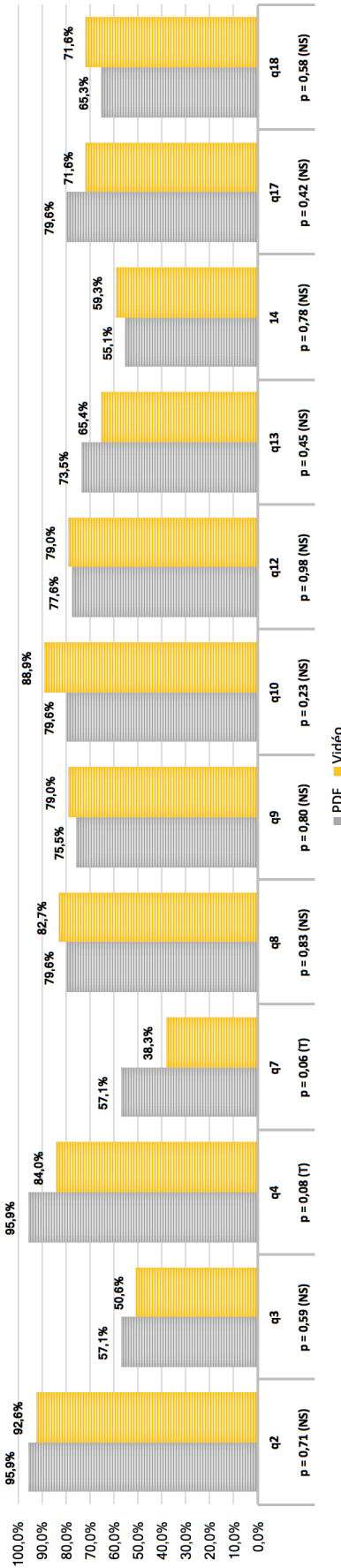
Les histogrammes, disponibles à la page suivante, représentent le taux de réponses justes de chaque classe, pour chaque question de chaque questionnaire. Une analyse détaillée de ces résultats est disponible de l'annexe 11 à l'annexe 14. Tous les tests associés sont disponibles de l'annexe 15 à 17. Nous développerons, par la suite, non pas une analyse des taux de bonnes réponses, mais plutôt de la progression de ces derniers, d'un questionnaire à un autre.



### QUESTIONNAIRE 1: TAUX DE RÉPONSES JUSTES



### QUESTIONNAIRE 2: TAUX DE RÉPONSES JUSTES



### QUESTIONNAIRE 3: TAUX DE RÉPONSES JUSTES

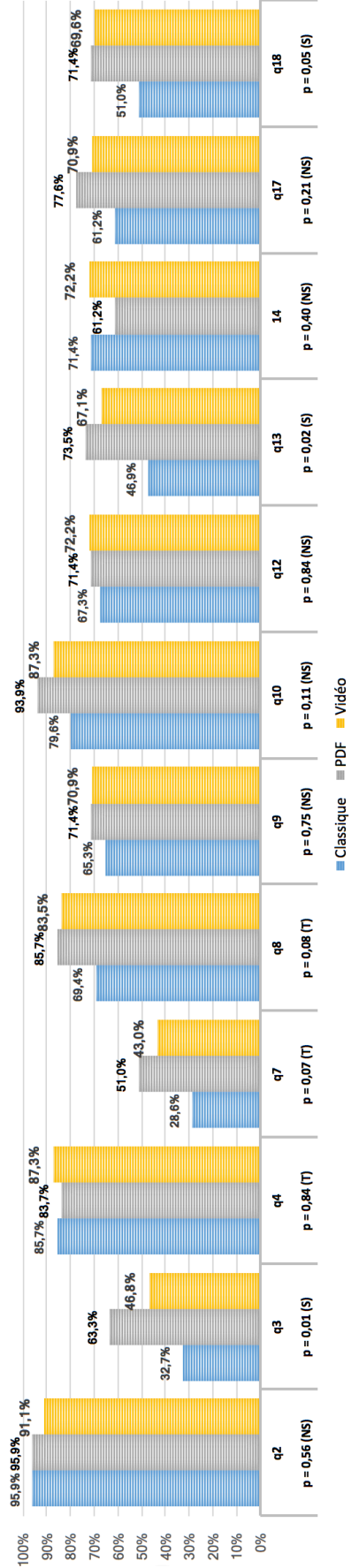
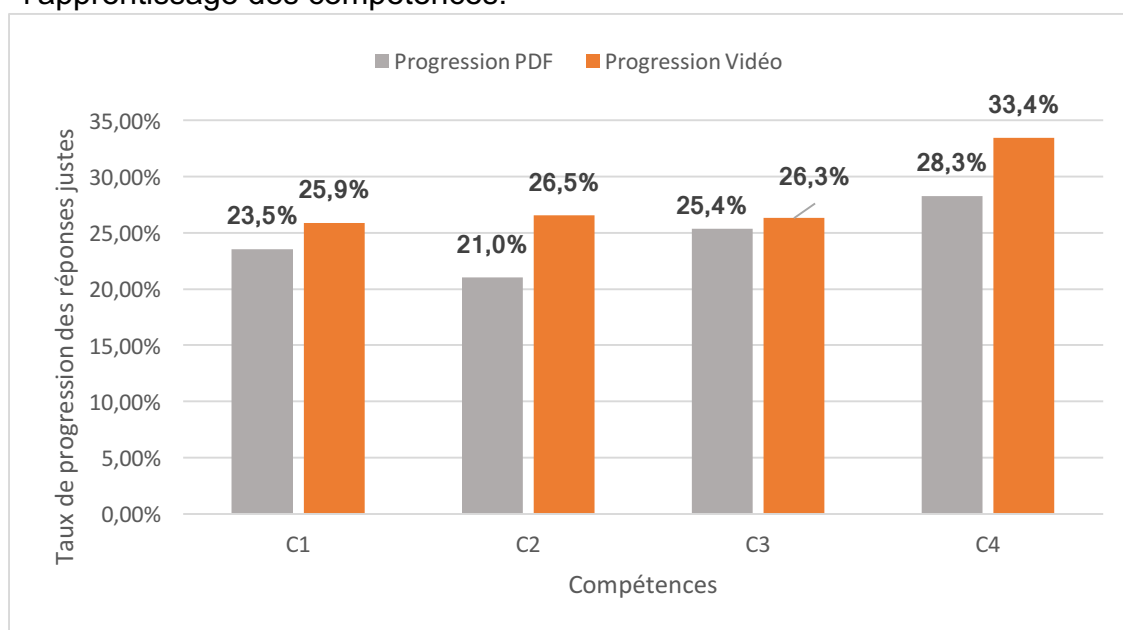


Figure 1: Taux de réponses justes en fonction de chaque question pour les questionnaires 1, 2 et 3

### 2.2.2. Efficacité du support

Dans l'histogramme ci-dessous sont représentés les taux moyens d'évolution de bonnes réponses, pour chaque compétence, des élèves en pédagogie inversée, entre le questionnaire 1 et le questionnaire 2. Le détail des taux de progression de chaque question est disponible en annexe 18. Une analyse de ce graphique nous permet de vérifier l'influence du support utilisé en pédagogie sur l'apprentissage des compétences.



**Figure 2:** Taux de progression des réponses justes entre le questionnaire 1 et 2, en fonction des compétences pour la pédagogie inversée

On constate que, pour l'ensemble des compétences, l'augmentation du taux de bonnes réponses est plus importante pour les élèves ayant comme support la vidéo que pour ceux ayant le PDF. Cette différence de progression s'étend de 0,9% pour la compétence 3 (C3) à 5,5% pour la C2. Les fortes progressions au sein de certaines questions peuvent être expliquées par le taux de bonnes réponses initialement faible. Au contraire, des progressions faibles ne signifient pas forcément que la notion n'a pas ou peu été assimilée. En effet, il est possible que celle-ci soit déjà connue par la plupart des élèves avant même le questionnaire 1. Les observations faites lors de l'analyse des questionnaires, compétence par compétence, devraient se faire ressentir sur l'évolution des moyennes obtenues par les élèves aux différents questionnaires puisque chaque question est affectée d'un barème (voir méthodologie).

La progression globale des classes en pédagogie inversée entre le questionnaire 1 et 2 est regroupée dans le tableau suivant.

Moyenne	Classes inversées					
	Observations	Minimum	Maximum	Moyenne	Ecart-type	p-value
PDF Q1	49	3,0	18,0	8,4	3,3	<0,0001
PDF Q2	49	8,0	18,0	13,2	2,7	
Vidéo Q1	79	0	21,0	6,9	3,2	<0,0001
Vidéo Q2	79	5,0	19,0	12,5	3,0	

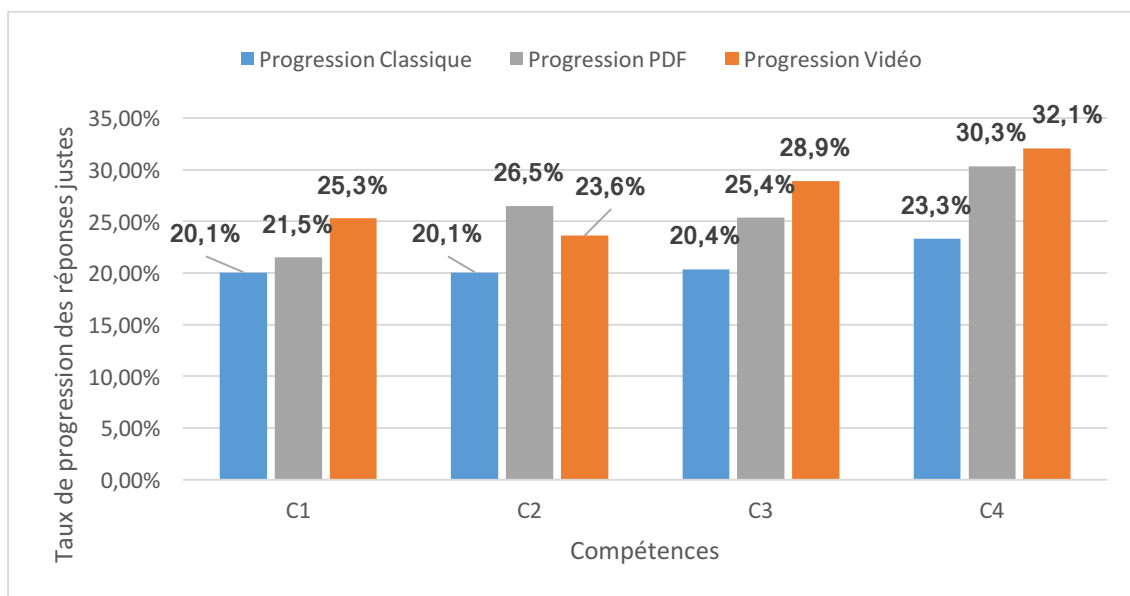
**Tableau 10** : Progression globale des élèves entre le questionnaire 1 et 2 pour les deux types de pédagogie inversée

Il ressort de manière évidente que les moyennes sont significativement bien meilleures pour le questionnaire n°2 que pour le n°1 (Z-tests sur échantillons appariés,  $p < 0,0001$ ) passant de 8,4 à 13,2/21 pour la classe inversée avec comme support le PDF, soit une augmentation de 4,8 points, et de 6,9 à 12,5/21 pour celle avec comme support la vidéo, soit une augmentation de 5,6 points. Cette différence de progression est d'autant plus marquante, que le Z-test effectué, entre les moyennes obtenues au questionnaire n°1, montre une différence significative entre les classes 1/4/6 (vidéo) et les classes 2/3 (PDF) ( $p = 0,001$ ), alors que le Z-test effectué pour le questionnaire n°2 n'est plus significatif ( $p = 0,202$ ). Les tableaux récapitulant ces résultats sont disponibles en annexe 19.

Les classes ont donc en moyenne progressé de 5,15 points ; 5,15 points qui correspondent environ au 26,3% de progression moyenne des élèves aux compétences analysées précédemment. La légère différence des résultats (5,15 vs 5,5 points) s'explique par les questions q1, q7, q11, q16 qui n'ont pas été prises en compte dans l'analyse par compétence. Ces données permettent également de faire ressortir la forte progression (au moins 5 points) des notes minimales de chacune des classes. La progression intra-élève est, d'ailleurs, analysée plus en détail dans la suite des résultats.

### **2.2.3. Efficacité de la pédagogie**

Nous allons maintenant analyser, à partir de la figure 3, la progression des taux moyens de bonnes réponses du questionnaire 1 au questionnaire 3, pour chacune des pédagogies mises en place, dont le détail est proposé en annexe 20. Cela nous permettra de juger de leur efficacité dans l'apprentissage des compétences.



**Figure 3:** Taux de progression des bonnes réponses entre le questionnaire 1 et 3

On peut remarquer que, sur l'ensemble du chapitre et quel que soit la compétence, les classes en pédagogie inversée montrent une progression plus importante que les classes en pédagogie classique. En effet, les moyennes de progression globale pour chaque pédagogie sont de 21% pour la classe traditionnelle, 25,9% pour la classe inversée PDF et 27,5% pour la classe inversée vidéo. Parmi les pédagogies inversées, celle utilisant la vidéo comme support possède un taux de progression supérieur à celle utilisant le PDF, pour trois des quatre compétences analysées. Seule la compétence 2 montre une meilleure moyenne avec le support PDF (26,5%) qu'avec le support vidéo (23,6%). Cela s'explique éventuellement par la possibilité pour l'élève d'imprimer le support PDF et de le ramener en classe, contrairement au support vidéo qui n'est accessible qu'à travers les prises de notes de l'élève et le visionnage à la maison. L'élève ayant le PDF peut donc, potentiellement, relire son cours plus souvent et plus facilement que l'élève qui a visionné les vidéos et animations. Cependant, d'autres facteurs doivent rentrer en ligne de compte, car les élèves ayant comme support le PDF ont eu une meilleure progression uniquement sur la compétence C2.

Tout comme pour l'efficacité du support, les observations faites ici devraient se faire ressentir sur l'évolution des moyennes obtenues par les élèves aux questionnaires.

La progression globale des classes, selon la pédagogie suivie, entre le questionnaire 1 et 3 est regroupée dans le tableau suivant.

<i>Moyenne</i>	<b>Classes inversées</b>					
	<i>Observations</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>p-value</i>
<b>PDF Q1</b>	49	3,0	18,0	8,4	3,3	<0,0001
<b>PDF Q3</b>	49	5,0	20,0	13,6	3,7	
<b>Vidéo Q1</b>	79	0,0	21,0	6,9	3,2	<0,0001
<b>Vidéo Q3</b>	79	5,0	21,0	13,2	4,0	
<b>Classique Q1</b>	49	0,0	12,0	5,8	2,5	<0,0001
<b>Classique Q3</b>	49	4,0	18,0	11,2	3,7	

**Tableau 11 :** Progression globale des élèves entre le questionnaire 1 et 3 pour toutes les pédagogies

Comme initialement prévu, les résultats du questionnaire n°1 au questionnaire n°3 sont meilleurs, en moyenne, pour toutes les classes (Z-tests sur échantillons appariés,  $p < 0,0001$ ). En effet, les classes en pédagogie inversée PDF sont passées de 8,4 de moyenne à 13,6, soit une augmentation de 5,2 points, celles utilisant la vidéo de 6,9 à 13,2 (+ 6,3) et celles en pédagogie classique de 5,8 à 11,2 (+5,4). On peut donc remarquer que, malgré les pourcentages de progression observés plus haut, les élèves en pédagogie inversée PDF sont ceux qui ont le moins progressés en termes de points, même si cette progression est comparable à celle des élèves en pédagogie classique. Les notes du questionnaire incluant les questions ouvertes et la question 7 sur les unités de la pression, cette différence est peut-être, en partie, due :

- Aux questions ouvertes qui ont pu favoriser ou défavoriser certains élèves. Les progressions théoriques calculées à partir des pourcentages de progression en témoignent : ceux en vidéo ou en classique devraient avoir une augmentation respective de 5,8 et 4,4 au lieu de 6,3 et 5,4 ; alors que ceux en PDF n'ont augmenté que de 5,2 points pour une progression calculée de 5,4.
- A la lassitude des élèves. En effet, répondre trois fois au même questionnaire peut s'avérer fastidieux, même s'ils sont répartis sur tout le chapitre. Cela se ressent d'autant plus sur les questions ouvertes. Ces dernières demandant un peu plus de réflexion et de rédaction.

Les Z-tests réalisés, deux à deux, sur l'ensemble des pédagogies, pour le questionnaire n°1, sont disponibles en annexe 21. Ils ont fait ressortir des différences significatives de moyennes entre les classes. Les élèves ayant travaillé avec le PDF ont les meilleurs résultats (8,4), devant ceux ayant eu

comme support la vidéo (6,9), suivis de ceux qui sont restés en pédagogie classique (5,8).

Ce constat n'est plus d'actualité dans le questionnaire n°3. On peut voir, d'après les Z-tests effectués, disponibles en annexe 22, que la différence entre chaque pédagogie inversée et la pédagogie classique reste significative, alors qu'entre les deux pédagogies inversées, ce n'est plus le cas.

La progression entre le questionnaire n°2 et le questionnaire n°3, qui n'est pas traitée spécifiquement ici, car prise en compte dans la progression du n°1 au n°3, est disponible en annexe 23.

#### 2.2.4. Progression inter élèves

Pour juger du niveau de difficulté des activités, nous avons pris les classes classiques en tant que classe témoin.

<i>Moyenne</i>	<i>Observations</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>p-value</i>
PDF AE	62	6,5	18,6	13,9	2,7	NS*
PDF AE	62	8,0	19,0	13,3	2,8	
Pression						
Vidéo AE	94	7,7	18,0	13,5	2,5	NS*
Vidéo AE	94	8	20,0	13,3	3,5	
Pression						
Classique AE	59	7,0	18,1	12,5	2,3	<0,0001
Classique AE	59	9,0	20	13,9	3,0	
Pression						

**Tableau 12** : Différence des moyennes entre les activités expérimentales de l'année et l'activité expérimentale de Boyle-Mariotte (toute pédagogie)

Le tableau ci-dessus permet de regrouper l'ensemble des informations concernant les notes obtenues lors de l'AE Boyle-Mariotte pour chacune des classes, mais aussi de les comparer à celles concernant les moyennes des AE faites pendant l'année scolaire. Les moyennes académiques en AE des classes inversées sont significativement supérieures à celles des autres classes. Par contre, il n'y a pas de réelle différence entre les moyennes des classes inversées. Les tableaux regroupant les différents Z-tests, sur échantillons indépendants, des classes prises deux à deux sont disponibles en annexe 24. Les p-values des Z-tests, sur échantillons appariés, permettent de décrire statistiquement la différence de moyenne aux AE pour chaque classe.

Ce test réalisé sur les classes classiques permet de mettre en évidence une augmentation fortement significative (+1,4 points) de la moyenne de ces classes lors de l'AE sur la pression par rapport à la moyenne du reste de l'année de ces mêmes élèves ( $p < 0,0001$ ). Ce n'est pas le cas pour les classes inversées pour lesquelles on observe une très légère baisse (non significative) de la moyenne.

Lors de l'étude, nous avons également réalisé un DS portant sur l'ensemble du chapitre afin d'évaluer de manière sommative les élèves, à la fois sur l'acquisition des compétences du BO mais aussi sur la mise en pratique de ces dernières. Le tableau ci-dessous permet de regrouper l'ensemble des informations concernant les notes obtenues lors du DS pour chacune des classes, mais aussi de les comparer à celles concernant les moyennes des DS faits pendant l'année scolaire.

<i>Moyenne</i>	<i>Observations</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>p-value</i>
PDF DS	30	5,0	16,0	10,1	2,8	NS*
PDF DS Pression	30	3,0	15,0	9,6	3,4	
Vidéo DS	92	3,0	17,7	9,5	3,8	=0,003
Vidéo DS Pression	92	2,5	19,5	8,5	4,5	
Classique DS	62	0,8	18,9	9,6	4,1	=0,003
Classique DS Pression	62	0,5	20	8,4	4,4	

**Tableau 13** : Différence des moyennes entre les devoirs surveillés de l'année et le devoir surveillé portant sur le chapitre pression (toute pédagogie)

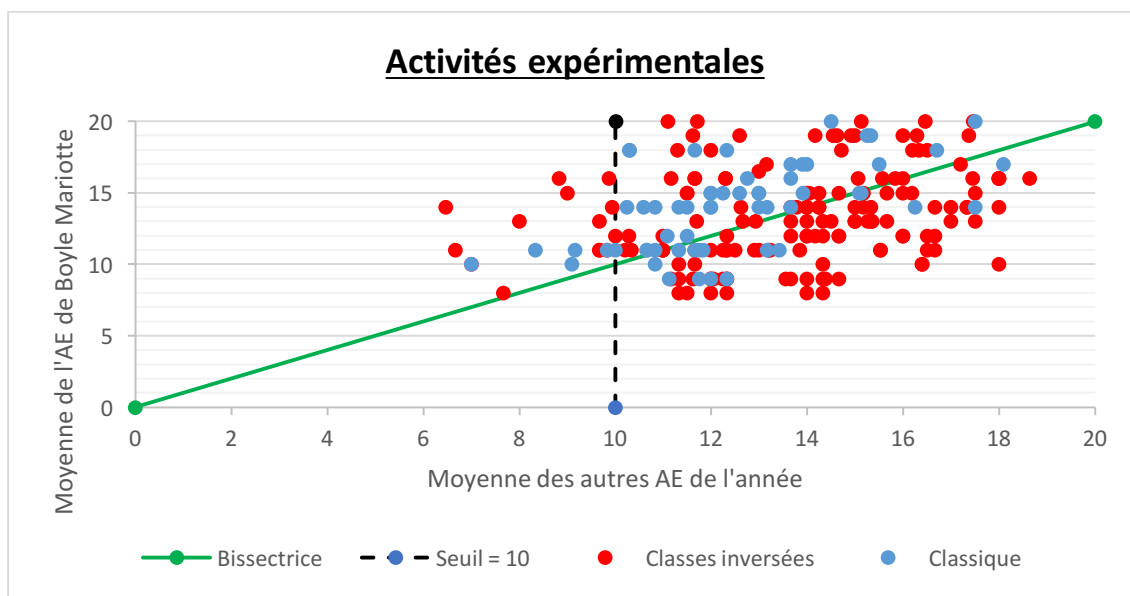
Une analyse de ce tableau permet de faire ressortir qu'aucune des pratiques pédagogiques n'a eu d'incidence positive sur la moyenne des classes au DS. Au niveau de la classe en pédagogie inversée avec PDF, le Z-test ne permet pas d'affirmer qu'il existe une différence significative entre les moyennes des élèves obtenues lors de ce DS et leur moyenne aux devoirs du reste de l'année, malgré une légère baisse des résultats. En revanche, nous remarquons que pour les deux autres types de pédagogies, la significativité est bien présente. Pour les classes (inversée vidéo et classique), les Z-tests ont fait ressortir une diminution significative ( $p=0,003$ ) des moyennes au DS par rapport aux moyennes des DS antérieurs (respectivement -1 point et -1,2 points), montrant ainsi que globalement ces classes ont moins bien réussi ce devoir surveillé. Plusieurs raisons peuvent expliquer cette baisse de moyenne : difficulté du DS, compétences pas assez acquises, inhomogénéité des indices de performances, accident de parcours, etc. Ainsi, malgré des résultats en baisse pour l'ensemble des classes à ce devoir, il en ressort que les élèves ayant suivi le chapitre en

pédagogie inversée avec comme support le PDF sont ceux dont la moyenne a le moins diminué. La disponibilité et la clarté des informations présentes sur le PDF tout au long du chapitre peuvent expliquer cette différence avec les autres classes. Jusqu'à maintenant, nous avons étudié les résultats et les progressions des élèves de manière générale afin de vérifier les hypothèses 3 et 4 qui portaient sur l'efficacité du support et de la pratique pédagogique sur un groupe d'élèves. Mais il serait pertinent de regarder plus en détail les résultats précédents afin d'analyser l'impact de la pratique pédagogique sur chacun des élèves. C'est pourquoi nous allons maintenant nous intéresser à la progression intra-élève.

### **2.2.5. Progression intra-élève**

La figure 4 ci-dessous compare, pour chaque élève, la note obtenue sur l'AE Boyle-Mariotte à sa moyenne obtenue le reste de l'année en AE. Si le point se situe en-dessous de la bissectrice verte, alors l'élève a eu une note inférieure à sa moyenne des AE. Plus le point est loin de la bissectrice, plus l'indice de performance (différence entre la note obtenue et la moyenne) est grand. La ventilation de ces indices de performances, pour chaque classe, selon l'évaluation, sont regroupés dans les annexes 25. Il est à noter que dans les graphiques qui suivront, les supports ne sont pas distingués, c'est-à-dire que l'on a regroupé les élèves ayant utilisé comme support en classe inversée un PDF et ceux ayant utilisé la vidéo (+animation) dans une même catégorie « classes inversées ». Le détail des graphiques pour chaque support est disponible en annexe 26. Une description complète de l'ensemble de ces graphes est regroupée dans le tableau 14 de la page suivante. Les pourcentages présentés correspondent aux pourcentages d'élèves qui ont eu de meilleurs résultats, selon le support et l'évaluation.





**Figure 4 :** Graphique représentant la moyenne de l'AE Boyle Mariotte en fonction de la moyenne de toutes les autres AE de l'année

L'hypothèse selon laquelle les élèves présentant des facilités ont régressé alors que les élèves les plus en difficulté ont progressé est confirmée en AE. En effet, l'analyse montre que pour les classes inversées, les élèves ayant une moyenne supérieure à 10 ont pour la plupart moins bien réussi cette AE que celles du reste de l'année. En revanche, on remarque la bonne progression des élèves ayant une moyenne inférieure à 10 aux AE.

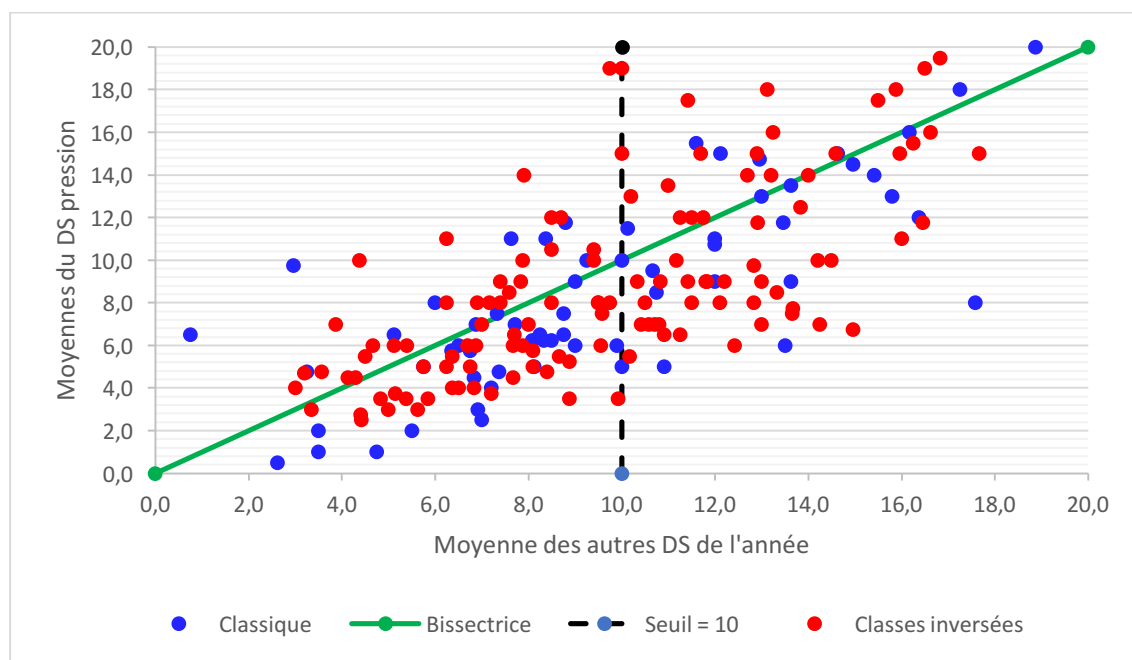
Progression	Vidéos		PDF		Classique	
	DS	AE	DS	AE	DS	AE
<b>De la classe</b>	<b>34,8%</b> (32/92)	<b>39,4%</b> (37/94)	<b>50%</b> (15/30)	<b>39,7%</b> (25/63)	<b>29,5%</b> (18/61)	<b>72,4%</b> (42/58)
<b>Elèves ayant une moyenne &lt; 10 le reste de l'année</b>	<b>39,2%</b> (20/51)	<b>100%</b> (8/8)	<b>60%</b> (9/15)	<b>100%</b> (6/6)	<b>29,7%</b> (11/37)	<b>100%</b> (6/6)
<b>Elèves ayant une moyenne &gt; 10 le reste de l'année</b>	<b>29,3%</b> (12/41)	<b>33,7%</b> (29/86)	<b>40%</b> (6/15)	<b>33,3%</b> (19/57)	<b>29,1%</b> (7/24)	<b>69,2%</b> (36/52)

**Tableau 14 :** Comparaison des progressions des moyennes des DS et AE pour les différentes pédagogies

On s'aperçoit que les élèves des classes inversées ont de moins bonnes notes pour cette AE que leur moyenne aux AE du reste de l'année avec seulement 39,4% des élèves pour les classes vidéo et 39,7% pour les classes PDF qui ont connu une progression. En revanche, c'est 72,4% des élèves des classes classiques qui ont de meilleurs résultats. L'activité expérimentale étant identique pour toutes les classes, on peut supposer que voir les notions avant, n'est pas un gage de savoir-faire expérimental, au contraire.

Si on considère les élèves ayant des moyennes en AE inférieures à 10 le reste de l'année, on voit que tous ont de meilleures notes (100%) et ce, peu importe la pédagogie utilisée. La pédagogie inversée n'a donc vraisemblablement pas eu d'impact significatif sur la progression des élèves initialement en difficulté. Il faut cependant relativiser ce nombre de 100%, car les élèves étaient très peu à être en-dessous de 10 initialement. Cependant, si on considère, ceux qui ont des moyennes supérieures à 10 le reste de l'année, on s'aperçoit que la pédagogie inversée aurait plutôt eu tendance à être néfaste. En effet, les élèves des classes classiques sont 69,2% à avoir obtenu de meilleurs résultats contre seulement 33,7% et 33,3% pour les classes inversées. L'hypothèse n°1 selon laquelle les élèves les plus en difficulté progressent avec la pédagogie inversée est validée mais ne peut être confirmée puisque c'est également le cas dans les classes classiques. On peut cependant confirmer la deuxième partie de cette hypothèse qui veut que les élèves ayant le plus de facilité ont tendance à régresser avec la mise en place de cette pédagogie.

La figure 5 compare, pour chaque élève, de chaque classe, la note obtenue au DS sur la pression, à sa moyenne des DS faits le reste de l'année.



**Figure 5:** Graphique représentant les moyennes obtenues sur le DS pression en fonction des moyennes obtenues des autres DS de l'année pour toutes les pédagogies

De manière générale, on s'aperçoit que la plupart des élèves ont obtenu de moins bonnes notes à ce DS que ce soit en classe classique ou inversée. Si l'on distingue les pédagogies (cf tableau 14), on voit qu'effectivement le taux moyen

d'élèves ayant progressé des classes classiques et vidéos n'est, en moyenne, que de 29,5% et 34,8% respectivement. Il représente 50% des élèves en classe inversée PDF. On remarque également que le pourcentage d'élèves ayant progressé au sein de chaque classe est toujours plus important pour les élèves qui ont, le reste de l'année, une moyenne aux DS inférieure à 10. Cette différence est d'autant plus marquée dans la classe inversée PDF pour laquelle 60% des élèves « en difficulté » ont progressé (contre 39,2% pour la classe inversée vidéo et 29,7% pour la classe classique), soit 20% de plus que ceux ayant, le reste de l'année, une moyenne aux DS supérieure à 10. De ce fait, le support PDF est aussi celui qui a permis le meilleur taux de progression pour ces derniers (40% contre 29,3% et 29,1%). On peut supposer que le PDF est peut-être le support le plus approprié à la compréhension et à la préparation de ce DS.

### **III. Discussion et limites**

#### **3.1. Discussion**

Hypothèse 1 : Les élèves présentant des facilités ont régressé alors que les élèves les plus en difficulté ont progressé.

Nous avons pu constater, lors de notre étude, que les élèves qui ont les moins bonnes notes en classe traditionnelle réussissent à les améliorer pour la totalité d'entre eux en activité expérimentale. Pour ce qui est des DS, on ne peut pas dire qu'une majorité ait progressé, mais on a noté qu'il y en avait plus, en termes de pourcentage, que les élèves qui présentent des facilités d'habitude. La régression d'une grande partie de ces derniers, est notable toute activité confondue. Cette tendance a aussi été observée par Faillet (2014), qui explique cela par le fait que « positionner la phase d'acquisition hors du temps scolaire peut dérouter les élèves que le système transmissif a valorisés ».

Même si les pratiques actuelles témoignent d'un enseignement plus constructiviste, la majorité de ce dernier reste tout de même effectuée en classe. Les élèves qui sont bien adaptés au système traditionnel en viennent donc à être perturbés, ils n'ont plus autant d'explications que d'habitude, sont livrés à eux-mêmes et sont, finalement, peut-être moins autonome que ceux qui ont des difficultés habituellement.

## Hypothèse 2 : Les résultats des élèves en classe inversée sont meilleurs qu'en classe traditionnelle

Dans la littérature, on peut voir que Faillet (2014) observe une amélioration des résultats pour un peu plus de 50% des élèves, lors du passage de la pédagogie classique à la pédagogie inversée. Son étude est basée sur une comparaison entre la pédagogie traditionnelle exercée pendant 8 chapitres et la pédagogie inversée sur les 7 chapitres suivants.

Pour les élèves de notre étude, la pédagogie inversée est une nouvelle méthode pédagogique. Comme toute nouvelle méthode, un temps d'adaptation peut être nécessaire avant que les résultats ne se fassent ressentir. C'est peut-être l'une des raisons qui font que, les résultats observés en pédagogie inversée, dans leur globalité, ne sont pas meilleurs qu'en pédagogie classique, dans notre cas. En effet, nous avons constaté une augmentation des résultats des élèves pour 42,4% d'entre eux. Le fait que nous ayons analysé des résultats issus seulement d'un chapitre, comparés au reste de l'année, ne leur a donc pas permis d'avoir le temps de s'adapter.

## Hypothèse 3 : Les élèves sont plus nombreux à progresser en classe inversée qu'en classe traditionnelle

Les résultats parlent d'eux-mêmes, il y a effectivement plus d'élèves, en termes de pourcentages, qui ont progressés en classe inversée, lorsqu'il s'agit des DS et des questionnaires. Ce n'est pas le cas lors des AE, pour lesquelles la tendance est inversée de manière flagrante.

Cette inversion de progression soulève des questions auxquelles nous n'avons, pour le moment, aucune proposition de réponse à apporter, si ce n'est que la pédagogie inversée, telle que nous l'avons pratiquée, n'est pas gage de savoir-faire expérimental. Faudrait-il mettre, dans les supports, des exemples d'expérience ?

Il aurait été intéressant de demander aux élèves ce qui les a perturbés, autant dans l'activité que dans le support.

#### Hypothèse 4 : Il y a une meilleure compréhension des notions par les élèves avec la vidéo.

Tout au long des questionnaires, la classe inversée vidéo a obtenu un meilleur taux de progression, ce qui laisse à penser que la vidéo a eu plus d'impact que le support PDF dans l'acquisition des compétences. Malgré cela, deux points sont à relever :

- Bien qu'ils soient ceux qui aient le plus progressés, les élèves en pédagogie inversée vidéo ont, en fin de chapitre, des résultats toujours inférieurs à ceux en pédagogie inversée PDF.
- Bien que le support vidéo ait permis à un plus grand nombre d'élèves, en termes de pourcentage, de progresser tout au long du chapitre, celui-ci n'a pas été le support le plus efficace, dans le cas du DS, où les notes ont plus diminué pour ceux qui l'ont utilisé que pour ceux qui ont travaillé avec le PDF.

Cela montre une certaine limite au support vidéo : ce dernier se base sur la prise de notes de l'élève, qui peut être plus ou moins exhaustive et complète, et pour laquelle l'efficacité à court terme semble correcte puisque les élèves ont encore en mémoire la vidéo, mais moins sur le long terme si la prise de notes et les résumés effectués sont incomplets. Il est aussi important de rappeler que :

- Le PDF a pu être imprimé par les élèves, qui ont donc pu suivre les séances en classe avec, alors que ceux qui ont visionné la vidéo n'avaient que leur prise de notes pour les aider.

Les élèves ayant travaillé en pédagogie inversée PDF étaient, initialement, meilleurs que ceux qui ont travaillé en pédagogie inversée vidéo.

### **3.2. Limites et points faibles de l'étude**

Par souci de respect des consignes, le questionnaire 4 de satisfaction n'a pas été intégré à l'étude, car son analyse nous aurait amené à dépasser le seuil de pages autorisées. Celle-ci est proposée en annexe 27.

L'étude a demandé de la part des élèves un investissement important. En effet, ils ont dû remplir quatre questionnaires, comportant un nombre conséquent de questions, car nous avons besoin d'évaluer le niveau d'acquisition des

compétences à différents moments clés de l'étude. En temps normal, lors de la mise en place d'une pédagogie inversée, un seul de ces questionnaires aurait été rempli (celui situé après le visionnage des supports). Cela peut expliquer la chute du taux de participation des élèves au fur et à mesure des questionnaires (passant de 95,1% au questionnaire 1 à 78,7% au questionnaire 3) et le sentiment « chronophage » des devoirs à la maison ressenti par les élèves (cf questionnaire 4). La pédagogie inversée a été mise en place pour la première fois, pour cette étude, dans les classes n° 1, 2, 3, 4 et 6. Cela a perturbé une partie des élèves car cette approche est différente de celle habituellement pratiquée et ils ont eu du mal à cerner les intérêts de cette pédagogie. Ces derniers ont notamment visionné les supports la veille de la séance en classe, contrairement au principe même de la pédagogie inversée (qui veut que les supports, au besoin, soient visionnés plusieurs fois et sur plusieurs jours, afin de s'adapter au rythme de chacun) et des conseils prodigués par les enseignants à ce sujet (cf questionnaire 4).

L'enseignant a pu avoir une influence au moment des retours en classe sur les supports et l'évaluation. Celle-ci a été réduite un maximum par la création de grilles communes de correction.

Le DS mis en place en fin de séquence s'est avéré plus compliqué que prévu pour les élèves. Ces derniers ont surtout rencontré un manque de temps au vu de la longueur du DS et des difficultés au vu du niveau de certaines questions.

Pour respecter les délais imposés, nous avons dû choisir les classes qui seraient inversées avant l'analyse du questionnaire 1. Il aurait été intéressant de mettre les classes les plus en difficulté en pédagogie inversée car la littérature a montré que les élèves en difficulté avaient une meilleure progression lorsqu'ils pratiquaient la pédagogie inversée.

## Conclusion

---

De nos jours, l'éducation met l'accent sur l'émergence du savoir par les élèves au travers d'une grande diversité d'activités. Dans la littérature, il existe peu d'études sur la pédagogie inversée. Le but de notre travail était de mettre en pratique cette nouvelle façon d'enseigner et de varier les supports de cours afin de déterminer leur influence sur l'apprentissage des compétences.

Les questionnaires, proposés à différents stades de l'apprentissage, et leur analyse statistique font ressortir que les élèves habituellement en difficulté sont plus nombreux à avoir progressé que les « bons » élèves, qui sont moins performants, dans l'ensemble, avec cette méthode de travail. L'efficacité des différentes pédagogies a été démontrée grâce à l'analyse des progressions des élèves. La pédagogie inversée s'est avérée plus pertinente que la pédagogie classique dans le cadre des questionnaires et des DS, mais pas en AE. De plus, nous avons pu constater l'influence de la variabilité du registre sémiotique dans l'apprentissage des notions par l'utilisation des supports vidéo et PDF. Pour la plupart des compétences, l'augmentation du taux de bonnes réponses a été plus importante pour les élèves ayant comme support la vidéo, confirmant seulement partiellement notre hypothèse de base, puisque cela n'est le cas qu'aux questionnaires. Ainsi, ces résultats sont en accord avec la littérature.

## Perspectives

---

Chaque élève doit construire son apprentissage et l'enseignant est là pour s'adapter et développer son épanouissement personnel. Aujourd'hui, au vu de la diversité des élèves, il est impossible de pratiquer une seule pédagogie pendant une année scolaire. Les résultats de cette étude nous ont permis de comprendre qu'il y a une infinité de combinaisons possibles pour l'utilisation de cette pédagogie. Ainsi, il apparaît nécessaire de varier les supports afin de répondre aux besoins de chaque élève. Même si les élèves ont tendance à favoriser les vidéos (cf les résultats du questionnaire 4, situés en annexe 27), le support PDF pourrait être plus approprié pour certaines notions. Dans ce but, l'adaptation des supports à chaque élève permettrait une utilisation optimale de la pédagogie inversée avec comme condition que le support soit consultable à n'importe quel moment dans l'année. Il serait intéressant de réaliser un autre travail sur le sujet.

## Bibliographie

---

- Baillat, G., & Espinoza, O. (2006). L'attachement des maîtres de l'école primaire à la polyvalence : le coeur a ses raisons.... *Revue des sciences de l'éducation*, 32(2), 283-305. <https://doi.org/10.7202/014409ar>
- Bélanger, D. (2013). Un exemple appliqué de classe inversée. *Pédagogie Collégiale*, 27(1), 9-13.
- Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: reach every student in every class every day*. Eugene, Or: International Society for Technology in Education.
- Bissonnette, S., & Gauthier, C. (2012). Faire la classe à l'endroit ou à l'envers ? *Formation et profession*, 20(1), 23-28.
- Bon, D. (2004). *Dictionnaire des termes de l'éducation*. Paris: Éditions De Vecchi.
- Créjut, T. (2015). *Rôle et usage des TICE dans la pédagogie inversée* (Mémoire professionnel M2 MEEF). ESPE Créteil. Consulté à l'adresse <https://cregut20.fr/la-classe-inversee/memoire-role-et-usage-des-tice-dans-la-pedagogie-inversee>
- Dollmeyer Clin, S. (2015). *Expérience de la classe inversée en Seconde: simple inversion des espaces spatio-temporels ou levier de développement des apprentissages* (Mémoire professionnel M2 MEEF). ESPE Grenoble. Consulté à l'adresse <http://dumascsd.cnrs.fr/dumas-01280761>
- Dufour, H. (2014). La classe inversée. *Technologie*, (193), 44-47.



- Eduscol. (2015, 2016). *Classes inversées - Travail collaboratif - Physique-Chimie*. Consulté 13 décembre 2016, à l'adresse <http://eduscol.education.fr/physique-chimie/enseigner/ressources-et-usages-numeriques/travaux-academiques-mutualises-traam/classes-inversees-travail-collaboratif-2015-2016.html>
- Faillet, V. (2014). La pédagogie inversée: Recherche sur la pratique de la classe inversée au lycée. *STICEF*, 21, 651-665.
- Habert, P., Loos, P., & Rigat, P. (2016). Lettre de rentrée 2016-2017 des IA-IPR de physique-chimie de l'académie d'Aix-Marseille.
- Haut Conseil de l'Éducation. (2016). *Recommandations pour le socle commun*.
- Hebel, F. L., Montpied, P., & Fontanieu, V. (2014). Les attitudes des élèves de 15 ans en France à propos des sciences. *RDST*, (10), 183-212. <https://doi.org/10.4000/rdst.950>
- Larousse, É. (s. d.). Définitions : support - Dictionnaire de français Larousse. Consulté 16 décembre 2016, à l'adresse <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/support/75529>
- Lebrun, M. (2015). L'école de demain: entre MOOC et classe inversée. *Economie et management*, (156), 41-47.
- Lebrun, M. (2016, janvier). Essai de modélisation et de systémisation du concept de Classes inversées. Consulté 4 décembre 2016, à l'adresse <http://lebrunremy.be/WordPress/?p=740>

- Manon, A. (2016). *Quels sont les effets de la classe inversée sur les performances des élèves?* (Mémoire professionnel M2 MEEF). ESPE Grenoble. Consulté à l'adresse <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01366872>
- Mazur, E. (1997). *Peer instruction: a user's manual*. Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall.
- Mazur, E. (1999). Chaos in the classroom? Consulté à l'adresse <http://mazur.harvard.edu/research/detailspage.php?rowid=8>
- Ministère de l'Éducation nationale. (2010). *Bulletin officiel spécial n° 4 du 29 avril 2010 - Programme de physique-chimie en classe de seconde générale et technologique*. Consulté à l'adresse [http://media.education.gouv.fr/file/special\\_4/72/9/physique\\_chimie\\_143729.pdf](http://media.education.gouv.fr/file/special_4/72/9/physique_chimie_143729.pdf)
- Morel, C. (2015). *Mise en pratique de la classe inversée en Sciences Physiques et Chimiques au collège* (Mémoire professionnel M2 MEEF). ESPE Aix-Marseille.
- Reuchlin, M. (1983). *Les méthodes en psychologie* (6. éd). Paris: Pr. univ. de France.
- Service de soutien à la formation de l'Université de Sherbrooke. (2011). Faire la classe mais à l'envers : la flipped classroom. Consulté à l'adresse <http://www.usherbrooke.ca/ssf/veille-old/numeros-precedents/novembre-2011/le-ssf-veille/faire-la-classe-mais-a-lenvers-la-flipped-classroom/>

## Liste des figures

---

<b>Figure 1:</b> Taux de réponses justes en fonction de chaque question pour les questionnaires 1, 2 et 3.....	21
<b>Figure 2:</b> Taux de progression des réponses justes entre le questionnaire 1 et 2, en fonction des compétences pour la pédagogie inversée .....	22
<b>Figure 3:</b> Taux de progression des bonnes réponses entre le questionnaire 1 et 3 .....	24
<b>Figure 4 :</b> Graphique représentant la moyenne de l'AE Boyle Mariotte en fonction de la moyenne de toutes les autres AE de l'année .....	29
<b>Figure 5:</b> Graphique représentant les moyennes obtenues sur le DS pression en fonction des moyennes obtenues des autres DS de l'année pour toutes les pédagogies.....	30

## Liste des tableaux

---

<b><u>Tableau 1</u></b> : Classement des compétences en différentes catégories .....	14
<b><u>Tableau 2</u></b> : Répartition des classes en fonction du type de pédagogie et du support utilisés .....	15
<b><u>Tableau 3</u></b> : Caractéristiques de la population de l'étude.....	15
<b><u>Tableau 4</u></b> : Types et objectifs de chaque question du questionnaire 1,2,3.....	16
<b><u>Tableau 5</u></b> : Répartition des questions par compétences.....	16
<b><u>Tableau 6</u></b> : Taux de participation au questionnaire 1 des élèves en fonction de la pédagogie pratiquée.....	19
<b><u>Tableau 7</u></b> : Taux de participation des élèves au questionnaire 2 en fonction de la pédagogie pratiquée.....	19
<b><u>Tableau 8</u></b> : Taux de participation des élèves au questionnaire 3 en fonction de la pédagogie pratiquée.....	19
<b><u>Tableau 9</u></b> : Taux de participation des élèves au questionnaire de satisfaction en fonction de la pédagogie pratiquée .....	19
<b><u>Tableau 10</u></b> : Progression globale des élèves entre le questionnaire 1 et 2 pour les deux types de pédagogie inversée .....	23
<b><u>Tableau 11</u></b> : Progression globale des élèves entre le questionnaire 1 et 3 pour toutes les pédagogies .....	25
<b><u>Tableau 12</u></b> : Différence des moyennes entre les activités expérimentales de l'année et l'activité expérimentale de Boyle-Mariotte (toute pédagogie)....	26
<b><u>Tableau 13</u></b> : Différence des moyennes entre les devoirs surveillés de l'année et le devoir surveillé portant sur le chapitre pression (toute pédagogie).....	27
<b><u>Tableau 14</u></b> : Comparaison des progressions des moyennes des DS et AE pour les différentes pédagogies .....	29

## Liste des Annexes

---

Annexe 1 : Questionnaires disciplinaires n° 1, 2 et 3 .....	43
Annexe 2 : Bulletin officiel du programme de physique chimie niveau 2 <sup>nde</sup> générale .....	45
Annexe 3 : Liens des vidéos et animation pour la pédagogie inversée .....	46
Annexe 4 : Support PDF pour la classe inversée.....	47
Annexe 5 : Questionnaire n°4 : retour d'expérience (RETEX) .....	51
Annexe 6 : Type et objectif pour chaque question du questionnaire n°4 .....	54
Annexe 7 : Activité expérimentale « Loi de Boyle-Mariotte » .....	55
Annexe 8 : Devoir surveillé Pression.....	58
Annexe 9 : Capture d'écran du programme utilisé pour traiter l'évaluation de l'activité expérimentale .....	62
Annexe 10 : Tableau d'organisation des séances et activités.....	63
Annexe 11 : Taux de bonnes réponses compétence n°1.....	72
Annexe 12 : Taux de bonnes réponses compétence n°2 : loi de l'hydrostatique .....	75
Annexe 13 : Taux de bonnes réponses compétence n°3 : loi de Boyle-Mariotte .....	77
Annexe 14 : Taux de bonnes réponses compétence n°4 : solubilité d'un gaz ..	80
Annexe 15 : Tests statistiques pour le questionnaire n°1 .....	83
Annexe 16 : Tests statistiques pour le questionnaire n°2 .....	86
Annexe 17 : Tests statistiques pour le questionnaire n°3 .....	88
Annexe 18 : Taux de progression des bonnes réponses entre le questionnaire 1 et le questionnaire 2 (effet du support) .....	91
Annexe 19 : Z-Tests pour le questionnaire n°1 et le questionnaire n°2 pour les pédagogies inversées .....	92

Annexe 20 : Taux de progression des bonnes réponses entre le questionnaire 1 et le questionnaire 3 (effet de la pédagogie).....	93
Annexe 21 : Z-Tests pour le questionnaire n°1 pour toutes les pédagogies.....	94
Annexe 22 : Z-Tests pour le questionnaire n°3 pour toutes les pédagogies.....	94
Annexe 23 : Taux de progression des bonnes réponses entre le questionnaire 2 et le questionnaire 3.....	95
Annexe 24 : Les tableaux regroupant les différents Z-tests, sur échantillons indépendants, des classes prises deux à deux.....	96
Annexe 25 : Ventilation du niveau des élèves en fonction de l'indice de performance .....	98
Annexe 26 : Graphiques représentant la différence des moyennes entre l'AE Boyle Mariotte et les autres AE de l'année, la différence des moyennes entre le DS Pression et les autres DS de l'année pour les trois pédagogies ....	101
Annexe 27 : Analyse détaillée du questionnaire n°4 .....	104

## Annexes

### Annexe 1 : Questionnaires disciplinaires n° 1, 2 et 3

1. Qu'est-ce qu'un fluide ? \_\_\_\_\_
2. Dans un fluide, les molécules sont :
  - Immobiles
  - En mouvement
  - Cela dépend des conditions
3. Qu'appelle-t-on force pressante :
  - La force résultante de l'ensemble des forces exercées par les molécules sur une surface
  - La force exercée par la pression sur une surface
  - La force exercée par les molécules les unes entre les autres
4. Comment définit-on la pression ?
  - $P = F \cdot S$
  - $P = S / F$
  - $P = F / S$
5. Prenons l'exemple d'un marcheur de masse  $m = 60 \text{ kg}$  en raquette dans la neige. Quelle est la valeur de la force pressante exercée par une raquette sur la neige ? Justifiez.  
*On considèrera que tout le poids du marcheur s'applique sur une raquette.*  
*Donnée :  $g = 10 \text{ N/kg}$*   
\_\_\_\_\_
6. Sachant qu'une raquette a une surface de  $0,2\text{m}^2$ , quelle pression est exercée par la raquette sur la neige ? Justifiez. \_\_\_\_\_
7. La pression s'exprime en ... Plusieurs réponses possibles.
  - Newton (N)
  - Pascal (Pa)
  - Kelvin (K)
  - Newton mètre moins 2 ( $\text{N}\cdot\text{m}^{-2}$ )
  - Newton par mètre au carré ( $\text{N}/\text{m}^2$ )
  - Atmosphère (atm)
  - Bar (bar)
  - Mètre (m)
  - Pascal par mètre carré
  - Mètre
  - Pascal par mètre carré ( $\text{Pa}/\text{m}^2$ )
  - Degré Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ )
8. La loi de l'hydrostatique nous dit que :
  - $P = \rho g z + P_{atm}$
  - $P = \rho g z$
  - $P = cte$
9. Comment varie la pression atmosphérique en fonction de l'altitude ?
  - Augmente si l'altitude augmente
  - Augmente si l'altitude diminue
  - Diminue si l'altitude augmente
  - Reste constante quel que soit l'altitude
10. Comment varie la pression de l'eau en fonction de la profondeur ?
  - Augmente si la profondeur augmente
  - Augmente si la profondeur diminue
  - Reste constante quel que soit la profondeur
11. Proposez une explication.  
\_\_\_\_\_
12. La loi de Boyle Mariotte s'écrit :
  - $P / V = cte$
  - $P = cte$
  - $PV = cte$
13. Cette loi est :
  - Indépendante de la pression du gaz
  - Indépendante de la nature du gaz
  - Indépendante du volume du gaz
14. Vidéos : D'après l'animation de la seringue et de la loi de Boyle Mariotte, on peut affirmer que :  
*Plusieurs réponses possibles.*
  - Lorsque le volume diminue, la pression diminue
  - Lorsque le volume augmente, la pression diminue
  - Lorsque la pression augmente, le volume diminue
  - Lorsque le volume varie, la pression reste toujours constante
  - Aucune réponse ne convient
14. Classe traditionnelle / PDF : D'après la loi de Boyle Mariotte, on peut affirmer que :  
*Plusieurs réponses possibles.*
  - Lorsque le volume diminue, la pression diminue
  - Lorsque le volume augmente, la pression diminue
  - Lorsque la pression augmente, le volume diminue
  - Lorsque le volume varie, la pression reste toujours constante
  - Aucune réponse ne convient

**15. On considère un volume  $V_1$  de 3,0 L d'air sous une pression  $P_1$  de 10000 Pa. L'air est comprimé de sorte que sa pression devient  $V_2 = 1,0$  L. Quelle est sa nouvelle valeur  $P_2$  de sa pression ? Justifiez.**

---

**16. Qu'est-ce que la solubilité d'un gaz ? \_\_\_\_\_**

**17. La solubilité d'un gaz dans un liquide dépend de la pression :**

- Jamais
- Parfois
- Toujours

**18. La quantité maximale de gaz dissous dans un liquide :**

- Augmente si la pression augmente
- Diminue si la pression augmente
- Peut augmenter ou diminuer si la pression augmente



**Annexe 2 : Bulletin officiel du programme de physique chimie  
niveau 2<sup>nd</sup>e générale**

**B.O.** Bulletin officiel spécial n° 4 du 29 avril 2010

NOTIONS ET CONTENUS	COMPÉTENCES ATTENDUES
<b>La pression</b> : la pression est une grandeur physique qui permet de comprendre l'influence de l'altitude sur les performances sportives et les effets physiologiques ressentis en plongée subaquatique.	
<p>Pression d'un gaz, pression dans un liquide. Force pressante exercée sur une surface, perpendiculairement à cette surface.</p> <p>Pression dans un liquide au repos, influence de la profondeur.</p> <p>Dissolution d'un gaz dans un liquide. Loi de Boyle-Mariotte, un modèle de comportement de gaz, ses limites.</p>	<p>Savoir que dans les liquides et dans les gaz la matière est constituée de molécules en mouvement. Utiliser la relation <math>P = F/S</math>, F étant la force pressante exercée sur une surface S, perpendiculairement à cette surface.</p> <p>Savoir que la différence de pression entre deux points d'un liquide dépend de la différence de profondeur. Savoir que la quantité maximale de gaz dissous dans un volume donné de liquide augmente avec la pression. Savoir que, à pression et température données, un nombre donné de molécules occupe un volume indépendant de la nature du gaz. <i>Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesures.</i></p>

### **Annexe 3 : Liens des vidéos et animation pour la pédagogie inversée**

- 1<sup>ère</sup> vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=G49XYpIMQU0>

Propriétaire de la vidéo : Adrien Arienti

- 2<sup>ème</sup> vidéo : <https://www.youtube.com/watch?v=153iB7hGTig>

Propriétaire de la vidéo : Les Bons Profs

- Animation : [http://sciences-physiques-moodle.ac-orleans-tours.fr/moodle/pluginfile.php/2238/mod\\_resource/content/2/Chap03-DescriptionMoleculaire/01-curieux/curieux03.htm](http://sciences-physiques-moodle.ac-orleans-tours.fr/moodle/pluginfile.php/2238/mod_resource/content/2/Chap03-DescriptionMoleculaire/01-curieux/curieux03.htm)

[Propriétaire de l'animation : Académie d'Orléans Tours](#)

## Annexe 4 : Support PDF pour la classe inversée

### Chapitre 1 : La pression

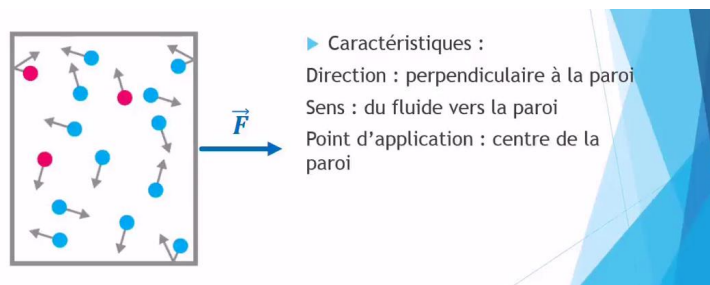
#### I. Qu'est ce que la pression ?

Les fluides (espèce chimique ou ensemble d'espèces chimiques liquides ou gazeuses) sont constitués de molécules en mouvement incessant et désordonné. Lorsqu'un fluide au repos est en contact avec une paroi, il exerce sur elle une force pressante dont la direction est perpendiculaire à la surface et dont le sens va du fluide vers la paroi. Cette force est due aux chocs entre les molécules et les parois.

Cette force pressante exercée par un fluide sur une paroi, dépend de la pression du fluide et de la surface de la paroi.

La pression  $P$  d'un fluide au repos en contact par un fluide sur une paroi est le rapport entre la valeur de la force exercée par le fluide et la surface du corps sur lequel s'exerce cette force.

$$P = F/S \quad \text{avec } P \text{ Pression en Pascal (Pa) ou en Newton par mètre carré (N.m}^{-2}\text{)}$$
$$F \text{ force en Newton (N)}$$
$$S \text{ surface en mètre carré (m}^2\text{)}$$



La pression a pour unité le pascal (Pa). Usuellement, on utilise davantage en météorologie l'hectopascal (hPa) ou le bar (bar) en plongée.

$$1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ hPa} = 1 \times 10^2 \text{ Pa}$$

La pression atmosphérique est la pression qu'exerce l'air qui nous entoure. Elle dépend de l'altitude à laquelle la mesure est faite. Au niveau de la mer (altitude 0 m) elle est d'environ 1013 hPa alors qu'au sommet de l'Everest elle est de 0,315 hPa.

## II. Comment déterminer la pression d'un liquide ?

La masse volumique est notée  $\rho$ .

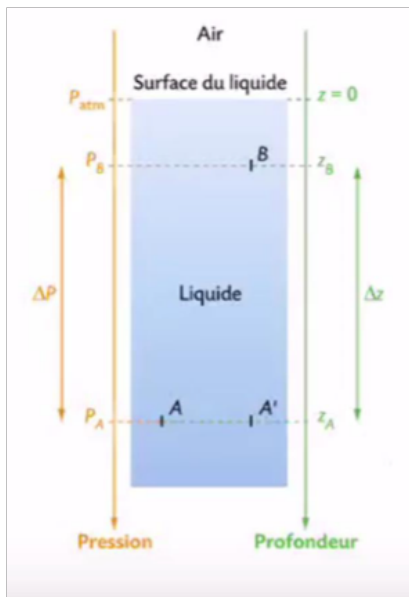
Elle est définie par  $\rho = m/V$  avec  $\rho$  masse volumique en  $\text{kg}/\text{m}^3$      $m$  masse en  $\text{kg}$   
 $V$  volume en  $\text{m}^3$

La pression  $P$  de l'eau augmente avec la profondeur.

$$P = \rho \times g \times z + P_{\text{atm}}$$

$P_{\text{atm}}$  est la pression à la surface du liquide c'est-à-dire à une profondeur  $z = 0$  m.

La pression  $P$  en un point d'un liquide au repos peut être calculée à partir de la relation :



Les pressions  $P_A$  et  $P_{A'}$  en deux points  $A$  et  $A'$  situés à la même profondeur dans un fluide sont :

$$P_A = \rho \times g \times z_A + P_{\text{atm}}$$

$$P_{A'} = \rho \times g \times z_{A'} + P_{\text{atm}}$$

Comme  $A$  et  $A'$  sont à la même profondeur, c'est-à-dire  $z_A = z_{A'}$ , on peut en conclure que pour deux points situés à la même profondeur les pressions sont identiques.

Les pressions  $P_A$  et  $P_B$  en deux points  $A$  et  $B$  situés à deux profondeurs différentes dans un fluide sont :

$$P_A = \rho \times g \times z_A + P_{\text{atm}}$$

$$P_B = \rho \times g \times z_B + P_{\text{atm}}$$

La différence de pression entre ces deux points est donc :

$$P_A - P_B = \rho \times g \times z_A + P_{atm} - \rho \times g \times z_B - P_{atm}$$


$$P_A - P_B = \rho \times g \times (z_A - z_B)$$

Donc avec  $\Delta P = P_A - P_B$  on a

$$\Delta P = \rho \times g \times \Delta z$$

$\Delta P = P_A - P_B$   
 exprimé en pascal (Pa)

$\Delta z = z_A - z_B$   
 exprimé en mètre (m)



### III. Quel est l'effet de la pression sur un gaz

- Loi de Boyle-Mariotte : A température constante, un nombre donné de molécules de gaz est tel que le produit de la pression P de ce gaz par le volume V qu'il occupe est constant :

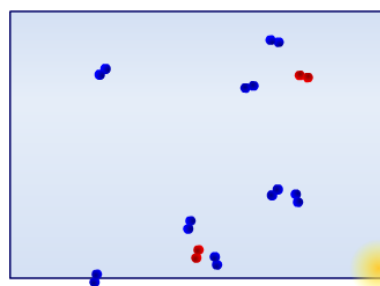
$$P \times V = \text{constante} \quad \text{avec } P \text{ pression en Pa}$$

$$V \text{ volume en m}^3$$

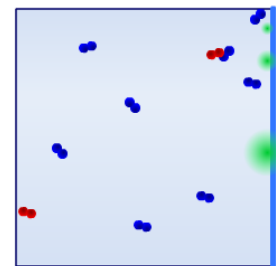
Cette loi étant indépendante de la nature du gaz, on peut écrire que : A pression et à température fixée, un nombre donné de molécules de gaz occupe un volume indépendant de la nature du gaz.

Comme il a été dit précédemment, la pression est due aux chocs entre molécules et parois. Quand le volume diminue, les molécules sont toujours aussi nombreuses, se déplacent toujours aussi vite, mais comme elles se déplacent dans un espace plus petit, les chocs avec les parois sont plus fréquents.

Comme les chocs sont plus fréquents, la pression augmente.



Nombre de chocs sur le côté droit de l'enceinte 119



Nombre de chocs sur le côté droit de l'enceinte 166

- Solubilité d'un gaz

La solubilité d'un gaz est l'aptitude d'un gaz à se dissoudre dans un liquide. Elle dépend de la pression  $P$  et de la température  $T$ .

La quantité maximale de gaz dissous dans un volume donné de liquide augmente avec la pression.

**Exemple :**

Lors d'une plongée, le diazote et le dioxygène de l'air sont d'autant plus dissous dans le sang que la pression est importante. Le dioxygène est consommé par le corps humain mais pas le diazote. C'est pour cela qu'il peut se former des bulles dans le sang lors de la remontée. C'est pour cela que le plongeur doit faire des paliers lorsqu'il remonte à la surface.

## **Annexe 5 : Questionnaire n°4 : retour d'expérience (RETEX)**

1. **Combien de temps travailles-tu chaque soir à la maison ?**
  - Moins d'une heure
  - Entre une heure et deux heures
  - Entre deux heures et trois heures
  - Plus de trois heures
2. **Combien de temps travailles-tu la physique chimie par semaine en moyenne ?**
  - Entre 0 et 30 minutes
  - Entre 30 minutes et 1 heure
  - Entre 1h et 2h
  - Entre 2h et 3h
  - 3h et plus
3. **Quel est ton intérêt pour la physique et chimie ?**
  - Pas intéressé
  - Peu intéressé
  - Plutôt intéressé
  - Très intéressé
4. **Rythme en classe traditionnelle (classe non inversée) :**
  - Très lent
  - Lent
  - Adéquat
  - Rapide
  - Très rapide
5. **Le cours inversé sur le chapitre de la pression m'a obligé à travailler régulièrement la physique chimie dans la semaine :**
  - Pas du tout
  - Plutôt pas d'accord
  - Plutôt d'accord
  - Complètement d'accord
6. **La classe inversée est plus motivante pour moi que la classe dite plutôt « traditionnelle » :**
  - Pas du tout
  - Plutôt pas d'accord
  - Plutôt d'accord
  - Complètement d'accord
7. **La classe inversée m'a aidé à me sentir plus à l'aise en classe :**
  - Pas du tout
  - Plutôt pas d'accord
  - Plutôt d'accord
  - Complètement d'accord
8. **La classe inversée est une approche pédagogique efficace pour l'apprentissage de la physique chimie :**
  - Pas du tout
  - Plutôt pas d'accord
  - Plutôt d'accord
  - Complètement d'accord
9. **J'aimerais suivre d'autres chapitres en mode classe inversée :**
  - Oui
  - Non
10. **Selon toi, quels sont les points forts de cette nouvelle approche ? (Cinq au maximum)**
11. **Selon toi, quels sont les points négatifs de cette nouvelle approche ? (Cinq au maximum)**
12. **Que proposes-tu pour améliorer cette méthode ?**
13. **Si d'autres élèves devaient vivre un cours inversé, quel(s) conseil(s) leur donnerais-tu pour les aider à réussir dans une classe en format inversé ?**
14. **As-tu aisément accès à internet à la maison ?**
  - Oui
  - Non

15. Avec quoi as-tu regardé le PDF de cours/ les vidéos et animations ?

- Un ordinateur fixe à la maison
- Un ordinateur fixe au CDI
- Ton ordinateur portable donné par le conseil général
- Ton smartphone
- Le smartphone de tes parents
- Une tablette
- Autre

16. Si autre, préciser le support :

17. Comparativement au cours de sciences donné en mode plus traditionnel, la charge de travail associée à notre cours en format « classe inversée » est :

- Beaucoup moins élevé
- Moins élevé
- Comparable
- Plus élevé
- Beaucoup plus élevé

18. Selon toi, le fait de regarder PDF/les vidéos et l'animation de cours avant la séance était :

- Pas du tout important
- Peu important
- Important
- Très important

19. Revisionnes-tu le PDF/les vidéos et l'animation de cours avant de venir en classe ?

- Pas du tout
- Parfois
- Souvent
- Toujours

20. Selon toi, combien de minutes totales de préparation avant un cours as-tu consacrées en moyenne pour la lecture du PDF/des vidéos et de l'animation ?

- Moins de 15 minutes
- 15 à 30 minutes
- 30 à 45 minutes
- 45 à 60 minutes
- Autre

21. Si autre, précisez votre temps au quart d'heure près :

22. Le PDF/les vidéos de cours utilisé(es) dans le cours inversé m'a aidé à comprendre les notions présentées ?

- Pas du tout
- Très faiblement

23. D'après toi, la durée de lecture du PDF/des vidéos de cours a été :

- Trop longue
- Longue
- Adéquate
- Courte
- Trop courte

24. Combien de fois as-tu lu le PDF/visionné les vidéos de cours en entier avant de venir en cours ?

25. Selon toi, le rythme utilisé dans la vidéo est :

- Trop lent
- Lent
- Adéquat
- Rapide
- Très rapide

26. D'après toi, le retour en classe des notions présentées dans le PDF/les vidéos de cours a été

- Trop long
- Long
- Adéquat
- Rapide
- Très rapide

27. Les périodes d'exercices en classe en présence du professeur me sont :

- Très utiles
- Utiles
- Peu utiles
- Pas du tout utiles

28. Est-ce que tu t'es senti plus investi dans les activités proposées en classe ?

- Oui
- Non

29. En classe inversée, estimes-tu avoir plus collaboré avec tes camarades ?

- Pas du tout
- Plutôt pas d'accord
- Plutôt d'accord
- Complètement d'accord

30. En classe inversée, as-tu aimé collaborer avec tes camarades ?

- Oui
- Non



- Faiblement
- Moyennement
- Plutôt bien
- Bien
- Très bien

**31. La collaboration avec tes camarades lors des travaux de groupe t'a aidé à mieux assimiler les différentes notions en classe inversée.**

- Pas du tout
- Plutôt pas d'accord
- Plutôt d'accord
- Complètement d'accord

**32. En classe inversée, estimes-tu avoir été plus à l'aise pour la prise de parole avec ton enseignant devant la classe ?**

- Pas du tout
- Un peu
- Moyennement
- Beaucoup

**33. En classe, t'es-tu senti plus autonome ?**

- Oui
- Non

**34. Quelles sont tes remarques à faire sur la classe inversée ?**

**Annexe 6 : Type et objectif pour chaque question du questionnaire n°4**

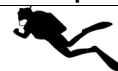
<b>Types</b> \ <b>Objectifs</b>	<b>Ressenti</b>	<b>Motivation</b>	<b>Autre</b>	<b>Améliorations ou conseils</b>
<i>Fermées</i>	4 ;7 ;8 ;9 ;17 ;18 ;22 ; 23 ;25 ;26 ;27 ; 29 ; 30 ; 31 ;32 ;33	3 ; 5 ; 6 ;28	1 ;2 ;14 ;15 ;19 ; 20	
<i>Ouvertes</i>	10 ; 11		24	12 ;13 ; 34
<i>Semi-ouvertes</i>			16 ;21	

# Annexe 7 : Activité expérimentale « Loi de Boyle-Mariotte »

Chapitre 11 : La pression

Thème : La pratique du sport  
Sous thème : La pression

## LOI DE BOYLE-MARIOTTE



**Support :** Logiciel LatisPro/ Atelier scientifique + Seringue + Manomètre + Tuyau de raccordement



### Objectifs :

- ✓ Réaliser un protocole, effectuer des mesures avec précisions, reporter un point sur un tableau et une courbe.
- ✓ Pratiquer une démarche expérimentale afin de déterminer un modèle à partir d'une série de mesures
- ✓ Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesure.
- ✓ Utiliser et exploiter des observations et des mesures. Valider une loi. Modélisation.

La plongée sous-marine consiste, en général, à explorer le monde sous-marin équipé d'un scaphandre autonome spécifique composé généralement d'une combinaison isothermique, d'un masque, de palmes et, à la différence de la plongée en apnée, d'une bouteille de plongée, d'un détendeur.

La plongée de loisir a pour but principal de découvrir le monde sous-marin, sa faune, sa flore, sa beauté, son univers sonore particulier. Il existe également des activités spécifiques, notamment professionnelles, liées à la plongée (moniteur de plongée par exemple). Ainsi, un plongeur peut être spéléologue, biologiste, scaphandrier offshore, plongeur de combat, plongeur démineur, photographe, archéologue, chercheur d'épave, etc.

Malheureusement, cette activité n'est pas sans risque. Un des accidents pouvant arriver en plongée sous-marine est la surpression pulmonaire. Ce phénomène est caractérisé par différents symptômes qui sont : une douleur vive et brève (déchirure), la toux et le crachat de sang, l'arrêt ventilatoire, la perte de sensibilité, de la motricité droite ou gauche et, pour finir, l'arrêt cardiaque.



**But :** A travers l'activité d'aujourd'hui, on cherchera à déterminer l'origine de ce phénomène, dans quelles conditions il apparait et, surtout, déterminer les gestes à effectuer afin d'éviter d'être en surpression pulmonaire.

### I. À la découverte de la loi de Boyle-Mariotte

- 1) **ANA** -> A l'aide du matériel à votre disposition, proposez un protocole expérimental permettant de mesurer la pression en fonction du volume.
- 2) **ANA** -> Quel volume doit être pris en compte dans l'expérience réalisée ? Calculez ce volume.
- 3) **REA** -> Réalisez le protocole. Rentrez les valeurs mesurées dans un tableau (2 colonnes), en respectant les unités du Système International.
- 4) **ANA** -> Comment varie la Pression quand on diminue (augmente) le Volume ?

On souhaite vérifier cette variation à l'aide d'une fonction mathématique et donc d'une formule. Le modèle le plus simple à vérifier est le modèle linéaire, c'est-à-dire lorsqu'il y a proportionnalité entre l'ordonnée et l'abscisse, soit une équation du type  $y = f(x) = k \cdot x$ . On cherche à retrouver ce type d'équation dans la suite de l'activité.

- 5) **REA** -> Soient trois courbes qui vous sont proposées :  
 $P = f(V)$  -  $P = f(1/V)$  -  $P = f(V^2)$

Après avoir ajouté deux colonnes supplémentaires ( $1/V$  et  $V^2$ ), représentez les courbes sur LatisPro. Il est nécessaire qu'apparaissent :

- Les titres des axes et du graphique ainsi que les unités
- L'équation de modélisation
- Le coefficient de corrélation

- 6) **VAL** -> D'après les modélisations faites précédemment, quel est le modèle à valider ? Est-il en accord avec les observations faites à la Q°4 ?

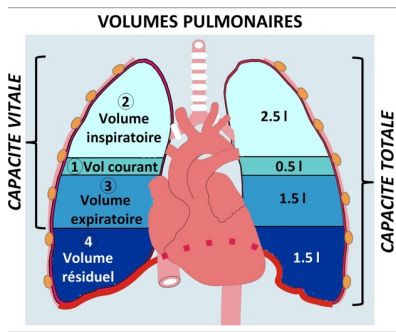
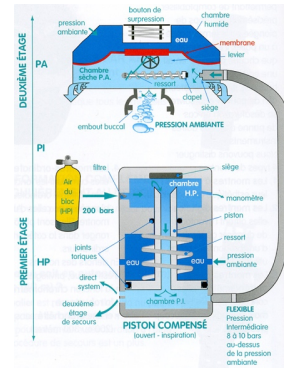
## II. Accident de décompression

Un plongeur équipé de bouteilles réalise une plongée depuis plus de 30 min à 10 m de profondeur. Pensant qu'il ne risque rien, il décide de remonter vers la surface sans faire de palier et SANS expirer l'air contenu dans ses poumons.

**Risque-t-il un accident de décompression ?**



*Dans une bouteille de plongée, l'air est stocké sous grande pression. Le détendeur permet au plongeur de respirer de l'air à la même pression que celle de l'eau qui l'entoure.*



*Les poumons composés d'alvéoles permettent l'échange de l'air inspiré avec le sang.*

*Les alvéoles ne sont pas énormément extensibles, elles peuvent supporter une augmentation maximale de 10% de leur volume ordinaire, au-delà il y a déchirure.*

**Grille d'évaluation**

Nom du binôme : .....

**Note : .../20**

Compétences et Critères de réussites		Evaluation				Global
Analyser		A	B	C	D	
<b>Proposer un protocole :</b>	A l'aide du manomètre relever la valeur de la pression et le volume indiqué sur la seringue. Faire varier le volume de la seringue et noter la nouvelle valeur de la pression.					
<b>Calculer le volume de la seringue :</b>	$V_{\text{Cylindre}} = \pi r^2 h$ $V_{\text{total}} = V_{\text{seringue}} + V_{\text{tuyau}} \text{ (m}^3\text{)}$					
Réaliser						
<b>Réalisation du protocole :</b>	Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole					
	Qualité des gestes techniques Utiliser le matériel et les appareils de mesure					
	Les outils informatiques (Excel) ; la calculatrice					
<b>Réaliser une série de mesures</b>	Relever les résultats obtenus : tableur					
<b>Observer et décrire les phénomènes :</b>	La pression augmente quand le volume diminue.					
<b>Appliquer correctement une consigne donnée</b>	(Calcul, loi à appliquer ...) : Réalisation des graphiques correcte					
Valider						
<b>Valider un modèle</b>	Validation du modèle $P = f(1/V)$					
Autonomie						
<b>Travailler efficacement seul ou en équipe</b>	(En étant autonome, en respectant les règles de vie de classe et de sécurité) Avoir son matériel, Soigner sa production					

## Annexe 8 : Devoir surveillé Pression

NOM : ..... Prénom : ..... Classe : 2<sup>nd</sup>e ... Page : 1/4

Le 27/03/2017

**Devoir n°5 (1h) - Calculatrice autorisée**

**Page : 1/4**

**Répondre sur votre copie**

<u>Observations :</u>						<u>Note :</u>  <b>/20</b>
<u>Copie correcte</u>	<u>Connaissance</u>	<u>APProprier</u>	<u>ANALyser</u>	<u>RÉAliser</u>	<u>COMmuniquer</u>	

### I. Pressurisation des avions (points)



Un avion de ligne désigne un appareil utilisé pour le transport de passagers sur des bases commerciales. Leur fuselage doit être **pressurisé** car en altitude de croisière un avion évolue à environ 10 000 mètres d'altitude et l'air extérieur est trop pauvre en oxygène (mais est aussi trop froid et trop sec) pour être compatible avec la vie. Tout avion de ligne est donc gonflé artificiellement, pour garder à bord une atmosphère respirable.

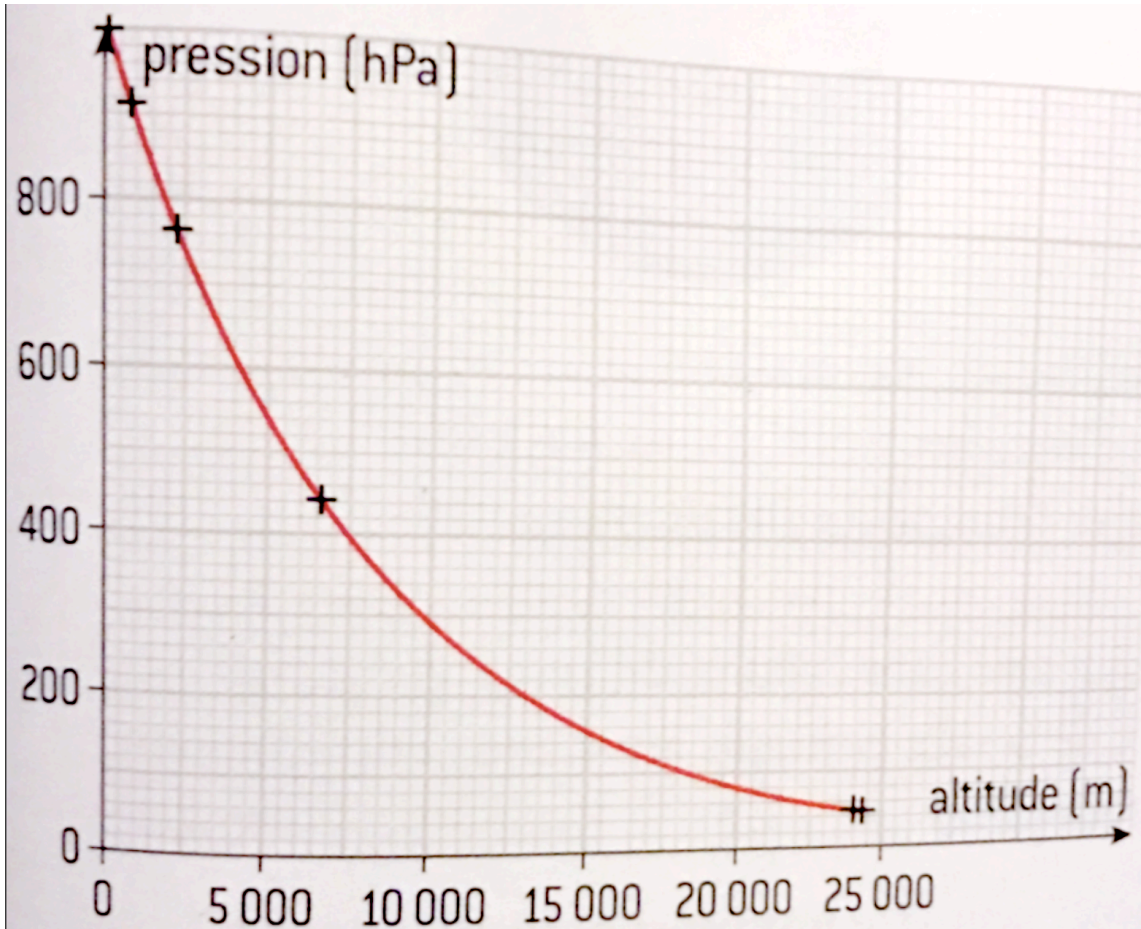
Les réglementations aéronautiques imposent que tout avion de transport public **volant à une altitude supérieure à 6 000 m** doit être pressurisé et qu'il doit y régner une pression, appelée "**altitude cabine**". À cette altitude cabine exprimée en **m** correspond en fait la **pression de l'air régnant à l'altitude indiquée**. Cette valeur varie selon les types d'avion car dépend de la forme et de l'épaisseur du fuselage (poids), mais aussi est un compromis entre le coût de la pressurisation et le confort des passagers.

L'altitude cabine est d'environ 2100 m pour un Airbus A310, c'est à dire la pression à l'intérieur de l'avion est égale à la pression atmosphérique à 2100m.  
Elle est en revanche de **2400 m pour un Airbus A320**, c'est à dire la pression à l'intérieur de l'avion est **égale à la pression atmosphérique à 2400m**.

Lorsque l'altitude cabine atteint 14000 ft (4200 m) : Les masques à oxygène sont présentés automatiquement - une annonce de secours est diffusée en cabine.



L'air n'étant pas incompressible, et la température de l'atmosphère n'étant pas constante (entre autre), il ne vérifie pas la loi de la statique des fluides. Voici l'évolution de la pression en fonction de l'altitude.



**Données :**

<p><i>Formule de la statique des fluides :</i></p> <p><b><i>Si l'on descend en profondeur :</i></b></p> $P = p \times g \times z + P_{atm}$ <p><b><i>Si l'on monte en altitude :</i></b></p> $P = P_{atm} - p \times g \times z$	<p>Pression atmosphérique à l'altitude 0 m : <math>P_0 = 1\ 000\ \text{hPa}</math>  <math>1\ \text{hPa} = 100\ \text{Pa}</math>  <math>\rho_{air} = 1\ \text{kg/m}^3</math></p> <p>Schéma d'une porte d'avion</p>
--	---

Vous êtes le pilote d'un airbus **A320**. Vous réalisez le vol Marseille (Provence) / Barcelone et vous êtes actuellement à une altitude de 30 000 ft (= **10 000 m**).

**Toute démarche devra être rigoureusement justifiée !**

**Pressurisation de l' Airbus A320 ( 10 points )**

- 1) Comment varie la pression lorsque l'altitude augmente ?  
En première approximation, on peut considérer que l'air respecte la loi de la statique des fluides pour une altitude comprise entre 0 et 2500m. Ce n'est plus le cas au-delà.
  - 2) **Exprimez puis calculez** la valeur de la pression  $P_{int}$  à l'intérieur de l'habitacle.
  - 3) Cette valeur est-elle en accord avec le graphe page 2 ?
- On considère la porte avant de l'airbus (voir page 2).
- 4) Redémontrez que la surface de la porte est égale à  $2m^2$ .
  - 5) Exprimez puis calculez la valeur  $F_{int}$  de la force pressante exercée par l'air intérieur sur la porte de l'appareil.
  - 6) Exprimez puis calculez maintenant la valeur  $F_{ext}$  de la force pressante exercée par l'air extérieur, présent à votre altitude de croisière, sur la porte de l'appareil.
  - 7) Représentez ces forces sur un schéma (sans soucis d'échelle mais avec respect des ordres de grandeur)
  - 8) Que pourrait-il se passer en cas de déchirure du fuselage ?

CO	APP	ANA	RÉA	COM
	**			
	*		***	
	*			
*			*	
			***	
		*	***	
			**	
				**



**I. Une plongée en apnée! (9 points)**

Lorsqu'un apnéiste descend en profondeur, son volume pulmonaire diminue à cause de l'augmentation de la pression. Aux alentours de 30 m de profondeur, le volume pulmonaire atteint sa valeur minimale appelé volume résiduel. Dans le passé, les scientifiques pensaient qu'au-delà de cette profondeur, les poumons de l'apnéiste imploseraient. En fait, un afflux sanguin vers les poumons permet d'éviter ce problème. Ainsi un plongeur peut dépasser cette profondeur comme le prouve le record d'Herbert NITSCH qui descendu en apnée jusqu'à 214m le 16 Juin 2007. Un apnéiste a un volume pulmonaire résiduel  $V_r = 1,5 L$ . Avant de commencer son apnée, il inspire profondément. La quantité de matière d'air contenu dans ses poumons occupe alors un volume total  $V_t = 6,0 L$ .

**Données :**  $P_{atm} = 10^5 Pa$      $g = 9,8 N.kg^{-1}$      $\rho_{eau} = 1000 kg.m^{-3}$

- 1) Comment évolue la pression hydrostatique lorsque la profondeur dans l'eau augmente ?
- 2) Sous quelle pression  $P_1$  la quantité d'air contenu dans les poumons du plongeur sera-t-elle réduite à  $V_r$  ?
- 3) A partir de la formule  $Z = \frac{P - P_{atm}}{\rho.g}$  qui est une réécriture de la loi de l'hydrostatique, calculer la profondeur  $Z_1$  pour laquelle cet apnéiste est soumis à la pression  $P_1$  ?
- 4) Calculer à partir de la loi de l'hydrostatique ( $P = \rho.g.Z + P_{atm}$ ) la pression  $P_2$  en Pascal à 214 m de de profondeur.
- 5) Quel volume occuperait la quantité d'air contenu dans les poumons à 214 m de profondeur ?
- 6) Pourquoi les poumons d'Herbert NITSCH n'ont-ils pas été réduits au volume calculé dans la question 3 ?
- 7) L'apnéiste remonte d'un seul trait à la fin de sa plongé. Peut-on faire de même si l'on plonge en bouteille ? Quelle précaution prendre ?
- 8) Quel risque encoure t'on si on ne respecte les précautions citées précédemment. Justifier avec les notions physiques vues en cours.

CO	APP	ANA	RÉA	COM
**				
*			**	
			**	
			**	
*			**	
	*			
				**
*				*

## Annexe 9 : Capture d'écran du programme utilisé pour traiter l'évaluation de l'activité expérimentale

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	ECE SUJET N°		TITRE																
2																			
3																			
4			Nom :			Nom :				Nom :					Nom :				
5			Prénom :			Prénom :				Prénom :					Prénom :				
6																			
7	compétence	Coefficient																	
8	S'approprier	0																	
9	Analyser	2																	
10	Réaliser	2																	
11	Valider	1																	
12	Communiquer	1																	
13	Note	/ 20	ERREUR remplissage																NON EVALUE
14																			
15																			
16	Pondération des niveaux																		
17	kA = 2		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
18	kB = 1		0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	kC = -1																		
20	kD = -2																		
21			ERREUR remplissage																NON EVALUE
22	Somme coef =	6																	
23	Amplitude k =	4																	
24																			
25																			

## Annexe 10 : Tableau d'organisation des séances et activités

Quoi ?	Classes ?	Quand ?	Où ?	Comment ?	Durée ?	Objectif
Questionnaire 1	Toutes	Avant toute chose	À la maison (CDI)	Via Googleform	-20min	Évaluation diagnostique
Visionner les ressources	1,2,3,4,6	Après Q1 et avant Q2	À la maison	Via Chamilo	Illimitée	Acquisition des compétences
Questionnaire Q2	1,2,3,4,6	Avant la séance en classe	À la maison (CDI)	Via GoogleForm	-20min	État des lieux des compétences après visionnage des ressources
AE n°1	Toutes	1 <sup>ère</sup> séance en classe	En classe	Demi groupe	1h30	Loi de l'hydrostatique
AD n°1	Toutes	2 <sup>ème</sup> séance	En classe	Classe entière / Activité différente selon la pédagogie	55min	Définition de la pression
AE n°2 (Évaluée)	Toutes	3 <sup>ème</sup> séance	En classe	Demi groupe / AE évaluation	1h30	Boyle Mariotte
Série d'exercices	1,2,3,4,6	4 <sup>ème</sup> séance	En classe	Classe entière	55min	Tout revoir + solubilité
AD n°2	5,7	4 <sup>ème</sup> séance	En classe	Classe entière	55min	Solubilité
Série d'exercices	5,7	Après Activité documentaire 2	À la maison	/	-30min	Tout revoir
Questionnaire 3	Toutes	Après les séances mais avant le DS	À la maison (CDI)	Via GoogleForm	-20min	État des lieux des compétences après pratique d'une pédagogie
DS	Toutes	Après Q3 avant Q4	En classe	Classe entière	-55min	Evaluation sommative
Questionnaire 4	1,2,3,4,6	Après le DS	À la maison (CDI)	Via GoogleForm	20min	RETEX



# Loi de l'hydrostatique

**Support :** Logiciel LatisPro/ Atelier scientifique + Eprovette + Manomètre

**Objectifs :**

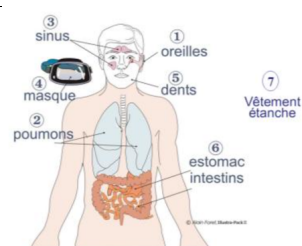
- ✓ Réaliser un protocole, effectuer des mesures avec précisions, reporter un point sur un tableau et une courbe.
- ✓ Savoir que la pression entre deux points d'un liquide dépend de la différence de profondeur.
- ✓ Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesure.
- ✓ Utiliser et exploiter des observations et des mesures. Valider une loi. Modélisation.

**But :** Vérifier comment varie la valeur de la pression hydrostatique en fonction de la profondeur.

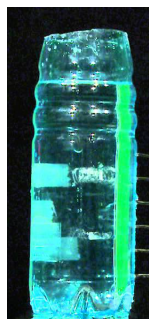
## Pourquoi ces problèmes de pression ??!

En France, en moyenne, 400 accidents de plongée par an ont des conséquences médicales pour les plongeurs.

C'est le plus souvent un problème de pression. Le barotraumatisme, lié aux changements de pression, est l'un des deux accidents les plus courants. Ce sont tous les organes qui contiennent de l'air – tympan, sinus, intestin, estomac, poumons – qui sont susceptibles de subir des traumatismes.



### I. Activité qualitative et proposition d'hypothèses



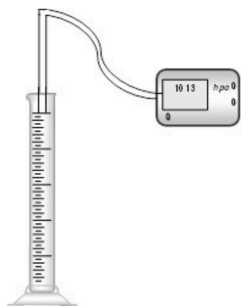
Expérience assez classique en physique : faire des trous dans une bouteille en plastique et observer les jets produits lorsque la bouteille est remplie d'eau.

Prendre une bouteille en plastique (ou une brique (pack) de jus de fruit ou de lait). Percez trois ou quatre trous à différents niveaux.

Versez de l'eau dans la bouteille et observez les trajectoires des filets d'eau. Améliorer l'effet en masquant les trous avec du ruban adhésif que vous retirerez lorsque la bouteille sera pleine.

**Émettre des hypothèses sur les éventuelles observations.  
Réaliser l'expérience et vérifiez vos hypothèses.**

## II. Dispositif expérimental



Le but de l'expérience ici est de voir plus en détail comment varie la pression en fonction de la profondeur dans un liquide.

Matériel :

- Eprouvette graduée.
- Règle.
- Manomètre muni d'un tuyau plastique rallongé par un tube de verre.

Plongez le tube de verre dans l'éprouvette comme sur le schéma ci-contre. Que constatez-vous sur le bas du tube ?

**Proposez un protocole expérimental. Puis après validation réalisez le.**

## III. Exploitation des résultats

Vous êtes maintenant capable, grâce à vos mesures, de déterminer la loi qui régit **l'évolution de la pression en fonction de la profondeur** ! Si ça c'est pas la classe !

Il est nécessaire pour cela de tracer la courbe obtenue grâce à vos mesures (laquelle de courbe ? Je vous laisse réfléchir un peu quand même...)

- ✓ Proposer un modèle rendant compte de l'évolution de la pression en fonction de la profondeur dans l'eau.
- ✓ Afficher l'équation de la courbe après modélisation. Penser à noter le coefficient de corrélation.
- ✓ Faire apparaître sur votre compte rendu les résultats des démarches ci-dessus.
- ✓ Que représente la valeur de l'ordonnée à l'origine ?
- ✓ Calculer le produit de la masse volumique de l'eau  $\rho$  et de l'accélération de pesanteur terrestre  $g$ . Comparez-le au coefficient directeur de votre courbe. Que constatez vous ?

**Donnez l'expression littérale de la loi de l'hydrostatique !**

➔ **Mise en commun et discussion.**

# Activité documentaire 1 pour la classe inversée

Chapitre 11 : La Pression

Thème : La pratique du sport  
Sous thème : La Pression

## ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE : LA PLONGÉE SOUS-MARINE PROFONDE



Notions et contenus	Compétences attendues
Pression dans un liquide. Force pressante exercée sur une surface, perpendiculairement à cette surface. Pression dans un liquide au repos, influence de la profondeur.	Utiliser la relation $P = F/S$ , $F$ étant la force pressante exercée sur une surface $S$ , perpendiculairement à cette surface. Savoir que la différence de pression entre deux points d'un liquide dépend de la différence de profondeur

« La plongée profonde est une technique de plongée sous-marine. La plongée la plus profonde au monde a été réalisée par M MAVROSTOMOS Théo le 20 novembre 1992 pour l'entreprise COMEX avec un mélange hydroliox et une sortie en eau avec scaphandre à 700 m environ. »



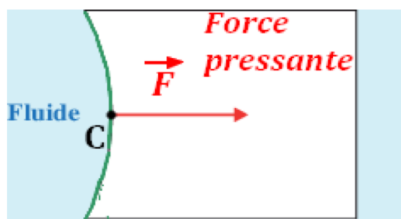
**Problème :** Pour effectuer des tests de résistance du hublot avant du scaphandre de T. Mavrostomos en laboratoire, les chercheurs souhaitent simuler les forces pressantes exercées par l'eau sur le hublot, lorsqu'il se situe à 700m de profondeur. Quelle masse doit-on déposer sur le hublot pour reproduire les conditions en profondeur ?

**Travail à effectuer :** Vous travaillerez par groupe de 3 ou 4. Il vous faudra, pour répondre à la problématique, analyser et mettre en relation les différents documents. Le professeur pourra vous aiguiller en vous donnant différentes aides en fonction de là où vous en êtes dans vos démarches de recherche.

### Documents

#### Document 1 : Force pressante et pression

La force pressante modélise l'action mécanique qu'exerce un fluide (liquide ou un gaz) sur la surface d'un corps. Cette force pressante s'exerce toujours selon une direction perpendiculaire à la surface de l'objet et orientée du fluide vers l'objet :



#### Document 2 : Données du hublot du scaphandre



#### Document 3 : Quelques définitions....

L'atmosphère qui entoure la Terre exerce une pression atmosphérique qui est égale à environ 1 bar au niveau de la mer.

La pression hydrostatique augmente avec la profondeur. Dans le cas de l'eau, elle augmente de 1 bar tous les 10 m.

A une profondeur donnée, la pression absolue est égale à la somme de la pression atmosphérique et de la pression hydrostatique .

**Questions :**

- 1) Dans les conditions du laboratoire, on rappelle que l'on simule la force pressante de l'eau sur le hublot, par une masse déposée sur ce dernier.  
Faites un diagramme objet-interaction, où l'objet d'étude est le hublot.  
Par quelle force peut-on modéliser l'action mécanique de la masse sur le hublot ?
- 2) Calculer la masse  $m$  représentant la masse que l'on doit déposer sur le hublot pour reproduire les conditions en profondeur ?  
Données :  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$
- 3) D'après la valeur de la masse  $m$  calculée, cette méthode est-elle vraiment réalisable en laboratoire ?  
Réfléchissez à une autre méthode plus réaliste.

## Activité documentaire 1 pour la classe traditionnelle

Chapitre 11 : La Pression

Thème : La pratique du sport  
Sous thème : La Pression

### Activité documentaire : la plongée sous-marine profonde

Notions et contenus	Compétences attendues
Pression dans un liquide. Force pressante exercée sur une surface, perpendiculairement à cette surface. Pression dans un liquide au repos, influence de la profondeur.	Utiliser la relation $P = F/S$ , $F$ étant la force pressante exercée sur une surface $S$ , perpendiculairement à cette surface. Savoir que la différence de pression entre deux points d'un liquide dépend de la différence de profondeur

« La plongée profonde est une technique de plongée sous-marine. La plongée la plus profonde au monde a été réalisée par M MAVROSTOMOS Théo le 20 novembre 1992 pour l'entreprise COMEX avec un mélange hydroliox et une sortie en eau avec scaphandre à 700 m environ. »



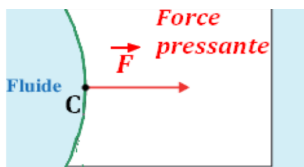
**Problème :** Pour effectuer des tests de résistance du hublot avant du scaphandre de T. Mavrostomos en laboratoire, les chercheurs souhaitent simuler les forces pressantes exercées par l'eau sur le hublot, lorsqu'il se situe à 700m de profondeur. Quelle masse doit-on déposer sur le hublot pour reproduire les conditions en profondeur ?

**Travail à effectuer :** Vous travaillerez par groupe de 3 ou 4. Il vous faudra, pour répondre à la problématique, analyser et mettre en relation les différents documents. Le professeur pourra vous aiguiller en vous donnant différentes aides en fonction de là où vous en êtes dans vos démarches de recherche.

#### Documents

##### Document 1 : Force pressante et pression

La force pressante modélise l'action mécanique qu'exerce un fluide (liquide ou un gaz) sur la surface d'un corps. Cette force pressante s'exerce toujours selon une direction perpendiculaire à la surface de l'objet et orientée du fluide vers l'objet :



Par définition, la pression  $p$  est la force pressante exercée par unité de surface  $S$ . On obtient la relation :  $P = \frac{F}{S}$

##### Document 2 : Données du hublot du scaphandre



##### Document 3 : Quelques définitions...

L'atmosphère qui entoure la Terre exerce une pression atmosphérique qui est égale à environ 1 bar au niveau de la mer.

La pression hydrostatique augmente avec la profondeur. Dans le cas de l'eau, elle augmente de 1 bar tous les 10 m.

A une profondeur donnée, la pression absolue est égale à la somme de la pression atmosphérique et de la pression hydrostatique.



**Questions :**

- 1) La force pressante modélise une action de contact ou à distance ? Localisée ou répartie ? Qui est l'objet donneur et l'objet receveur ?
- 2) Exprimer puis calculer la force pressante  $F$  qui s'exerce sur le hublot.
- 3) Dans les conditions du laboratoire, on rappelle que l'on simule la force pressante de l'eau sur le hublot, par une masse déposée sur ce dernier.  
Faites un diagramme objet-interaction, où l'objet d'étude est le hublot.  
Par quelle force peut-on modéliser l'action mécanique de la masse sur le hublot ?
- 4) Calculer la masse  $m$  représentant la masse que l'on doit déposer sur le hublot pour reproduire les conditions en profondeur ?  
Données :  $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$
- 5) D'après la valeur de la masse  $m$  calculée, cette méthode est-elle vraiment réalisable en laboratoire ? Réfléchissez à une autre méthode plus réaliste.

## Activité documentaire 2 pour la classe traditionnelle

Chapitre 11 : La Pression

Thème : La pratique du sport  
Sous thème : La Pression

# ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE 2 : LES ACCIDENTS DE PLONGÉE



Un homme de 50 ans a été victime d'un malaise samedi matin, alors qu'il effectuait une plongée à 34 mètres de profondeur au large du Frioul. La victime a été prise en charge à hauteur de l'Estaque, puis transportée à l'hôpital. Le centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage en Méditerranée (Crossmed) a fait part hier de son inquiétude au premier jour du week-end de Pâques, après avoir recensé cinq incidents ou accidents de plongée sous-marine dans la journée.



**Problème :** Quelle est l'influence de la pression sur l'organisme humain et comment peut-on éviter les accidents lors d'une plongée ?

### Document 1 : Les précautions à prendre en plongée

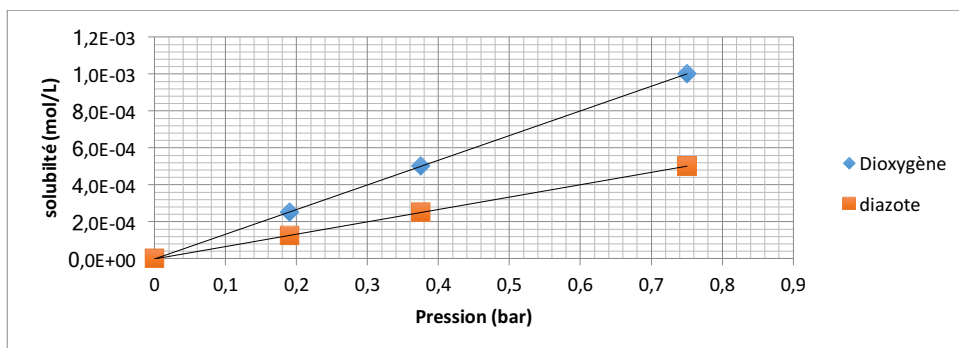
Le diazote  $N_2$  constitue 78% de l'air inspiré par les poumons. Bien qu'il ne soit pas utilisé par l'organisme, il est présent sous forme dissoute dans les tissus liquides du corps. Lors d'une plongée, l'organisme est soumis à une pression supérieure à celle de la surface. De ce fait, une quantité supplémentaire de diazote va se dissoudre dans le sang et les tissus.

Inversement, lors de la remontée vers la surface, la pression à laquelle se trouvent les plongeurs diminue. La quantité de diazote dans leur sang est alors supérieure à la valeur qu'elle devrait avoir compte tenu de la pression extérieure. Par conséquent, le diazote tend à reprendre sa forme.

Si la variation de pression n'est pas trop rapide, le diazote est acheminé par la circulation sanguine vers les poumons, où il est éliminé. Mais si la variation est trop brutale, ce dégazage prend forme au sein même des tissus et des petites bulles de gaz peuvent entraver le flux sanguin. Les conséquences peuvent être extrêmement graves.

Lors des cours de plongée, on insiste sur la nécessité d'une vitesse de remontée maîtrisée (d'un maximum de 15m/min) et du respect d'une ou plusieurs pauses d'au moins 30 secondes à des profondeurs fixées, appelées paliers de décompression.

### Document 2 : Solubilité d'un gaz en fonction de la pression



**Document 3 : Prévention des barotraumatismes en plongée**

Baro signifie pression et traumatisme signifie anormal, douleur. Les barotraumatismes sont des accidents qui sont dus à la pression ou variation de pression. Si certaines règles ne sont pas respectées, il y a situation de traumatisme dont les symptômes et les effets varient selon la cavité considérée.

Barotraumatisme	Symptômes	Prévention
Pacage de masque	Gêne, douleur	Souffler par le nez
Sinus	Douleur, sang de le masque	Pas de plongée avec un rhume ou forte sinusite, rincer le nez
Estomac, intestins	Douleur, surpression de l'estomac	Eviter les aliments générateurs de gaz
Dents	Douleur, dent éclatée	Inspection chaque année des dents
Oreille	Douleur, vertige et/ou nausée	Rincer le nez, manœuvre d'équilibrage (valsalva)
Surpression pulmonaire	Douleur vive et brève, toux, crachat de sang, arrêt ventilatoire, perte sensibilité motricité droite ou gauche, arrêt cardiaque	Laisser le passage de l'air, expirer à la montée
Sanguin	Apparition de bulles dans le sang, arrêt cardiaque	Rincer le nez, manœuvre d'équilibrage (valsalva)

**Questions :**

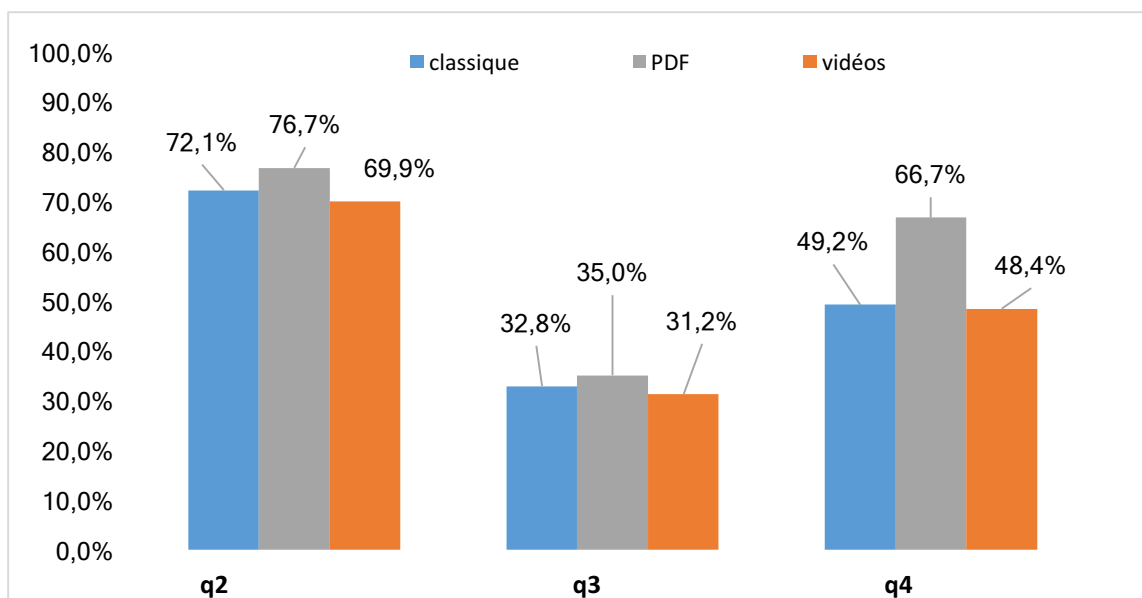
1. Comment évolue la pression de l'eau au niveau du plongeur lors de sa descente ?
2. Que peut-il se passer dans le sang d'un plongeur qui remonte trop rapidement à la surface ? En quoi cela est-il dangereux ?
3. Comment éviter ce problème ?
4. Comment gérer le problème si il a lieu ?
5. Quelle est l'influence de la pression sur la solubilité d'un gaz dans un liquide et quelles en sont les conséquences en plongée ?

**Situation problème : Le baptême de plongée**

**Vous êtes un moniteur de plongée et vous devez expliquer en détails à votre groupe, quels sont les effets de la profondeur sur la pression ainsi que sur l'organisme. Vous expliquerez les précautions à prendre lors de la remontée pour effectuer ce baptême en toute sécurité et détaillerez les risques encourus si ces dernières ne sont pas respectées.**

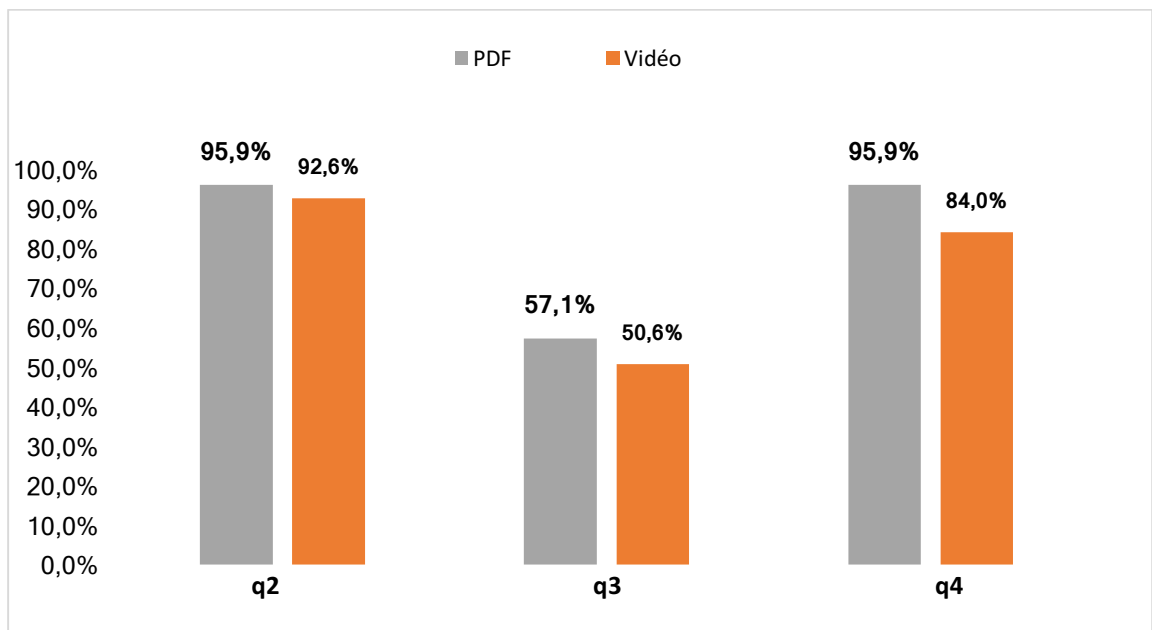
## Annexe 11 : Taux de bonnes réponses compétence n°1

Dans les histogrammes suivant, nous présentons le taux de bonnes réponses aux questions 2, 3, et 4.



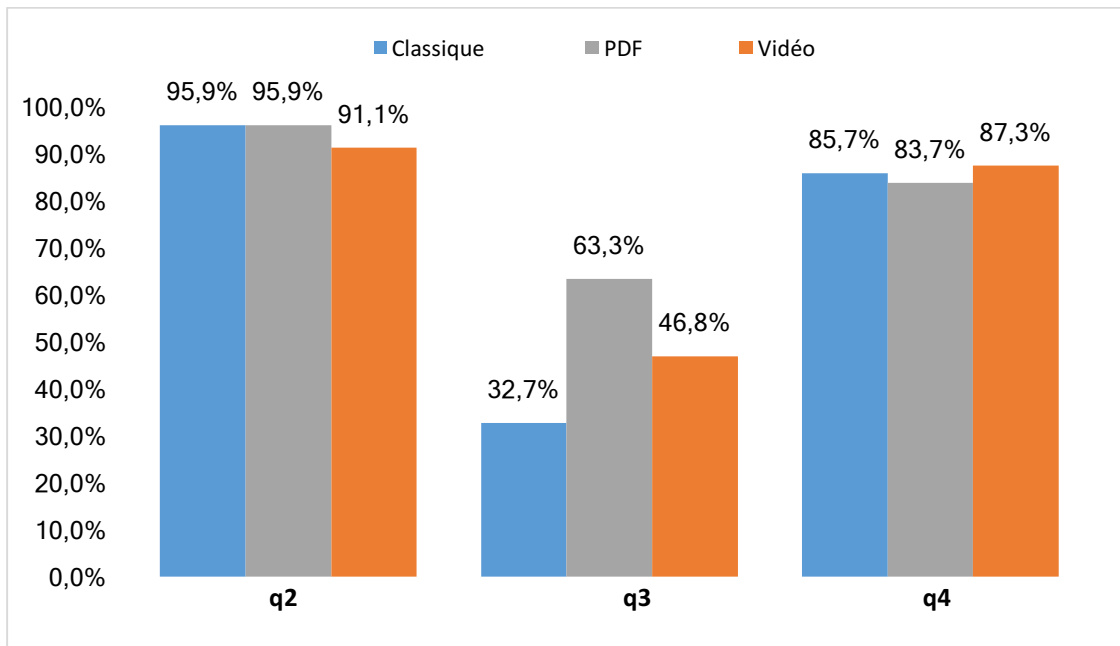
**Figure n°1 : Taux de réponses justes au questionnaire 1**

On constate, d'après l'historgramme, que la question 3 a un taux de réponses justes, bien inférieur aux deux autres questions. Les élèves étant amenés à voir la séquence sur la pression en classe inversée, avec le cours sous forme de PDF, ont un taux, de réponses justes, supérieur aux autres. Malgré cela, les pourcentages sont très proches, sauf pour la question 4, où le test réalisé nous montre effectivement qu'il y a une tendance à ce que ces élèves maîtrisaient mieux la notion abordée dans cette question.



**Figure n°2 : Taux de réponses justes au questionnaire 2**

Pour les trois questions, le taux de réponses justes est plus élevé pour la classe en PDF que pour la classe en vidéos. Aucun des tests réalisés n'ont montré de lien significatif entre le nombre de bonnes réponses et le support utilisé. Cependant, une tendance à la question 4 montre qu'il pourrait y voir une association entre le support utilisé et le taux de bonnes réponses. Le cours a permis de mettre tout le monde au même niveau pour les questions 2 et 4. Cependant, hormis le fait que les taux de bonnes réponses soient encore les plus faibles, il y a encore une grande différence entre ces taux selon la pédagogie appliquée, pour la question 3.

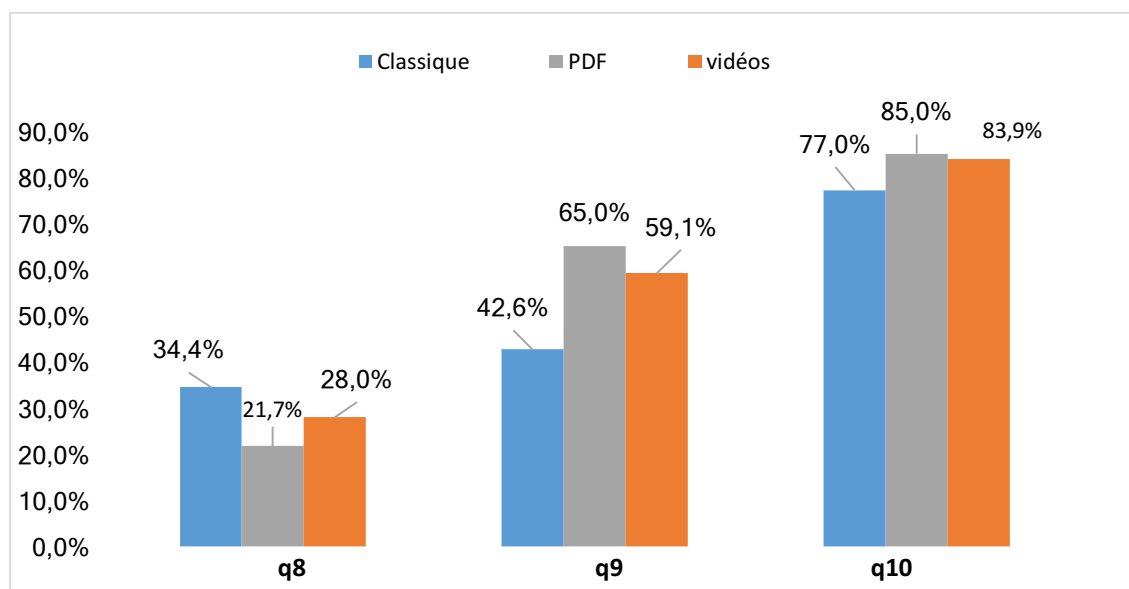


**Figure n°3 : Taux de réponses justes au questionnaire n°3**

Les tests réalisés n'ont pas été significatifs pour les questions 2 et 4. Or, pour la question 3, les tests ont montré une significativité. En effet, les élèves ayant suivi la pédagogie inversée avec le PDF ont bien mieux répondu et progressé que les élèves en pédagogie inversée avec la vidéo. Le taux de réponses justes des élèves en pédagogie classique n'a, lui, pas évolué.

## Annexe 12 : Taux de bonnes réponses compétence n°2 : loi de l'hydrostatique

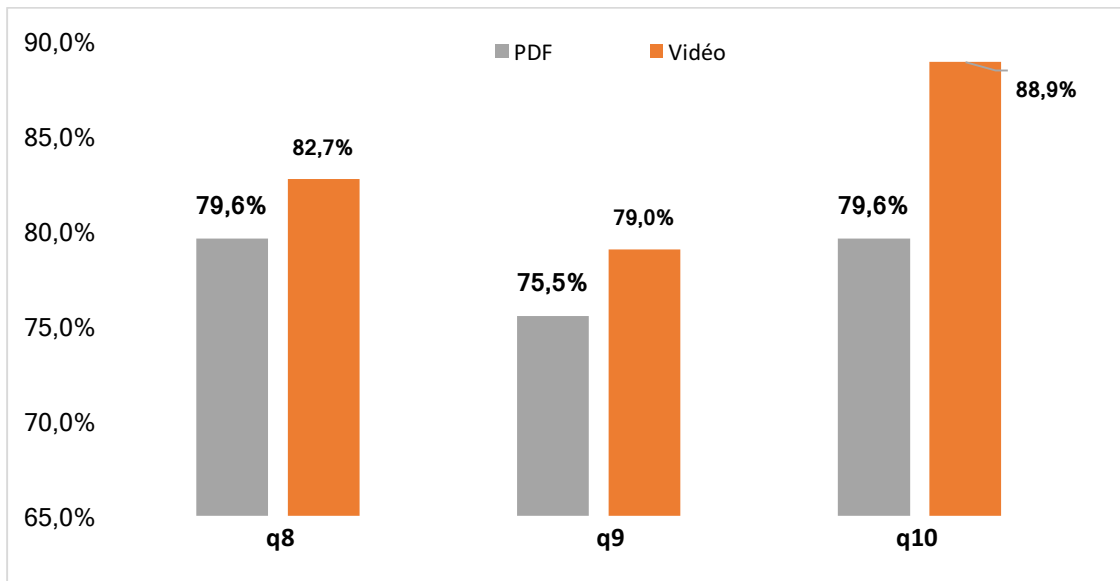
Dans les histogrammes suivant, nous présentons le taux de bonnes réponses aux questions 8, 9, et 10.



**Figure n°4 : Taux de bonnes réponses justes questionnaire n°1**

On constate, ici, que la question 8 a un taux de réponses justes inférieur à celui de la question 9, qui est aussi inférieur à celui de la question 10. Selon la question, la tendance n'est pas la même : les élèves qui auront le cours sous la forme de la classe inversée PDF sont ceux qui ont le moins bien répondu à la question 8 mais ils ont le mieux répondu aux questions 9 et 10. Les tests réalisés pour les questions 8 et 10 ne sont pas significatifs, alors que pour la question 9, le test nous annonce qu'il y a une différence de maîtrise de la notion abordée significative entre les élèves qui seront en pédagogie classique et les élèves qui auront le cours en pédagogie inversée.

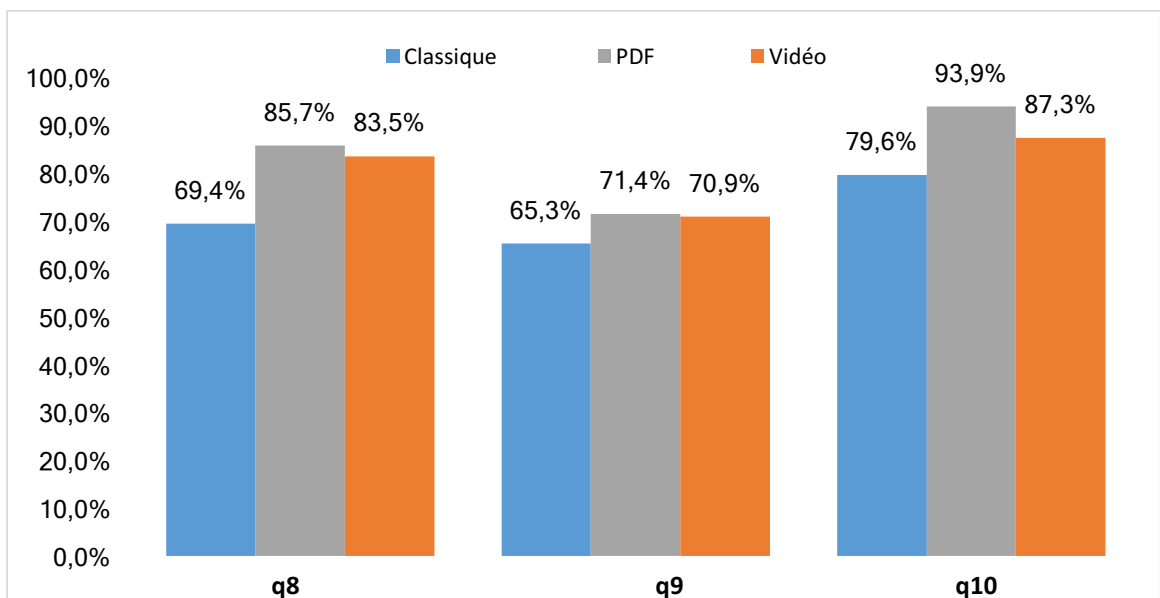
Dans le questionnaire 2, le taux de réponses justes est plus élevé pour la classe utilisant le support vidéo que pour la classe en PDF, cela pour les 3 questions.



**Figure n°5 : Taux de réponses justes au questionnaire n°2**

Bien qu'il y ait cette différence, selon les tests effectués, elle n'est pas significative d'un lien entre le support utilisé et le taux de bonnes réponses associé.

Pour ce qui est du questionnaire 3, les taux de bonnes réponses des classes en pédagogie inversée sont comparables. Ils restent, cependant, supérieurs à celui de la classe en pédagogie traditionnelle.



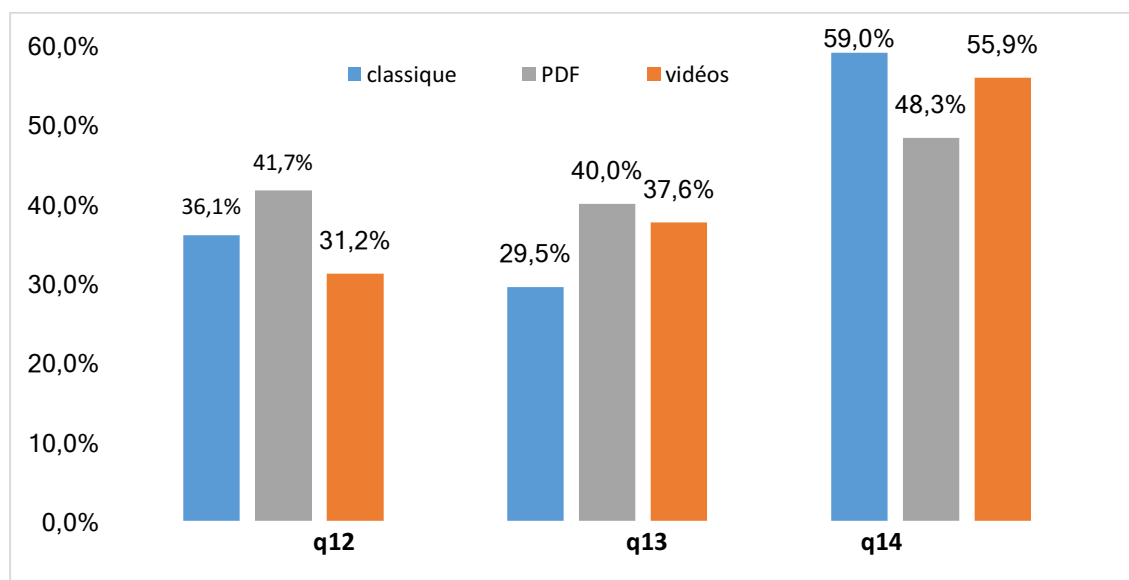
**Figure n°6 : taux de réponses justes au questionnaire n°3**

Malgré cela, les tests réalisés pour chacune de ces trois questions ne montrent aucun lien significatif entre la pédagogie utilisée et le taux de bonnes réponses.



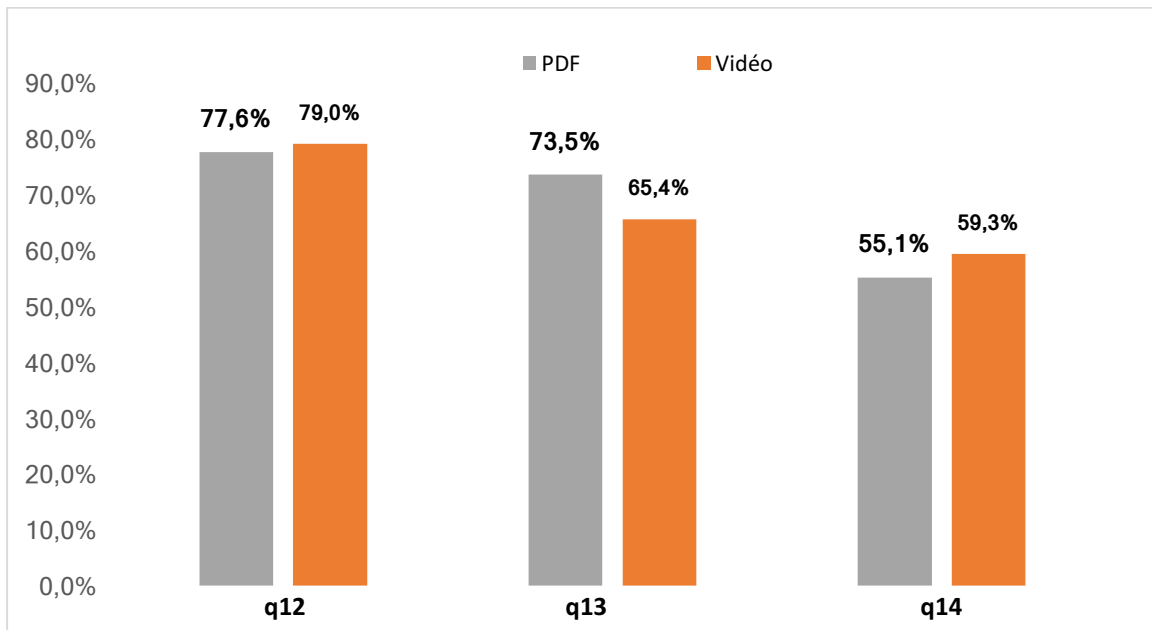
### **Annexe 13 : Taux de bonnes réponses compétence n°3 : loi de Boyle-Mariotte**

Dans les histogrammes suivant, nous présentons le taux de bonnes réponses aux questions 12, 13, et 14.



**Figure n°7 : Taux de réponses justes au questionnaire n°1**

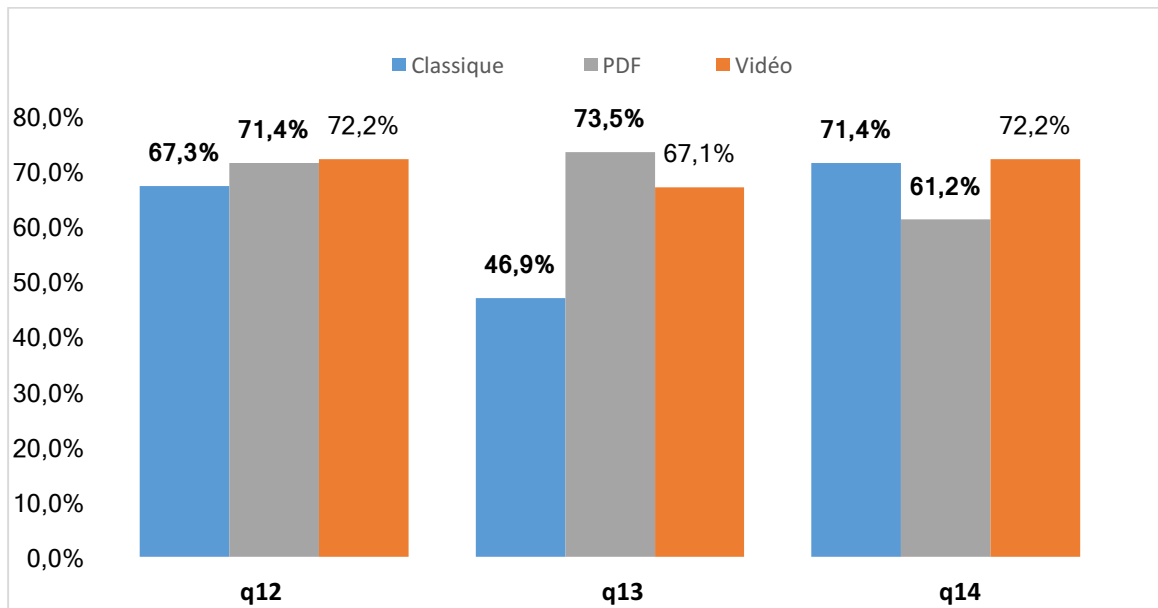
Globalement, le taux de réponses justes aux questions 12 et 13 est inférieur à celui de la question 14. On remarque que ceux qui auront le cours en pédagogie inversée PDF ont mieux répondu aux questions 12 et 13, alors que pour la question 14, ce sont ceux qui seront en pédagogie classique qui ont le mieux répondu. Aucun des tests réalisés n'a montré de significativité par rapport au niveau de chaque groupe d'élèves avant la mise en place du cours. Pour les questions 12 et 14, le taux de réponses justes est plus élevé pour la classe en vidéos que pour la classe en PDF. Alors que pour la question 13, c'est l'inverse.



**Figure n°8 : Taux de réponses justes au questionnaire n°2**

Les pourcentages restent tout de même très similaires. De ce fait, aucun des tests réalisés n'a montré de lien significatif entre le nombre de bonnes réponses et le support utilisé. Dans le questionnaire 3, on observe que les pourcentages de bonnes réponses à la question 12 sont très proches. Ceci n'est plus vraiment le cas pour la question 14, où ceux qui sont en pédagogie inversée PDF ont moins bien répondu que les autres.

Pour ce qui est de la question 13, les tests réalisés sont significatifs d'une influence de la pédagogie utilisée. En effet, ceux qui sont en pédagogie inversée ont un meilleur taux de bonnes réponses que ceux qui sont en pédagogie classique.

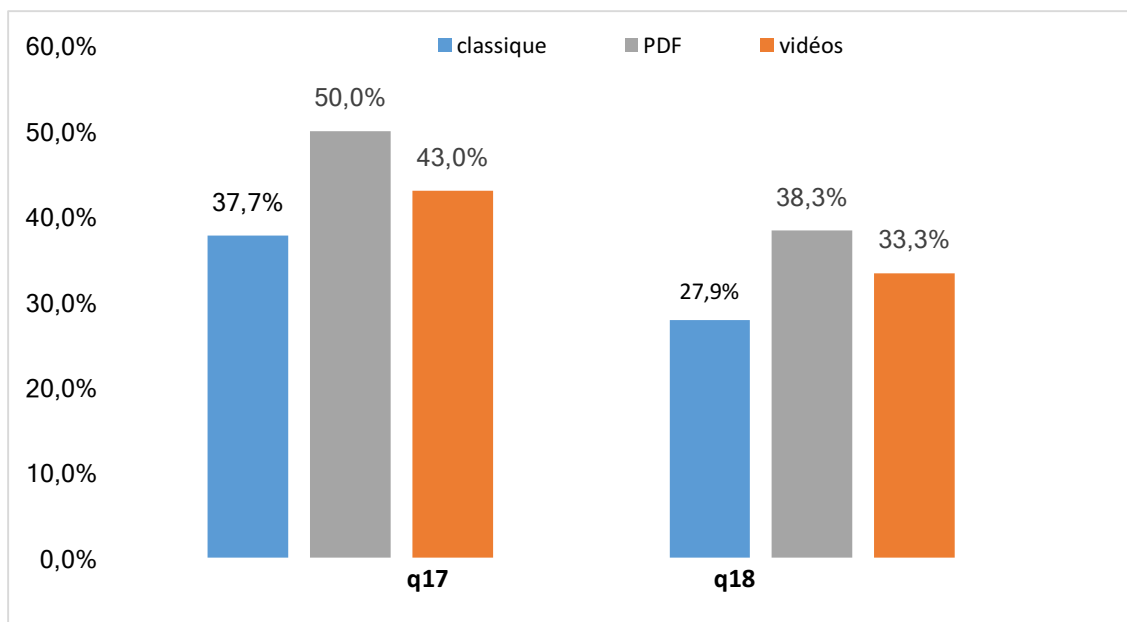


**Figure n° 9 : Taux de réponses justes au questionnaire n°3**

La pédagogie classique présente un taux de bonnes réponses le plus faible pour la question 13. Le test réalisé pour la q13 montre un lien significatif entre la pédagogie utilisée et le pourcentage de bonnes ou mauvaises réponses.

## **Annexe 14 : Taux de bonnes réponses compétence n°4 : solubilité d'un gaz**

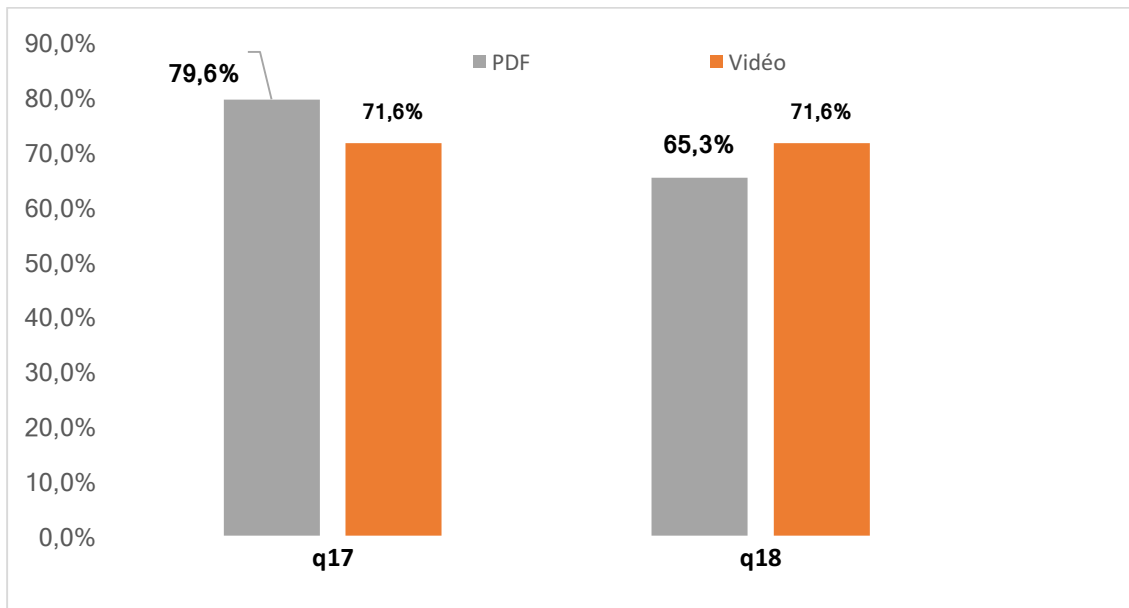
Dans l'histogramme suivant nous présentons le taux de bonnes réponses aux questions 17 et 18 correspondant à la 4<sup>ème</sup> compétence du bulletin officiel.



**Figure n° 10 : Taux de réponses justes au questionnaire n°1**

Le taux de réponses justes est plus élevé, dans sa globalité, pour la question 17 que la question 18. On remarque que les taux de réponses justes sont, dans l'ordre décroissant, ceux qui auront la classe inversée en PDF, puis ceux qui auront la vidéo et les animations, et enfin ceux qui seront en classe traditionnelle. Malgré cela, les écarts entre chaque groupe ne sont pas significatifs, les tests en ont attesté.

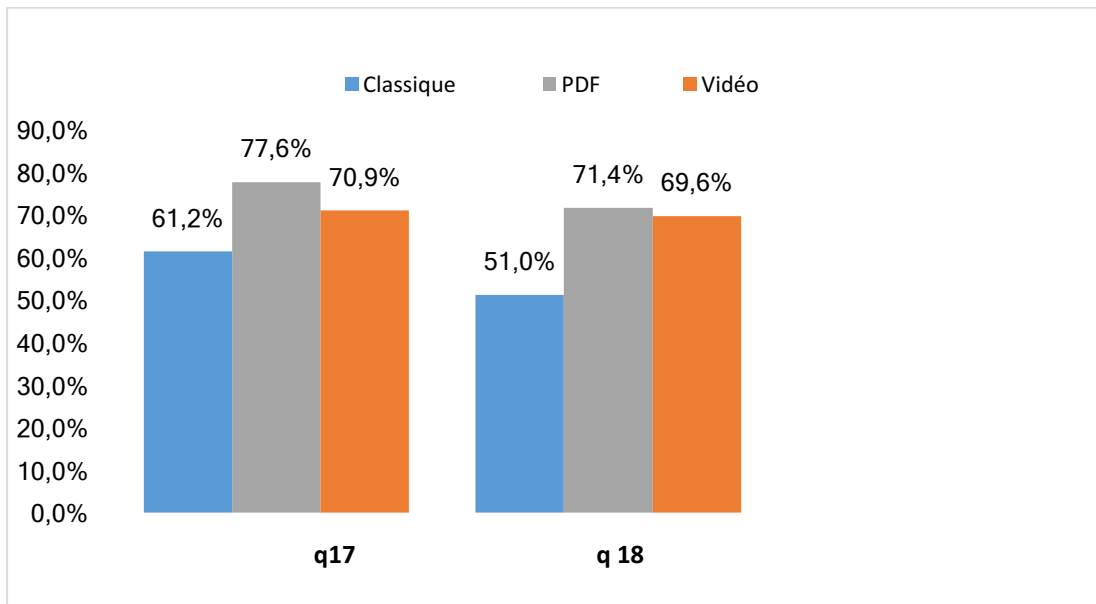
Nous présentons dans le diagramme suivant le taux de réponses justes des questions 17 et 18 correspondant à la 4<sup>ème</sup> compétence.



**Figure n° 11** : Taux de réponses justes au questionnaire n°2

Pour la question 17, le taux de réponses justes est plus élevé pour la classe en PDF que pour celle en vidéo. Alors que pour la question 18, c'est l'inverse. Aucun des tests réalisés n'a montré de lien significatif entre le nombre de bonnes réponses et le support utilisé.

Dans le questionnaire 3, le taux de bonnes réponses est le plus élevé pour les élèves étant en pédagogie inversée avec PDF, suivie par ceux qui sont en pédagogie inversée avec la vidéo, puis ceux en pédagogie classique.



**Figure n°12 : Taux de réponses justes au questionnaire n°3**

Pour la question 17, l'écart entre chaque pédagogie est quasiment le même (6.7% entre PDF et vidéo, 9.7% entre vidéo et classique), alors que pour la question 18, les élèves en pédagogie inversée ont un pourcentage de bonnes réponses similaire et bien supérieur à celui des élèves en pédagogie classique. Les tests confirment d'ailleurs cette tendance.

## Annexe 15 : Tests statistiques pour le questionnaire n°1

<b>Test Q1</b>	Question 2			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,66 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	44 (72,1%)	17 (27,9%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	46 (76,7%)	14 (23,3%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	65 (69,9%)	28 (30,1%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 3			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,89 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	20 (32,8%)	41 (67,2%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	21 (35,0%)	39 (65,0%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	29 (31,2%)	64 (68,8%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 4			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,06 (T)
<i>CLASSIQUE</i>	44 (49,2%)	17 (50,8%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	46 (66,7%)	14 (33,3%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	65 (48,4%)	28 (51,6%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 7			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,25 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	6 (9,8%)	55 (90,2%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	12 (20,0%)	48 (80,0%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	12 (12,9%)	81 (87,1%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 8			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,30 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	21 (34,4%)	40 (65,6%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	13 (21,7%)	47 (78,3%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	26 (28,0%)	67 (72,0%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 9			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,03 (S)
<i>CLASSIQUE</i>	26 (42,6%)	35 (57,4%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	39 (65,0%)	21 (35,0%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	55 (59,1%)	38 (40,9%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 10			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,45 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	47 (77,0%)	14 (23,0%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	51 (85,0%)	9 (15,0%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	78 (83,9%)	15 (16,1%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 12			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,41 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	22 (36,1%)	39 (63,9%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	25 (41,7%)	35 (58,3%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	29 (31,2%)	64 (68,8%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 13			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,44 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	18 (29,5%)	43 (70,5%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	24 (40,0%)	36 (60,0%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	35 (37,6%)	58 (62,4%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 14			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,47 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	36 (59,0%)	25 (41,0%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	29 (48,3%)	31 (51,7%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	52 (55,9%)	41 (44,1%)	93 (100%)	



<b>Test Q1</b>	Question 17			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,39 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	23 (37,7%)	38 (62,3%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	30 (50,0%)	30 (50,0%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	40 (43,0%)	53 (57,0%)	93 (100%)	

<b>Test Q1</b>	Question 18			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,47 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	17 (27,9%)	44 (72,1%)	61 (100%)	
<i>PDF</i>	23 (38,3%)	37 (61,7%)	60 (100%)	
<i>VIDEO</i>	31 (33,3%)	62 (66,7%)	93 (100%)	

## Annexe 16 : Tests statistiques pour le questionnaire n°2

Test Q2	Question 2			Fisher
	Juste	Faux	TOTAL	p=0,709 (NS)
PDF	47 (95,9%)	2 (4,1%)	49 (100%)	
VIDEO	75 (92,6%)	6 (7,4%)	81 (100%)	

Test Q2	Question 3			Chi2
	Juste	Faux	TOTAL	p=0,588 (NS)
PDF	28 (57,1%)	21 (42,9%)	49 (100%)	
VIDEO	41 (50,6%)	40 (49,4%)	81 (100%)	

Test Q2	Question 4			Fisher
	Juste	Faux	TOTAL	p=0,077 (T)
PDF	47 (95,9%)	2 (4,1%)	49 (100%)	
VIDEO	68 (84,0%)	13 (16,0%)	81 (100%)	

Test Q2	Question 7			Chi2
	Juste	Faux	TOTAL	p=0,056 (T)
PDF	28 (57,1%)	21 (42,9%)	49 (100%)	
VIDEO	31 (38,3%)	50 (61,7%)	81 (100%)	

Test Q2	Question 8			Chi2
	Juste	Faux	TOTAL	p=0,832 (NS)
PDF	39 (79,6%)	10 (20,4%)	49 (100%)	
VIDEO	67 (82,7%)	14 (17,3%)	81 (100%)	

Test Q2	Question 9			Chi2
	Juste	Faux	TOTAL	p=0,805 (NS)
PDF	37 (75,5%)	12 (24,5%)	49 (100%)	
VIDEO	64 (79,0%)	17 (21,0%)	81 (100%)	

<b>Test Q2</b>	Question 10			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,231 (NS)
<i>PDF</i>	39 (79,6%)	10 (20,4%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	72 (88,9%)	9 (11,1%)	81 (100%)	

<b>Test Q2</b>	Question 12			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,981 (NS)
<i>PDF</i>	38 (77,6%)	11 (22,4%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	64 (79,0%)	17 (21,0%)	81 (100%)	

<b>Test Q2</b>	Question 13			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,447 (NS)
<i>PDF</i>	36 (73,5%)	13 (26,5%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	53 (65,4%)	28 (34,6%)	81 (100%)	

<b>Test Q2</b>	Question 14			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,778 (NS)
<i>PDF</i>	27 (55,1%)	22 (44,9%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	48 (59,3%)	33 (40,7%)	81 (100%)	

<b>Test Q2</b>	Question 17			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,420 (NS)
<i>PDF</i>	39 (79,6%)	10 (20,4%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	58 (71,6%)	23 (28,4%)	81 (100%)	

<b>Test Q2</b>	Question 18			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,577 (NS)
<i>PDF</i>	32 (65,3%)	17 (34,7%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	58 (71,6%)	23 (28,4%)	81 (100%)	

## Annexe 17 : Tests statistiques pour le questionnaire n°3

<b>Test Q3</b>	Question 2			Fisher
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,562 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	47 (95,9%)	2 (4,1%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	47 (95,9%)	2 (4,1%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	72 (91,1%)	7 (8,9%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 3			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,01 (S)
<i>CLASSIQUE</i>	16 (32,7%)	33 (67,3%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	31 (63,3%)	18 (36,7%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	37 (46,8%)	42 (53,2%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 4			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,845 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	42 (85,7%)	7 (14,3%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	41 (83,7%)	8 (16,3%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	69 (87,3%)	10 (12,7%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 7			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,007(T)
<i>CLASSIQUE</i>	14 (28,6%)	35 (71,4%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	25 (51,0%)	24 (49,0%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	34 (43,0%)	45 (57,0%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 8			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,078 (T)
<i>CLASSIQUE</i>	34 (69,4%)	15 (30,6%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	42 (85,7%)	7 (14,3%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	66 (83,5%)	13 (16,5%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 9			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,754 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	32 (65,3%)	17 (34,7%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	35 (71,4%)	14 (28,6%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	56 (70,9%)	23 (29,1%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 10			Fisher
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,109 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	39 (79,6%)	10 (20,4%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	46 (93,9%)	3 (10,1%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	69 (87,3%)	10 (12,7%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 12			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,836 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	33 (67,3%)	16 (32,7%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	35 (71,4%)	14 (28,6%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	57 (72,2%)	22 (27,8%)	79 (100%)	

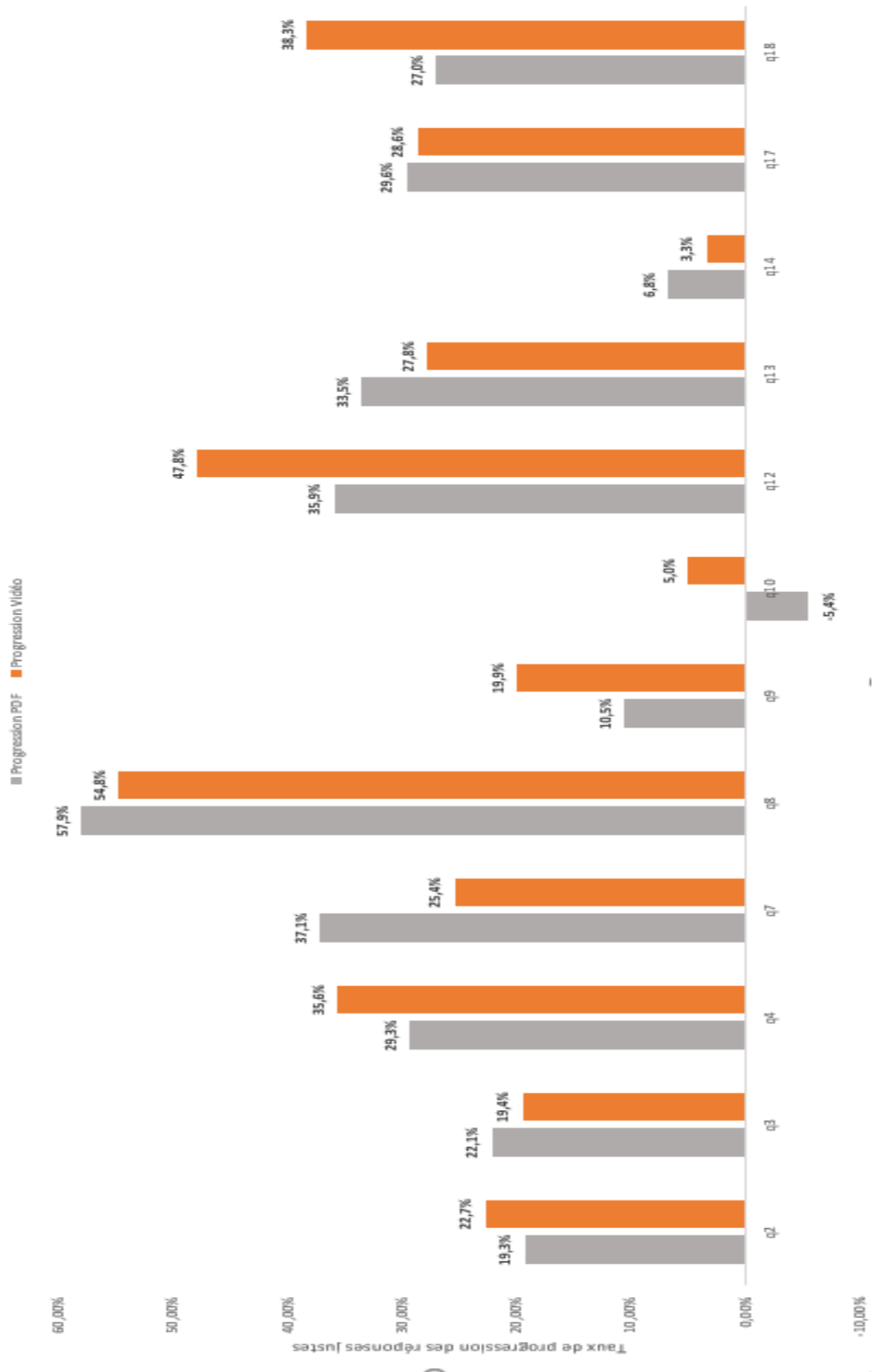
<b>Test Q3</b>	Question 13			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,016 (S)
<i>CLASSIQUE</i>	23 (46,9%)	26 (53,1%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	36 (73,5%)	13 (26,5%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	53 (67,1%)	26 (32,9%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 14			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,400 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	35 (71,4%)	14 (28,6%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	30 (61,2%)	19 (38,8%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	57 (72,2%)	22 (27,8%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 17			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,206 (NS)
<i>CLASSIQUE</i>	30 (61,2%)	19 (38,8%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	38 (77,6%)	11 (22,4%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	56 (70,9%)	23 (29,1%)	79 (100%)	

<b>Test Q3</b>	Question 18			Chi2
	<b>Juste</b>	<b>Faux</b>	<b>TOTAL</b>	p=0,054 (T)
<i>CLASSIQUE</i>	25 (51,0%)	24 (49,0%)	49 (100%)	
<i>PDF</i>	35 (71,4%)	14 (28,6%)	49 (100%)	
<i>VIDEO</i>	55 (69,6%)	24 (30,4%)	79 (100%)	

## Annexe 18 : Taux de progression des bonnes réponses entre le questionnaire 1 et le questionnaire 2 (effet du support)

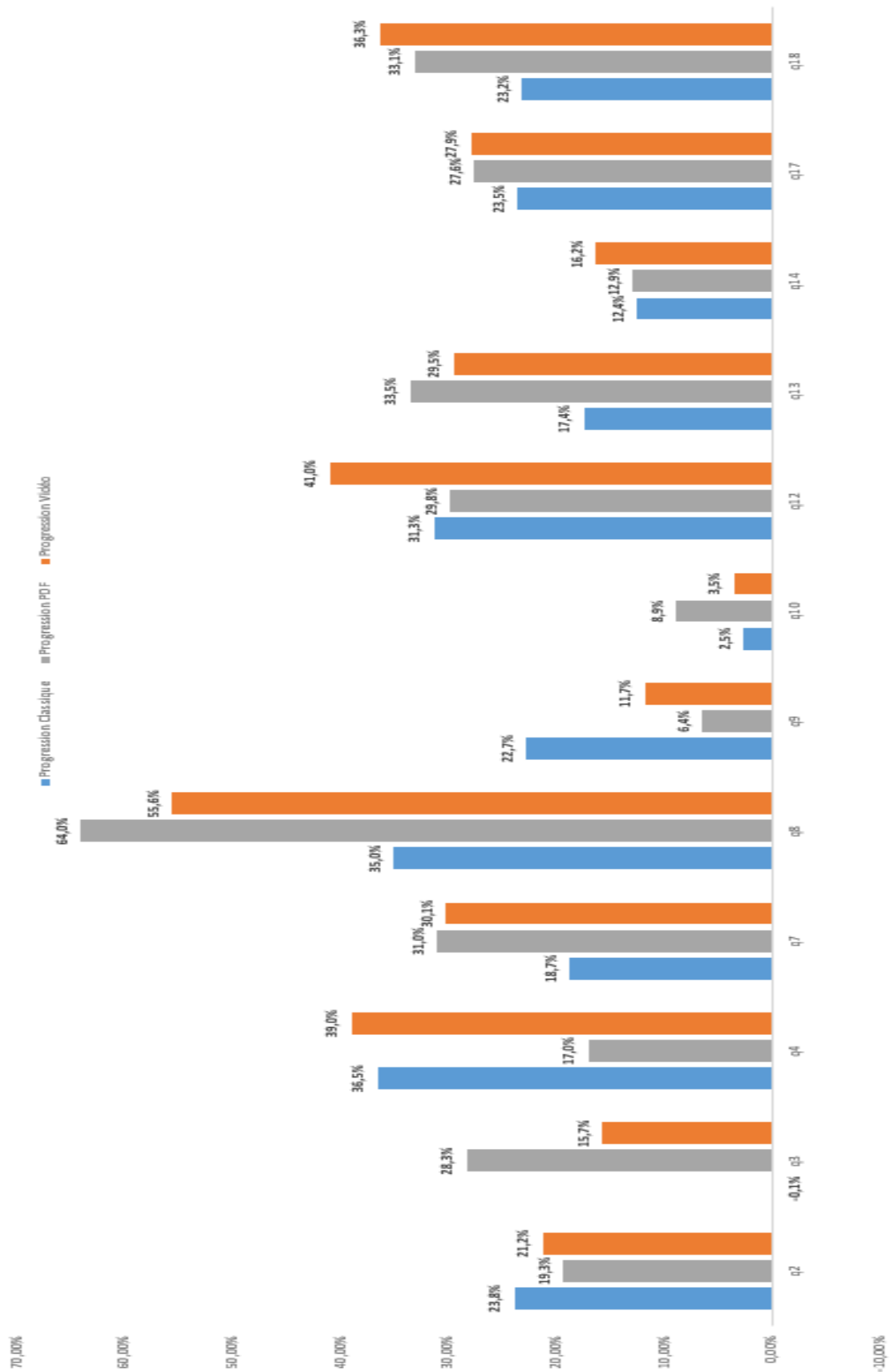


## Annexe 19 : Z-Tests pour le questionnaire n°1 et le questionnaire n°2 pour les pédagogies inversées

<i>Moyenne</i>	<b>Z tests entre pédagogie (Moyennes Q1)</b>					
	<i>Observations</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>p-value</i>
Vidéo Q1	79	0,0	21,0	6,9	3,2	0,01 (S)
PDF Q1	49	3,0	18,0	8,4	3,3	
Vidéo Q2	79	5,0	19,0	12,5	3,0	0,202
PDF Q2	49	8,0	18,0	13,2	2,7	(NS)



## Annexe 20 : Taux de progression des bonnes réponses entre le questionnaire 1 et le questionnaire 3 (effet de la pédagogie)



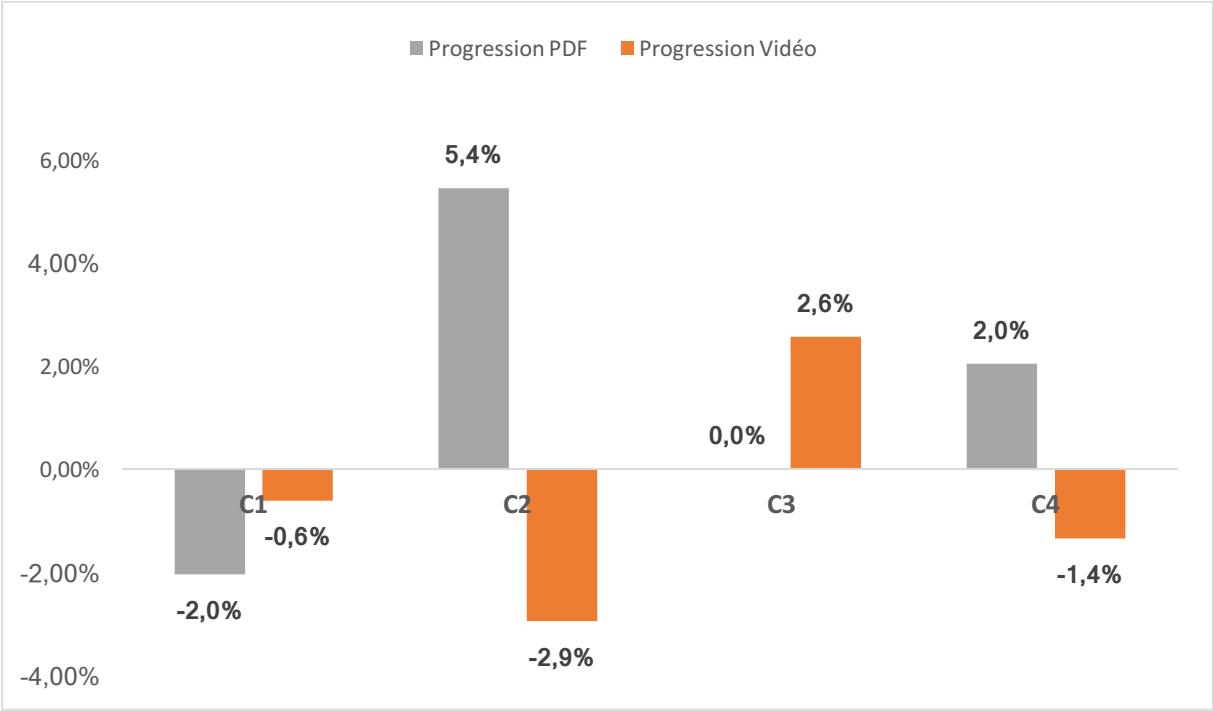
## Annexe 21 : Z-Tests pour le questionnaire n°1 pour toutes les pédagogies

<i>Moyenne</i>	<b>Z tests entre pédagogie (Moyennes Q1)</b>					
	<i>Observations</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>p-value</i>
Vidéo Q1	79	0,0	21,0	6,9	3,2	0,011 (S)
PDF Q1	49	3,0	18,0	8,4	3,3	
Classique Q1	49	0,0	12,0	5,8	2,5	<0,0001
PDF Q1	49	3,0	18,0	8,4	3,3	(S)
Classique Q1	49	0,0	12,0	5,8	2,5	0,044 (S)
Vidéo Q1	79	0,0	21,0	6,9	3,2	

## Annexe 22 : Z-Tests pour le questionnaire n°3 pour toutes les pédagogies

<i>Moyenne</i>	<b>Z tests entre pédagogie (Moyennes Q3)</b>					
	<i>Observations</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>p-value</i>
Vidéo Q3	79	5,0	21,0	13,2	4,0	0,500
PDF Q3	49	5,0	20,0	13,6	3,7	(NS)
Classique Q3	49	4,0	18,0	11,2	3,7	0,001 (S)
PDF Q3	49	5,0	20,0	13,6	3,7	
Classique Q3	49	4,0	18,0	11,2	3,7	0,005 (S)
Vidéo Q3	79	5,0	21,0	13,2	4,0	

**Annexe 23 : Taux de progression des bonnes réponses entre le questionnaire 2 et le questionnaire 3**



**Annexe 24 : Les tableaux regroupant les différents Z-tests, sur échantillons indépendants, des classes prises deux à deux**

<i>Moyenne</i>	<b>Z tests entre pédagogie (Moyennes TP)</b>					
	<i>Observations</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>p-value</i>
Classique AE	59	7,0	18,1	12,5	2,3	0,002 (S)
PDF AE	62	6,5	18,6	13,9	2,7	
Vidéo AE	94	7,7	18,0	13,5	2,5	0,007 (S)
Classique AE	59	7,0	18,1	12,5	2,3	
Vidéo AE	94	7,7	18,0	13,5	2,5	NS
PDF AE	62	6,5	18,6	13,9	2,7	

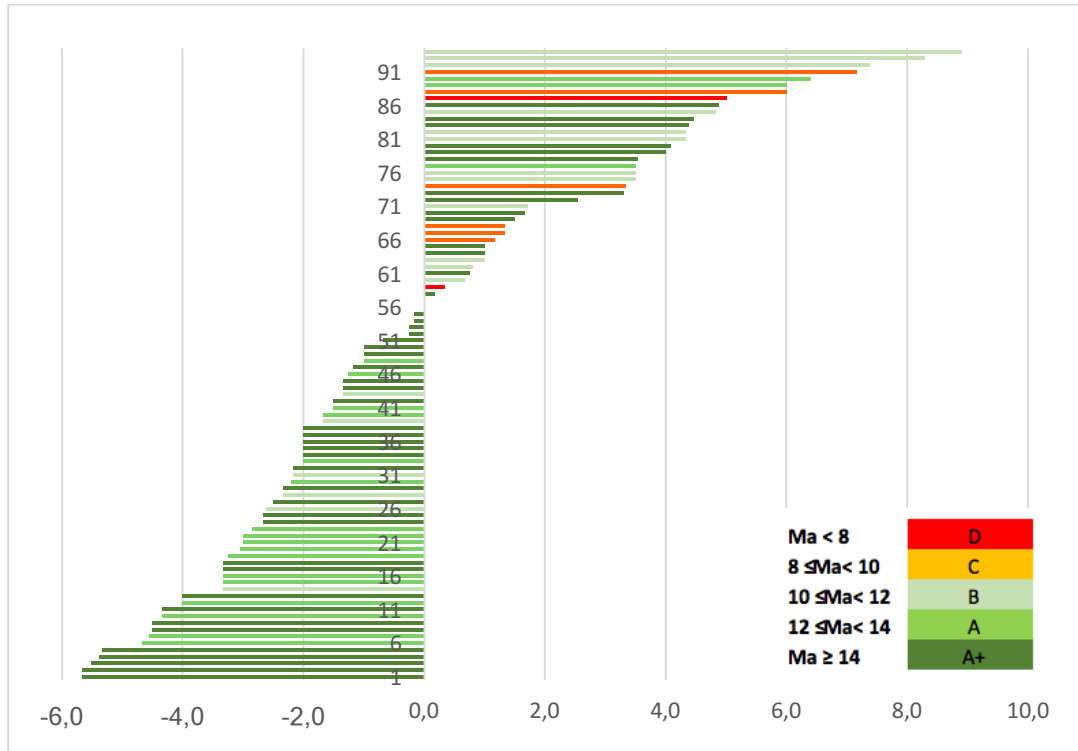
<i>Moyenne</i>	<b>Z tests entre pédagogie (TP Pression)</b>					
	<i>Observations</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maximum</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart-type</i>	<i>p-value</i>
Classique AE Pression	59	9,0	20	13,9	3,0	NS
PDF AE Pression	62	8,0	19,0	13,3	2,8	
Classique AE Pression	59	9,0	20	13,9	3,0	NS
Vidéo AE Pression	94	8	20	13,3	3,5	
PDF AE Pression	62	8,0	19,0	13,3	2,8	NS
Vidéo AE Pression	94	8	20	13,3	3,5	

	<b>Z tests entre pédagogie (DS Pression)</b>					
<b>Moyenne</b>	<b>Observations</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>	<b>p-value</b>
Classique DS Pression	62	0,5	20	8,4	4,4	NS
PDF DS Pression	30	3,0	15,0	9,6	3,4	
PDF DS Pression	30	3,0	15,0	9,6	3,4	NS
Vidéo DS Pression	92	2,5	19,5	8,5	4,5	
Classique DS Pression	62	0,5	20	8,4	4,4	NS
Vidéo DS Pression	92	2,5	19,5	8,5	4,5	

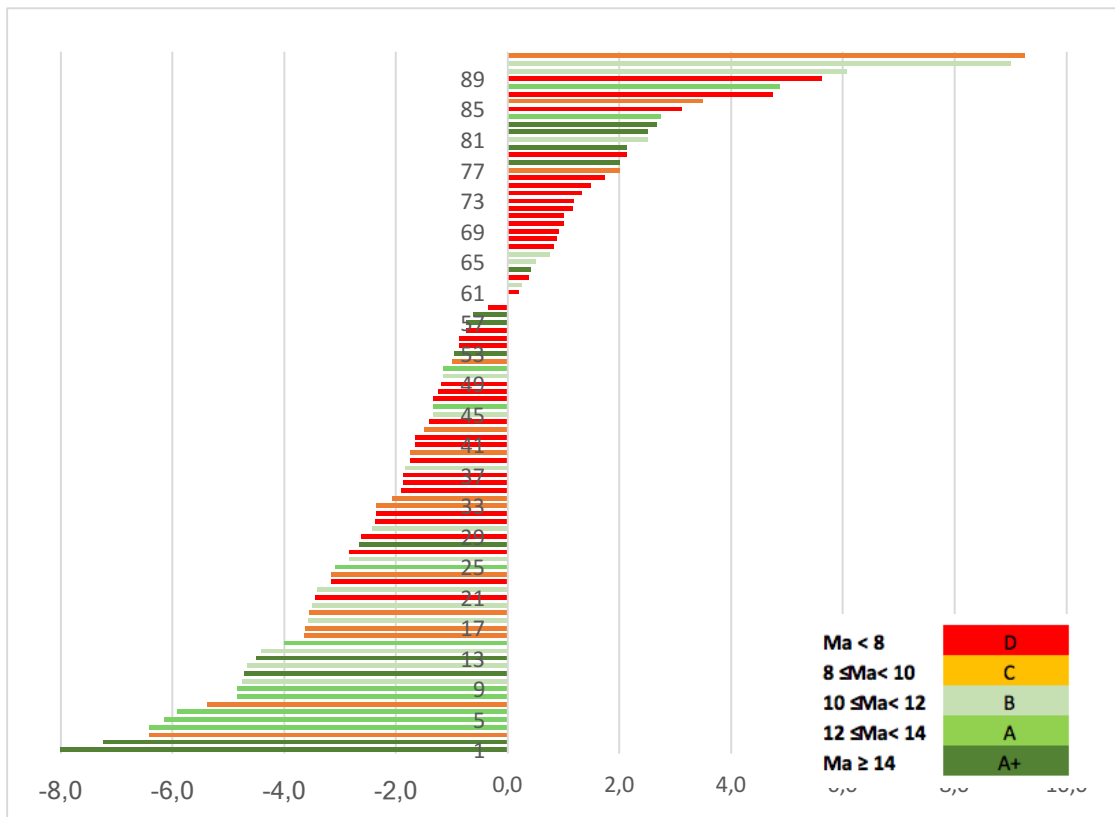
	<b>Z tests entre pédagogie (Moyennes DS)</b>					
<b>Moyenne</b>	<b>Observations</b>	<b>Minimum</b>	<b>Maximum</b>	<b>Moyenne</b>	<b>Ecart-type</b>	<b>p-value</b>
Classique DS	62	0,8	18,9	9,6	4,1	NS
PDF DS	30	5,0	16,0	10,1	2,8	
Vidéo DS	92	3,0	17,7	9,5	3,8	NS
Classique DS	62	0,8	18,9	9,6	4,1	
Vidéo DS	92	3,0	17,7	9,5	3,8	NS
PDF DS	30	5,0	16,0	10,1	2,8	

## Annexe 25 : Ventilation du niveau des élèves en fonction de l'indice de performance

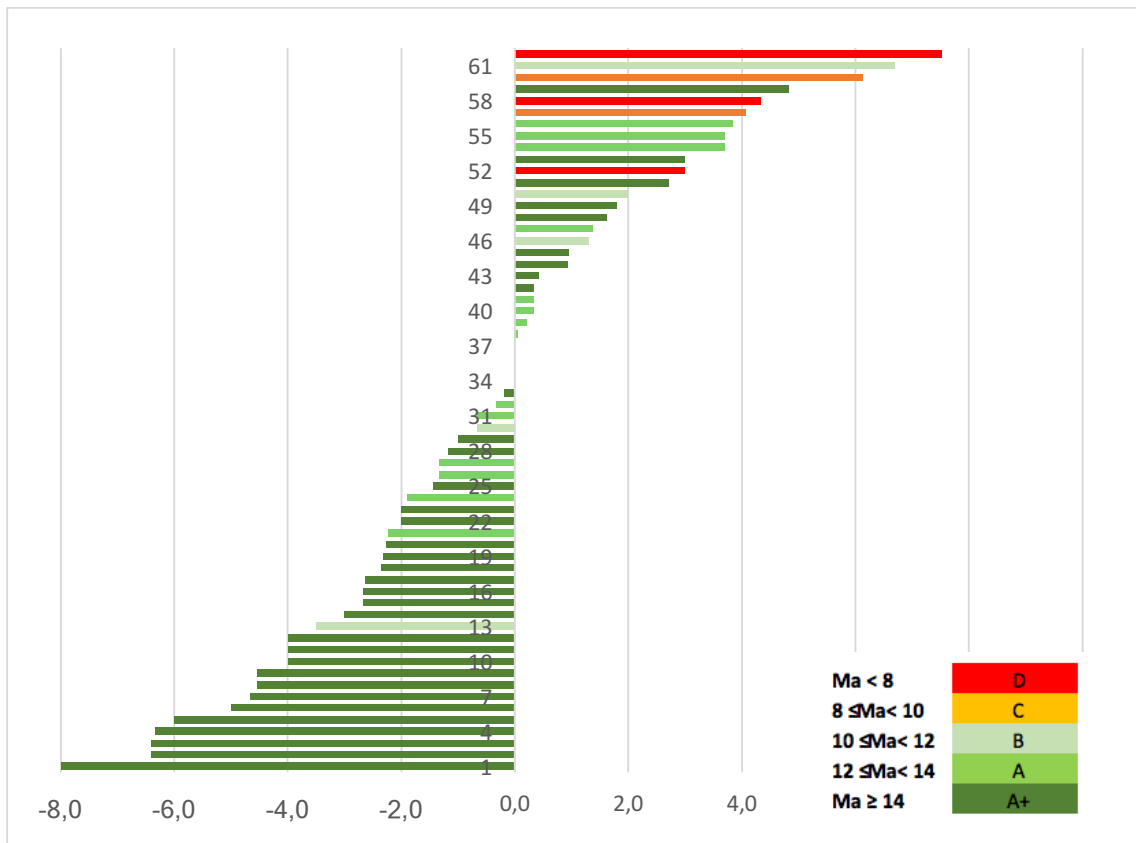
### Pédagogie inversée vidéo AE



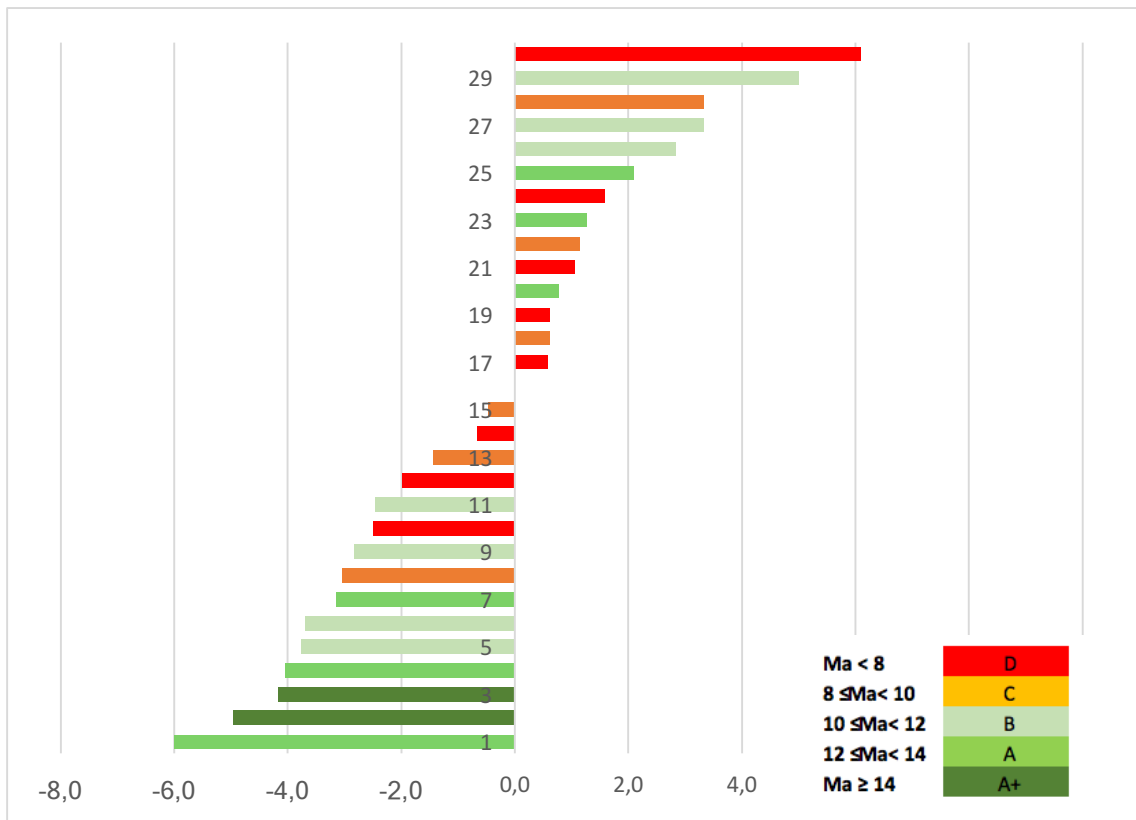
### Pédagogie inversée vidéo DS



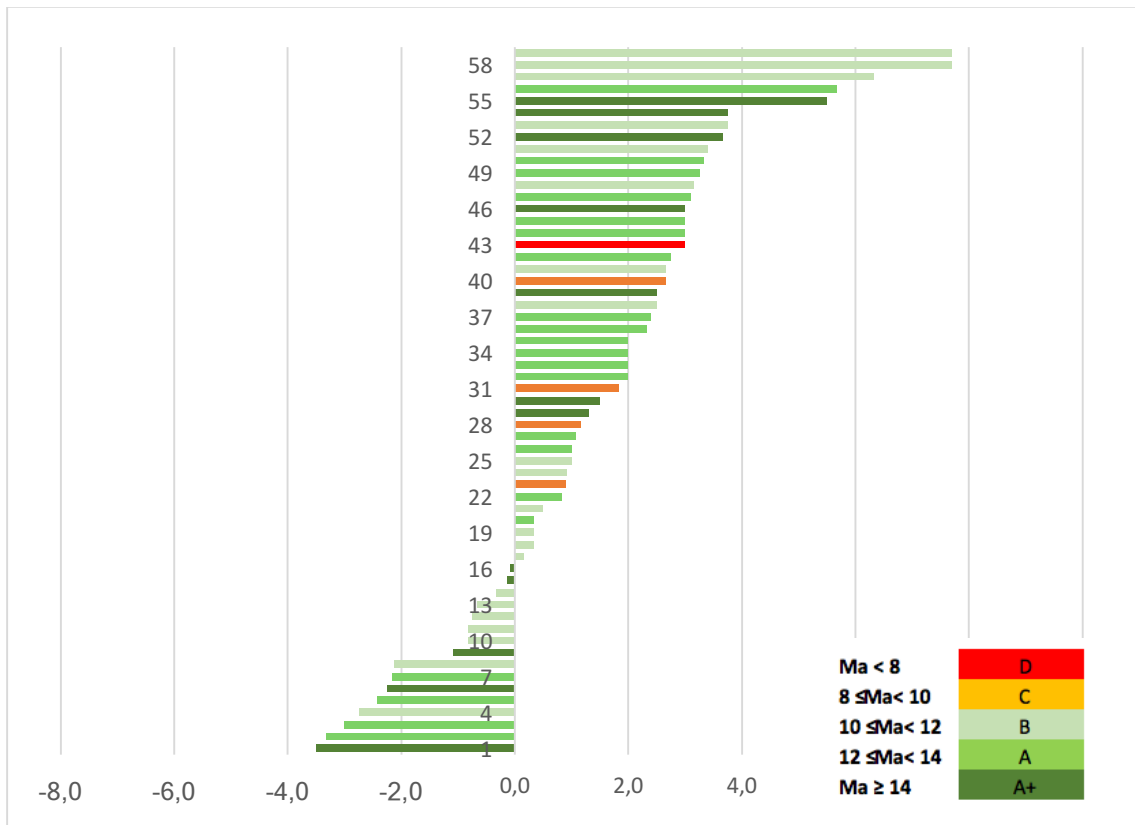
### Pédagogie inversée PDF AE



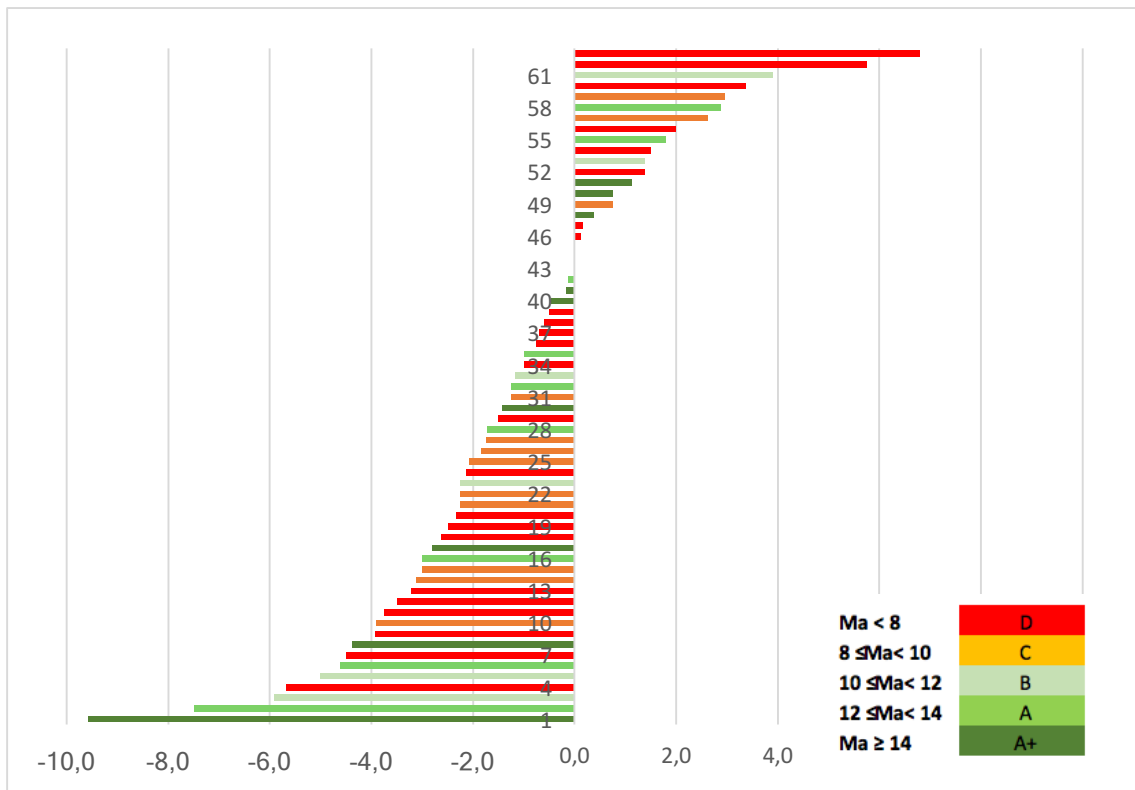
### Pédagogie inversée PDF DS



## Pédagogie classique AE



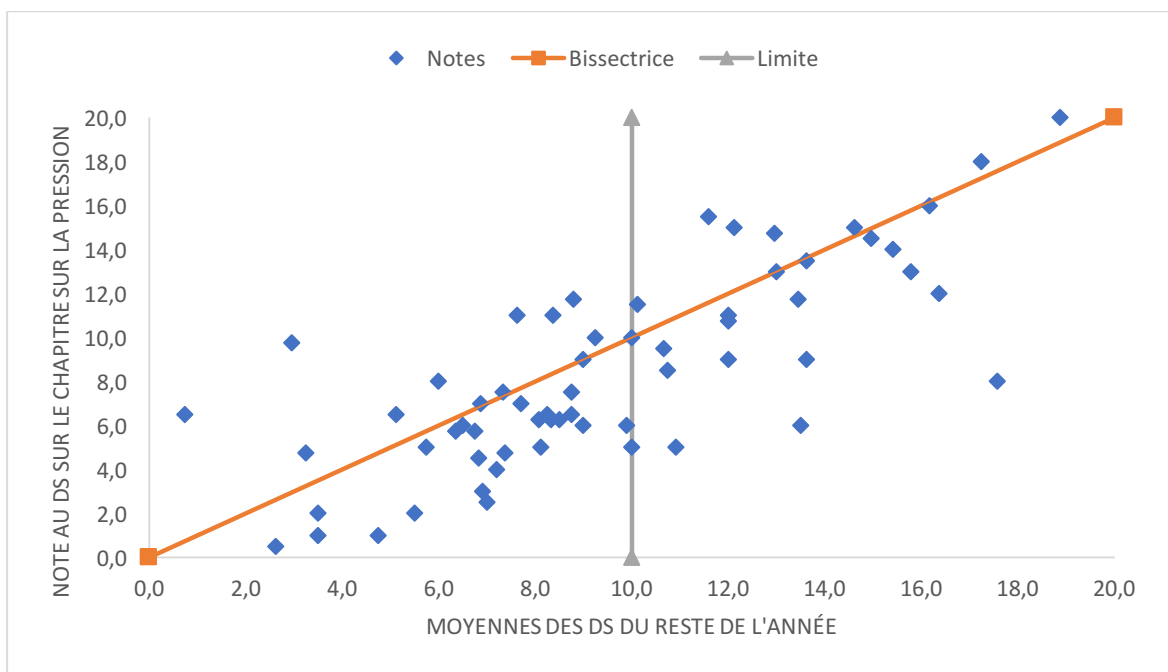
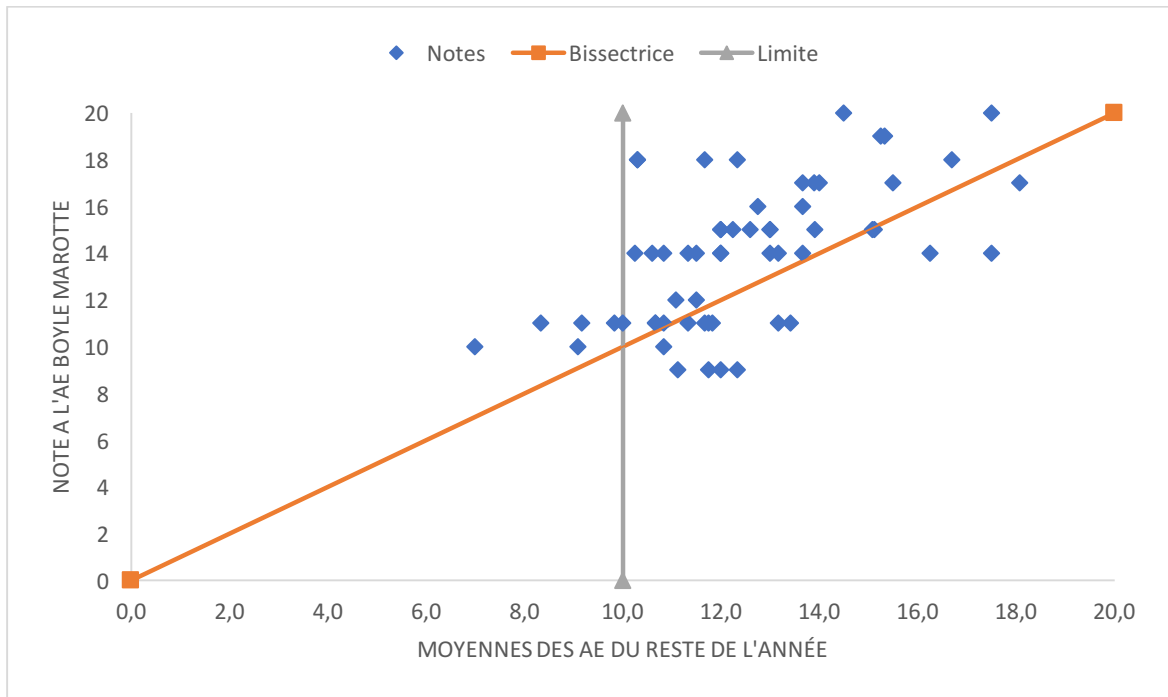
## Pédagogie classique DS



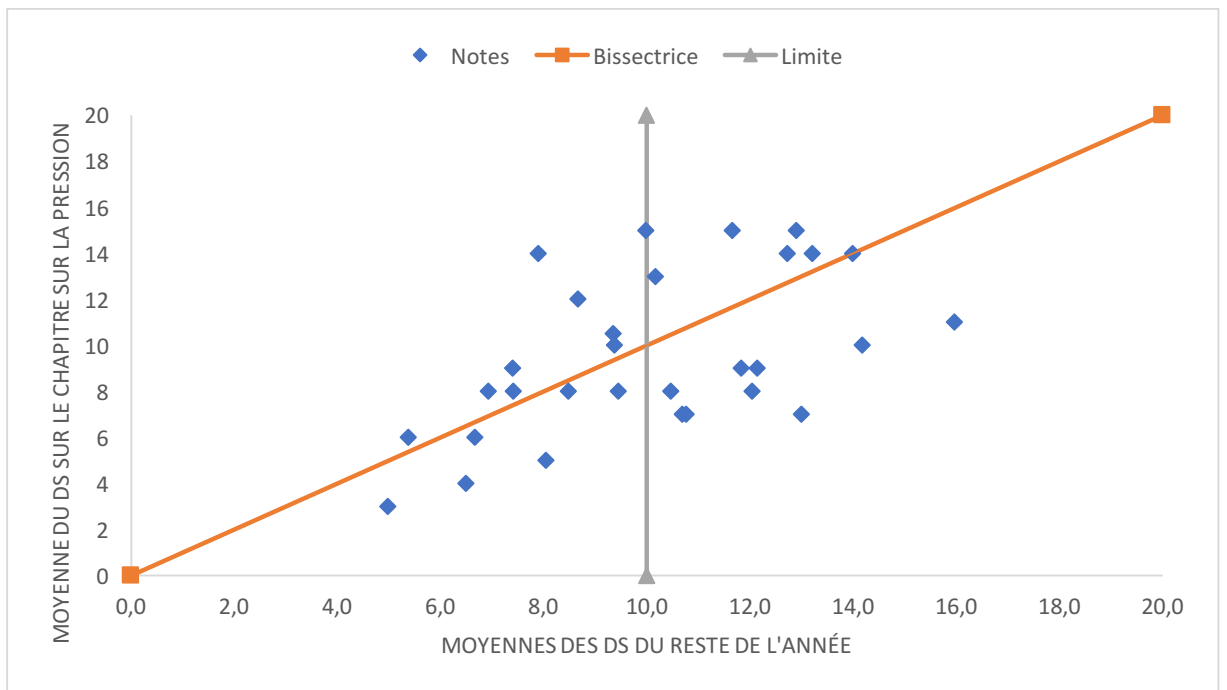
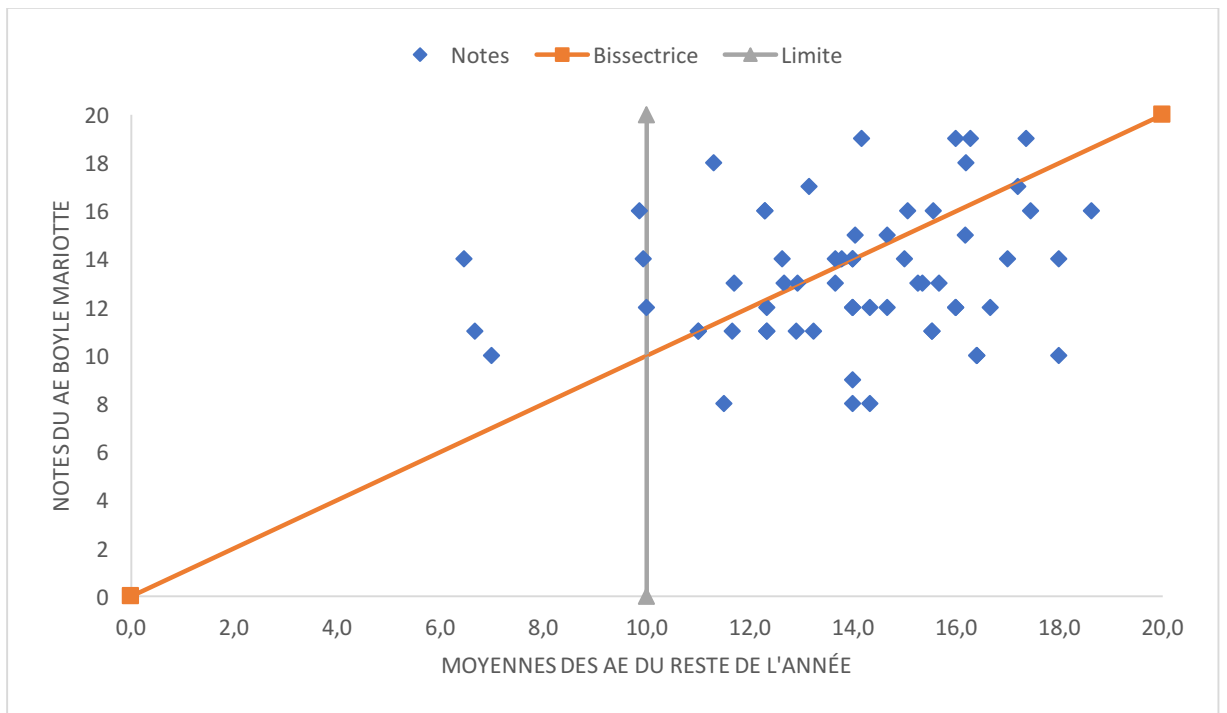


**Annexe 26 : Graphiques représentant la différence des moyennes entre l'AE Boyle Mariotte et les autres AE de l'année, la différence des moyennes entre le DS Pression et les autres DS de l'année pour les trois pédagogies**

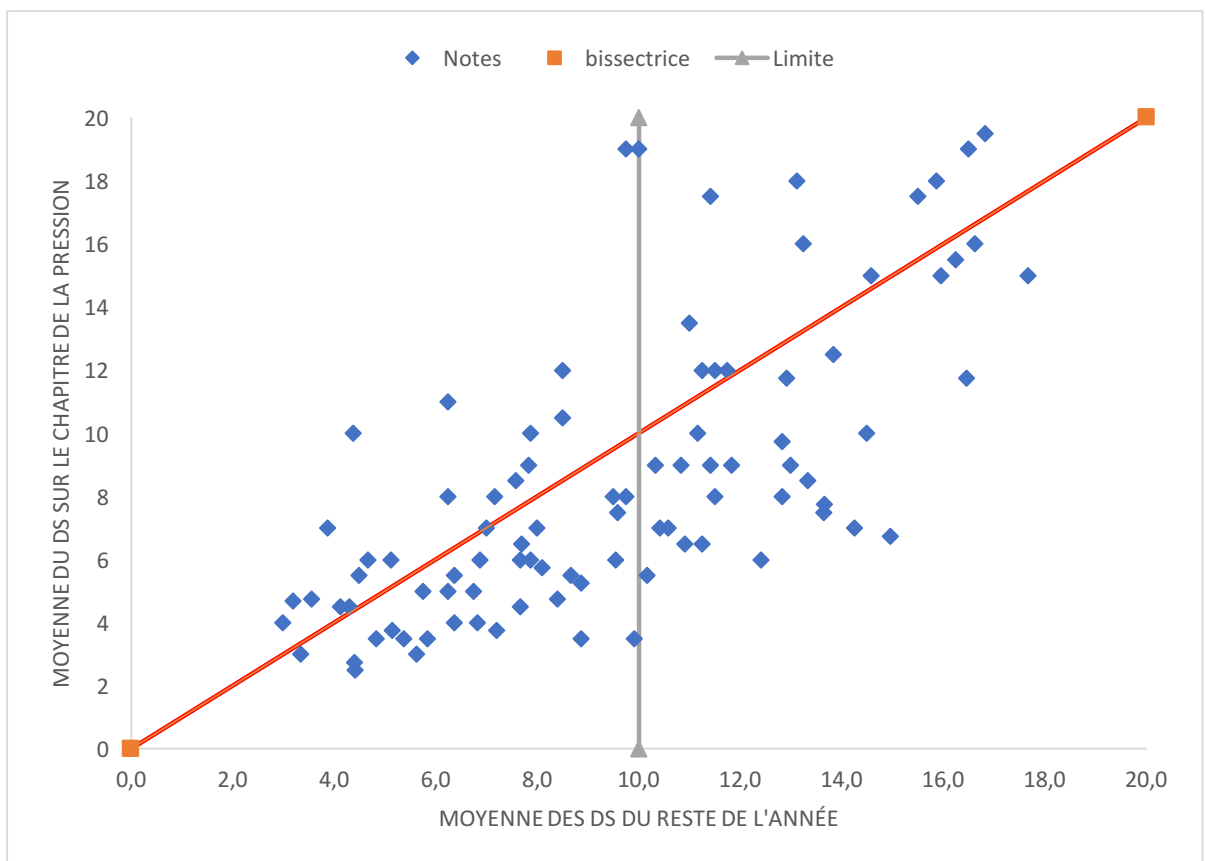
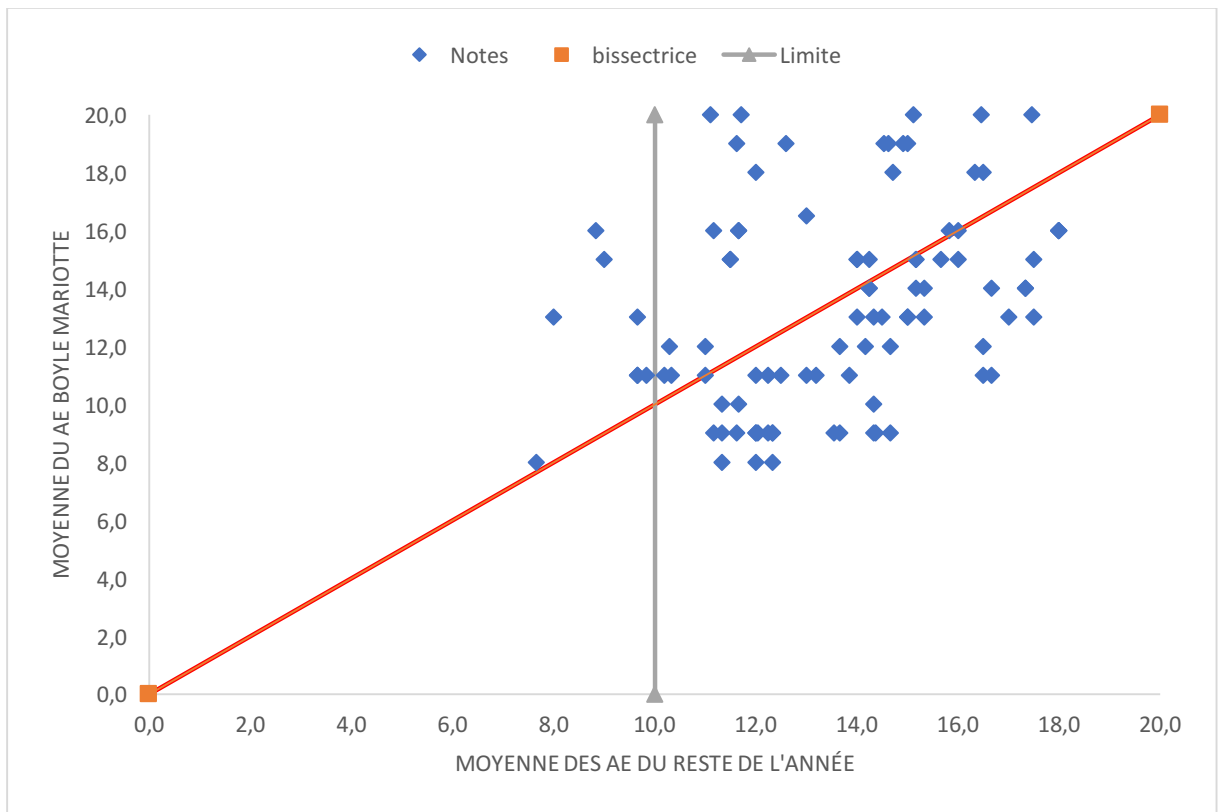
**Pédagogie classique**



## Pédagogie inversée PDF



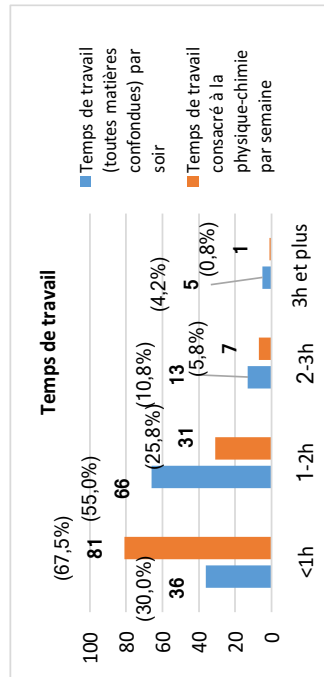
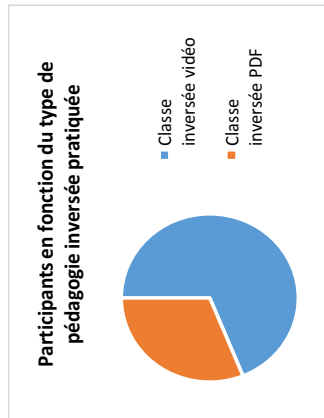
## Pédagogie inversée vidéo



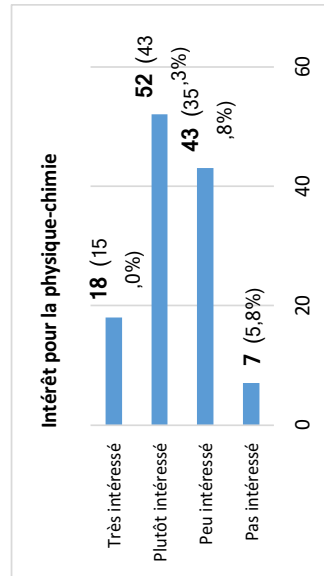
# Annexe 27 : Analyse détaillée du questionnaire n°4

## Questionnaire 4 : Evaluation de la pédagogie inversée par les élèves

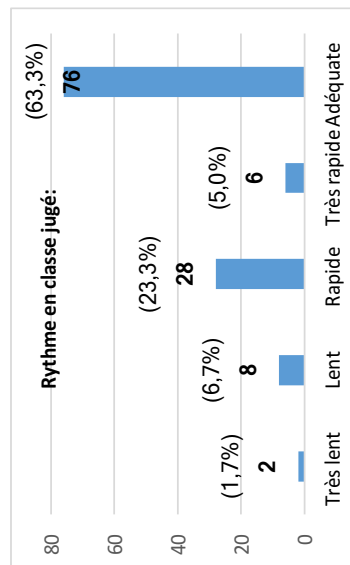
Question 1 et 2



Question 3



Question 4



Questions 5, 6, 7, 8, 9

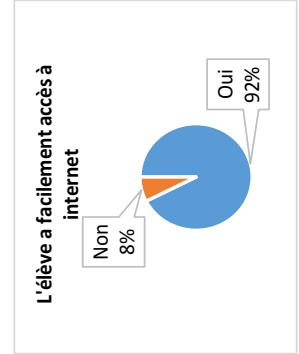
La classe inversée ...	Pas du tout d'accord	Plutôt pas d'accord	Plutôt d'accord	Complètement d'accord
M'a obligé à travailler régulièrement la physique-chimie dans la semaine	9 (7,5%)	43 (35,8%)	60 (50,0%)	8 (6,7%)
Est plus motivante pour moi que la classe traditionnelle	33 (27,5%)	27 (22,5%)	49 (40,8%)	11 (9,2%)
M'a aidé à me sentir plus à l'aise en classe	43 (35,8%)	27 (22,5%)	44 (36,7%)	6 (5,0%)
Est une approche pédagogique efficace pour l'apprentissage de la physique-chimie	18 (15,0%)	33 (27,5%)	57 (47,5%)	12 (1,0%)
J'aimerais suivre d'autres cours en pédagogie inversée	Non 62 (51,7%)		Oui 58 (48,3%)	

Questions 10, 11 avec n= nombre de fois terme retrouvé

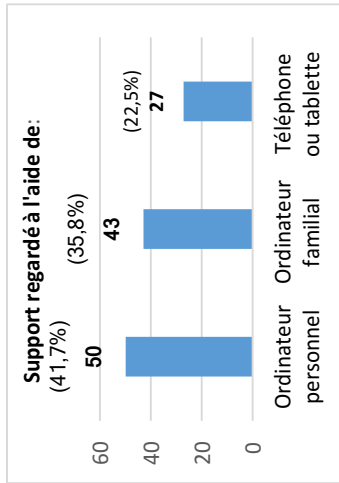
Points forts de cette nouvelle approche (n)	Points faibles de cette nouvelle approche (n)
Autonomie = 23	Chronophage = 25
Compréhension = 44	Prof non présent à la maison = 13
Motivation = 28	Charge de travail = 40
Retour en classe et exercice = 40	

Question 12, 13 : Non interprétable

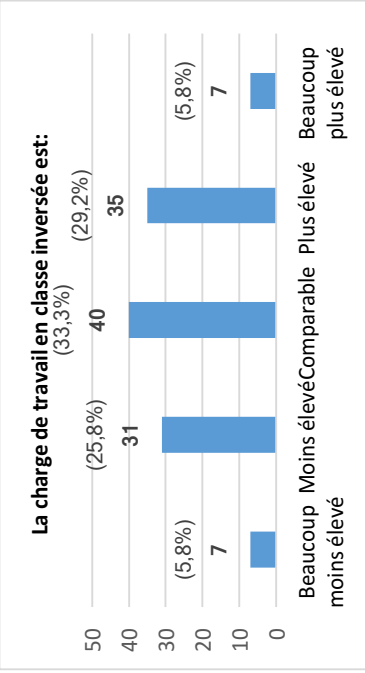
Question 14



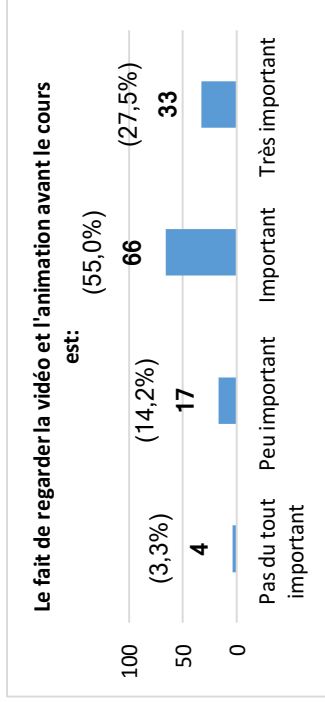
Question 15, 16



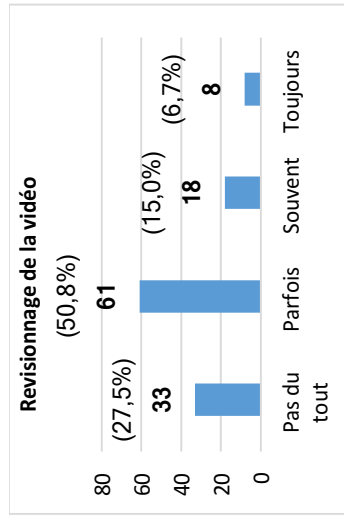
Question 17



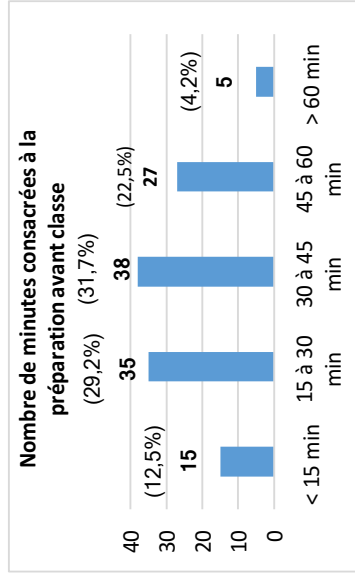
Question 18



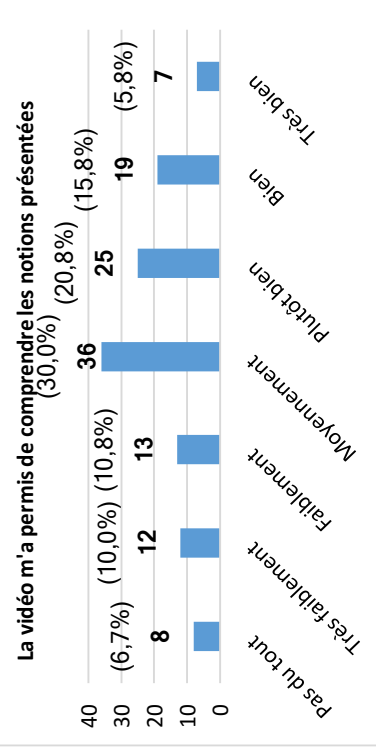
Question 19



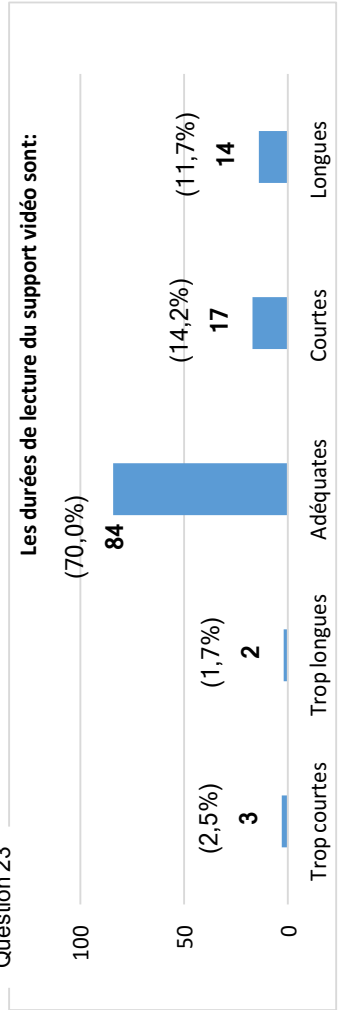
Question 20



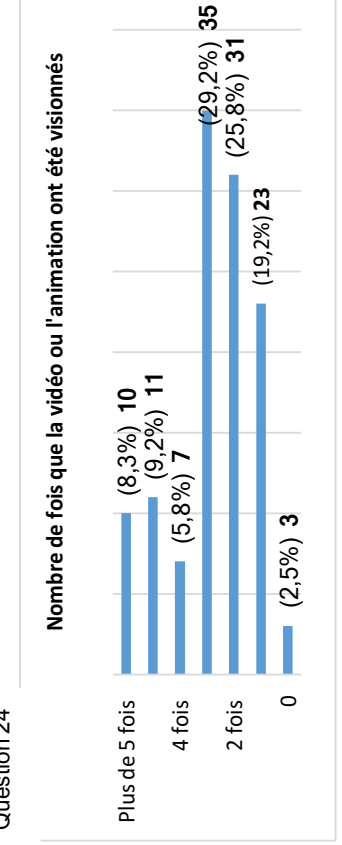
Question 22



Question 23



Question 24



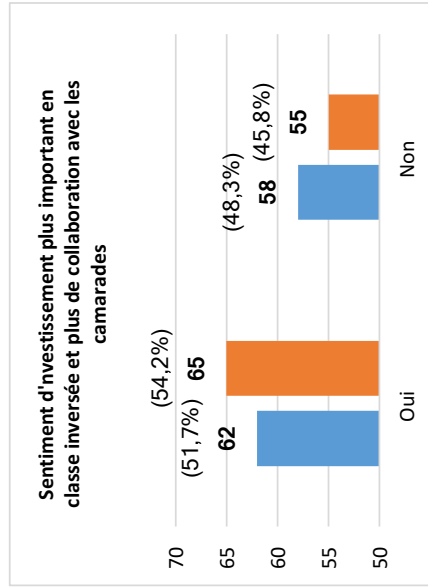
Question 25, 26, 27

<i>D'après toi,</i>	Lent	Court	Adéquat	Long
Le rythme de la vidéo est :	7 (5,8%)	24 (20,0%)	94 (78,3%)	5 (4,2%)
Le retour en classe des notions présentées dans les vidéos et l'animation est	Peu utile 4 (3,3%)	Très utile 33 (27,5%)	Court 21 (17,5%)	Long 12 (10,0%)
Les périodes d'exercices en classe en présence du professeur me sont	Inutiles 22 (18,3%)	Peu utiles 12 (10,0%)	Utiles 59 (49,2%)	Très utiles 27 (22,5%)
				Adéquat 50 (41,7%)

Question 32,33

<i>En classe inversée ...</i>	Oui	Non
Je me suis sentie plus à l'aise dans la prise de parole devant l'enseignant	61 (50,8%)	59 (49,2%)
Je me suis senti(e) plus autonome	63 (52,5%)	57 (47,5%)

Question 28, 29,



## **Résumé**

Ces dernières années, la pédagogie inversée a fait l'objet de nombreuses études. La plupart ont montré, entre autres, que cette méthode est prometteuse pour les élèves en difficulté et moins efficace pour les « bons » élèves, avec dans les deux cas une préférence pour les supports vidéo.

Ce mémoire a pour objet d'étude l'influence du support en pédagogie inversée, sur l'apprentissage des compétences dans une classe de seconde en physique chimie.

Une étude expérimentale, prospective, multicentrique, non randomisée, a été menée sur 7 classes en confrontant la pédagogie inversée utilisant différents supports (PDF ou vidéos) à la pédagogie traditionnelle qui répond aux attentes du Ministère de l'Education Nationale. Pour répondre à notre problématique, un questionnaire disciplinaire a été proposé à différents stades de l'étude afin de suivre la progression des élèves. À partir des résultats obtenus, une analyse statistique associée à des tests de significativité a été menée. Il en ressort que le support vidéo a permis à un plus grand nombre d'élèves d'assimiler les notions à connaître, bien que les résultats obtenus en fin de chapitre ne démontrent pas globalement d'une meilleure acquisition des compétences.

On peut cependant retirer de cette expérience que la pédagogie inversée ne convient qu'à une partie des élèves et qu'il est nécessaire de varier, au cours de l'année, les pratiques pédagogiques et les supports d'information.

**Mots clés : pédagogie inversée ; physique-chimie ; support ; apprentissage ; compétence**

## **Abstract**

In recent years, flipped classroom has been the subject of numerous studies. Most have shown, among other things, that this method is promising for students in difficulty and less effective for "good" students, with in both cases a preference for video media.

The aim of this thesis is to study the influence of support in flipped classroom, on the learning of skills for the first year of high school class in physics chemistry.

An experimental, prospective, multicentric, non-randomized study was carried out on 7 classes by confronting the flipped classroom using different supports (PDF or videos) to the traditional pedagogy, which meets the expectations of the Ministry of Education. To answer this question, a disciplinary questionnaire was proposed at different stages of the study in order to follow the progress of the students. From the results obtained, a statistical analysis with significance tests was carried out. It emerges that video support has allowed a greater number of students to assimilate the notions to be known, although the results obtained at the end of the chapter do not demonstrate overall better skills acquisition.

However, it is possible to draw from this experience that flipped classroom is only suitable for part of the students and that it is necessary to vary during the course of the year the pedagogical practices and the information media.

**Key words: Flipped classroom ; chemical Physics ; Support ; Learning ; skill**