

**Faculté de psychologie et des sciences
de l'éducation
École d'éducation et de formation (EDEF)
Master de spécialisation en pédagogie universitaire
et de l'enseignement supérieur**

Pédagogie active : perceptions des modes d'échecs, limites et perspectives par des innovateurs pédagogiques reconnus

Auteur: Dr Michaël Lobet
Promoteur: Prof. Dr Marc Romainville
Lecteurs: Dr Pascale Wouters, Prof. Dr Jim Plumet
Année académique 2022-2023

“Take data. Treat your classroom like a lab and question your own hidden assumptions. That's what launched my career in education, the fact that I tend to be quantitative. And I tend to try to get to the bottom of things”.

Eric Mazur

Remerciements

A l'heure d'écrire ces quelques lignes, beaucoup de noms me viennent en tête. Différentes personnes auxquelles je souhaiterais exprimer ma gratitude, qui ont permis, d'une façon ou d'une autre, que ce projet de master de spécialisation en pédagogie universitaire et de l'enseignement supérieur devienne une réalité, matérialisée par ce mémoire.

Les premiers à qui je pense sont l'ensemble des enseignants que j'ai côtoyé tout au long de mes apprentissages.

Le professeur Eric Mazur est sans aucun doute le premier dans ma liste. Eric, thank you very much for being such a great mentor, for research in both photonics and education, for having me as your teaching assistant at Harvard, for providing me tips all along my way as a scientist and educator. I'm not sure you realize how impactful all your advice were on my starting career and I am deeply grateful for that. Thanks a lot also for helping me finding great innovators, such as Carl Wieman and Derek Bruff.

Je tiens également à remercier le professeur Marc Romainville qui m'a guidé tout au long de ce projet de recherche. Merci pour les nombreuses corrections et conseils lorsque je découvrais ce « nouveau monde ». Merci également au professeur Mariane Frenay ainsi qu'au Dr Pascale Wouters pour l'ensemble des interactions lors des séminaires. J'en garderai longtemps en mémoire ces moments qui m'ont poussé dans mes retranchements, questionné sans cesse, afin de pouvoir m'aider à mieux appréhender les sciences de l'éducation, leurs codes et manière de fonctionner. Je mesure que je n'en suis qu'au début de ma compréhension de ce « nouveau monde », mais merci à tous les trois de m'avoir guidé sur ces chemins.

Merci aussi aux différents innovateurs pédagogiques qui se sont prêtés au jeu des entretiens : Carl Wieman, Eric Burkholder, Derek Bruff, Jean-Charles Cailliez et Jim Plumat. Je tiens à remercier le professeur Jim Plumat doublement, avec sa casquette de lecteur de ce mémoire. Je me réjouis de pouvoir en discuter de vive voix. Merci spécifique également au professeur Carl Wieman : avoir la chance d'interroger un prix Nobel de physique est un événement marquant dans un mémoire !

Je tiens à faire un petit coucou à toute l'équipe des étudiants du master rencontrés en cours de route. Le groupe WhatsApp est vraiment super lorsque l'on a des coups de mou ! Merci !

Merci à ma famille pour le soutien inconditionnel que vous m'apportez au quotidien. Et c'est vrai que parler pédagogie et enseignement a toujours été présent à la maison, merci !

Enfin, last but not least, merci Anouck. Par où commencer ? Merci pour tout ! Merci de m'avoir suivi dans ce qui était une folie au début, merci pour ta patience lors de ces longues soirées ou ces dimanches consacrés à ce mémoire. Merci surtout pour ton soutien sans faille et tout le bonheur partagé avec Jillou.

Table des matières

Partie I. Introduction	7
I.1. Mon parcours avant 2017	7
I.2. L'année académique 2017-2018.....	8
I.3. La suite de mon parcours professionnel.....	8
I.4. Structure du mémoire.....	9
Partie II. Projet de recherche appliquée	11
II.1. Contexte de la recherche	11
II.1.1. Description des pratiques professionnelles	11
II.1.2. Questionnements issus des pratiques professionnelles	23
II.1.3. Cadre théorique de référence : notions de pédagogie active	24
II.2. Question de recherche.....	35
II.3. Méthode de recherche	36
II.3.1. Présentation générale de la méthodologie.....	36
II.3.2. Présentation de l'échantillon d'innovateurs pédagogiques reconnus	37
II.3.3. Synthèse des dispositifs de pédagogies actives mis en place par les innovateurs	40
II.4. Résultats.....	50
II.4.1. Présentation et analyse des résultats	50
A. Modes d'échecs relatifs aux enseignants.....	50
B. Modes d'échecs relatifs aux étudiants	57
C. Limites et difficultés rencontrées dans la pratique des innovateurs pédagogiques.....	59
D. Solutions mises en place par les innovateurs pédagogiques	60
E. Perspectives et questionnements	63
F. Conseils à un jeune enseignant	68
II.4.2. Discussion des résultats	71
Conclusions.....	79
Références bibliographiques	83
Annexes	88

Table des illustrations

Figure 1 : Aperçu rapide des activités pédagogiques développées dans le cours d' « <i>Applied Physics</i> » du Prof. E. Mazur à Harvard.....	13
Figure 2 : Mode d'emploi rapide du cours « <i>Physique Mathématique</i> » transposant partiellement le modèle du cours « <i>Applied Physics</i> » d'Eric Mazur.....	19
Figure 3 : Mode d'emploi rapide du cours « <i>Conceptual physics with technical applications</i> » s'inspirant des cours « <i>Applied Physics</i> » d'Eric Mazur et « <i>Physique Mathématique</i> ».....	22
Figure 4 : Activité proposée par l'équipe du Prof. Wieman sur base des notes de cours illustrées en figure 5. Issu de [Jones2015].....	44
Figure 5 : Notes de cours ayant servi à préparer l'activité illustrée en figure 4. Issu de [Jones2015].....	44

Table des tableaux

Tableau 1 : Répartition des différentes activités pédagogiques proposées par Derek Bruff dans son cours de Cryptographie.....	42
---	----

Partie I. Introduction

La première partie de ce mémoire présente l'origine de mon projet de formation, en regard de mon développement professionnel ainsi que de mon expertise professionnelle. Elle débute par une description de mon parcours et mes différents rapports à l'enseignement avant 2017 – année charnière dans l'évolution de ces rapports. L'introduction se poursuit avec mon rapport aux méthodes de pédagogie active, et se clôture avec la présentation de la structure du présent mémoire.

I.1. Mon parcours avant 2017

« *La pomme ne tombe jamais loin de l'arbre* ». L'adage est connu mais prend particulièrement sens si j'analyse mon parcours professionnel aujourd'hui. Je suis l'arrière-petit-fils d'un instituteur, le fils d'une mère enseignante dans l'enseignement obligatoire secondaire supérieur et d'un père enseignant dans l'enseignement supérieur. Ce dernier fut pionnier des cours à distance, via vidéo-conférences. Ce qui paraît anodin aujourd'hui après la pandémie de COVID-19 était une petite révolution aux balbutiements d'Internet, au milieu des années nonantes. Aussi loin que je puisse m'en souvenir, j'ai donc toujours été baigné par des considérations pédagogiques et technologiques, de manière plus ou moins directe. Vers 16 ans, je découvre l'animation de jeunes et par ce biais l'apprentissage de valeurs par le jeu. Sans le savoir à l'époque, je suis alors immergé sept années durant dans la ludo-pédagogie de style « *jeux-cadres* » de Thiagi [Thiagi]. Je deviens en parallèle formateur régional et fédéral d'animateurs patro. De cette période, je garde l'apprentissage de construction de séances de « *cours* », appelées « *unités de formation* ». Ces unités de formation sont principalement données à deux, voire à trois formateurs. Elles sont remplies de mises en situation, d'échanges entre les participants, de jeux, de moments d'évaluations ludiques et d'autres approches originales pour transmettre un contenu pédagogique prédéfini.

Bien que tenté par des études d'éducateur spécialisé, au moment de faire mon choix d'études supérieures, je m'oriente vers les sciences physiques, curieux de comprendre le fonctionnement de l'Univers. Rien que ça. A l'issue de mes études, je me suis spécialisé en optique/photonique. J'obtiens alors un poste d'assistant au département de physique de l'UNamur, les professeurs ayant sans doute repéré en moi un goût prononcé pour l'enseignement, notamment du fait de mon parcours d'animateurs/formateur patro. En parallèle d'une thèse de doctorat consacrée à l'absorption de lumière dans les matériaux, j'enseigne à mi-temps entre septembre 2011 et août 2017. En tant qu'assistant, j'encadre des séances d'exercices et de travaux pratiques au laboratoire pour différentes filières et différentes années. Cette charge inclut la préparation des cours, la coordination d'activités d'enseignement, la modération de forum, l'organisation de séances de remédiation, la supervision d'étudiants pour des travaux de mémoire ou encore la participation à l'évaluation des étudiants.

Plus spécifiquement, j'ai encadré les cours suivants :

- Physique générale (mécanique, électricité, optique) (1^e bachelier en sciences géologiques, géographiques, biologiques et médecine vétérinaire)
- Physique médicale (1^e bachelier en médecine)
- Communication scientifique (1^e master en sciences physiques)

- Mécanique quantique (2e et 3e bachelier en sciences physiques)
- Systèmes de particules quantiques (1e master en sciences physiques)
- Simulations en optique (2e master en sciences physiques)
- Physique des nanostructures (1e master en sciences physiques)
- Initiation à la recherche scientifique (3e bachelier en sciences physiques)
- Remédiation (Opération "Tremplin") (1e bachelier en sciences et médecine).

Défendant ma thèse fin novembre 2016, je reprends dans la foulée une charge d'enseignement à l'école industrielle et commerciale de la ville de Namur, en promotion sociale. J'assure également, en tant que suppléant, le cours théorique de mécanique quantique en 2e bachelier physique lors du printemps 2017. Ce sont mes premiers pas en tant que professeur de l'enseignement supérieur.

Durant l'été 2013, lors d'une école doctorale en Sicile, je rencontre Eric Mazur, chercheur en nanophotonique et professeur à Harvard. Celui-ci est connu comme étant le père fondateur de l'instruction par les pairs [Mazur1997, Crouch2001]. Il nous initie à cette pratique durant ses séminaires et j'en ressors marqué. Rentrant à l'UNamur, je teste régulièrement cette méthode en classe, principalement lors des révisions, pour faire gagner un paquet de chokotoffs à mes élèves. Sans le savoir, cette rencontre et ces tests allaient changer mon rapport à l'enseignement.

I.2. L'année académique 2017-2018

Ayant terminé ma thèse de doctorat fin 2016, je me suis mis en quête d'un lieu d'accueil pour effectuer une recherche postdoctorale. La double expertise photonique-pédagogie d'Eric Mazur me semblait pertinente pour mon développement professionnel. J'ai ainsi obtenu une bourse de la *Belgian American Educational Fondation* (BAEF) pour aller étudier à Harvard durant l'année académique 2017-2018. Dans mon projet remis à la BAEF, une partie de celui-ci était consacré à l'étude des méthodes d'instruction par les pairs.

Une fois sur place, Eric Mazur m'a proposé d'être son assistant pour un cours d'«*Applied Physics*». J'ai accepté cette proposition avec enthousiasme. Je considère ce moment comme un «*game-changer*» dans mon approche de l'enseignement. Il y a un avant et un après ce moment d'enseignement. J'y ai découvert, par l'immersion pratique et l'expérience, un mixte de différentes méthodes pédagogiques telles que la classe inversée, l'instruction par les pairs, le just-in-time teaching, l'apprentissage par projet, des activités d'apprentissages par groupes, le tout intégré au sein d'un seul et même cours. Ce moment est à considérer comme l'origine de mon projet de mémoire. Je reviendrai sur ces différents éléments dans la partie II, section II.1 «*Contexte de la recherche*».

I.3. La suite de mon parcours professionnel

Après mon passage en Amérique, de retour en Belgique, je poursuis mes travaux de recherche en photonique, tout en enseignant. Depuis septembre 2019, j'enseigne ou ai enseigné différents cours,

✓ À l'Université de Namur

- Optique (1e bachelier sciences biologiques et médecine vétérinaire)

- Mécanique et ondes pour sciences de la vie (1e bachelier sciences biologiques, géographiques, géologiques et médecine vétérinaire)
- Chimie et physique du vivant (1e bachelier sciences biologiques et médecine vétérinaire)
- Plasmonique et applications (master 1 sciences physiques)
- Nanomatériaux et applications de la physique du solide (master 1 sciences physiques)
- Physique mathématique (2e bachelier en sciences physiques)
- Complément de physique Classique et quantique (2e bachelier en sciences chimiques)

✓ À l'Université Saint Louis Bruxelles (2021-2022)

- Conceptual physics with technical applications (2st bachelor business engineering, bachelor fully taught in English)
- Electronic circuits, systems and data processing (2st bachelor business engineering, bachelor fully taught in English)

Marqué par mon expérience américaine, j'ai implémenté ce que j'appelle alors la « *méthode Mazur* », dans les cours de « *Mécanique et ondes pour les sciences de la vie* » enseigné à l'UNamur en 2019-2020, de « *Physique mathématique* » à l'UNamur en 2020-2021 et de « *Conceptual physics with technical applications* » à l'Université St Louis de Bruxelles en 2021-2022. Ces cours seront décrits en détails dans la partie II (description des pratiques professionnelles).

Ayant vécu cette immersion dans les méthodes de pédagogies actives aux côtés d'innovateurs reconnus, ayant essayé et reproduit certains aspects dans mes cours, j'ai ressenti la volonté et le besoin d'approfondir le cadre théorique sous-jacent aux concepts que j'utilisais dans mes enseignements. Tout cela m'a donc mené à l'entreprise de ce projet de master de spécialisation en pédagogie universitaire et de l'enseignement supérieur et à m'ouvrir aux sciences de l'éducation.

Par ailleurs, du point de vue de l'expertise professionnelle disciplinaire et à la suite de mon doctorat en sciences physiques, mes centres d'intérêts en recherche sont la photonique, la science des matériaux et la physique quantique. Je travaille sur les interactions lumière-matière au sens large : métamatériaux, cristaux photoniques, plasmonique, optique non-linéaire, photovoltaïque, électrodynamique classique et quantique, matériaux bidimensionnels ou à faible indice de réfraction. Je suis actuellement chercheur qualifié FRS-FNRS au sein de l'institut NISM de l'Université de Namur et également chercheur associé à Harvard.

I.4. Structure du mémoire

Après l'introduction (partie I) qui avait pour but de présenter l'origine de mon projet de formation en regard de mon développement professionnel ainsi que de mon expertise, le cœur de ce mémoire consiste en un projet de recherche appliquée (partie II). Ce projet commence par une description du contexte de la recherche (section II.1) qui décrira mes pratiques professionnelles, les questionnements issus de ces pratiques ainsi que le cadre théorique de référence (pédagogie active). La section II.2 énoncera la question de recherche de ce projet.

Suivra la méthode de recherche en section II.3, où l'on présentera la méthodologie et l'échantillon d'innovateurs pédagogiques reconnus ayant servis à l'obtention des données. Nous synthétiserons également dans cette section les dispositifs de pédagogies actives que ces innovateurs pédagogiques ont mis en place dans leurs institutions. La section II.4 est celle des résultats. Ils seront présentés, analysés et enfin discuté.

La conclusion de ce mémoire clôturera le tout, en revenant sur les points forts des résultats, en discutant l'impact de ce mémoire sur mes pratiques professionnelles ainsi que quelques conclusions personnelles au terme de ce travail.

Bonne lecture.

Partie II. Projet de recherche appliquée

II.1. Contexte de la recherche

Le but de cette section est de présenter le contexte dans lequel se place le projet de recherche appliquée proposé dans le cadre de ce mémoire. Pour ce faire, la section commence par une description de mes pratiques professionnelles liées aux pédagogies actives, suivie des questionnements issus de ces pratiques. Le cadre théorique de la recherche relatif aux pédagogies actives terminera cette section.

II.1.1. Description des pratiques professionnelles

Comme expliqué dans l'introduction, un moment déterminant de ma jeune carrière d'enseignant dans l'enseignement supérieur est cette année passée à Harvard auprès d'Eric Mazur, innovateur pédagogique reconnu mondialement notamment pour l'invention de l'instruction par les pairs [Mazur1997, Crouch2001]. Il est à la base des méthodes de classes inversées et un acteur important dans le développement et la dissémination des pédagogies actives dans l'enseignement supérieur. Cette expérience marquante se cristallise par l'opportunité d'être son assistant pour le cours d'« *Applied Physics* ». Vu que ce cours a fortement impacté mes pratiques professionnelles menant à ce mémoire, il nous semble opportun de commencer par un résumé des méthodes pédagogiques développées dans ce cours.

✓ ***Applied Physics – E. Mazur Harvard Printemps 2018***

Le cours d'« *Applied Physics* » est un cours d'introduction à la physique – plus particulièrement à l'électricité et l'optique – à l'intersection entre les sciences physiques et l'ingénierie. Les méthodes pédagogiques développées dans ce cours sont multiples et variées : approche par projet (« *project-based course* »), travaux en groupe (« *team-based learning* »), instruction par les pairs, classes inversées ou encore « *just-in-time teaching* ». Le tout selon un savant dosage visant à susciter l'activité des étudiants dans leur apprentissage ainsi que le développement de diverses compétences.

Il n'y a pas de cours magistral ni d'examen dans le cours d'« *Applied Physics* ». Le cours est divisé en trois projets, d'une durée d'un mois chacun, pour lesquels les étudiants travaillent en groupe. Les étudiants doivent, par exemple, construire un générateur électrique, concevoir un coffre-fort électromagnétique ou encore développer un spectromètre.

Les objectifs pédagogiques de ce cours sont :

- Promouvoir l'étude auto-dirigée pour que l'étudiant arrive à identifier ses besoins spécifiques dans un monde en perpétuel changement ;
- Favoriser l'apprentissage de techniques de résolution de problèmes scientifiques ;
- Développer la pensée critique ;
- Démontrer une maîtrise du contenu du cours ;

- Développer les compétences de prise de mesures, d'analyse et d'interprétation de résultats scientifiques ;
- S'engager dans un travail d'équipe de façon professionnelle et respectueuse.

Il s'agit donc de développer à la fois des compétences disciplinaires et transversales. On peut encore citer les compétences suivantes qui sont également travaillées dans ce cours : analyses qualitatives et quantitatives d'un problème d'ingénierie, développement des capacités de diagnostic et de conception en vue de résoudre un problème issu de la vie réelle, développement des compétences communicationnelles et de travail en groupe, formation continue et attention portée à l'éthique du scientifique.

Pour atteindre ces objectifs, le cours est divisé en plusieurs activités pédagogiques qui sont réalisées plusieurs fois sur un semestre, selon un planning précis préétabli. La figure 1 ci-dessous synthétise ces activités décrites brièvement ci-après.

AP50 QUICK REFERENCE AND SCHEDULE

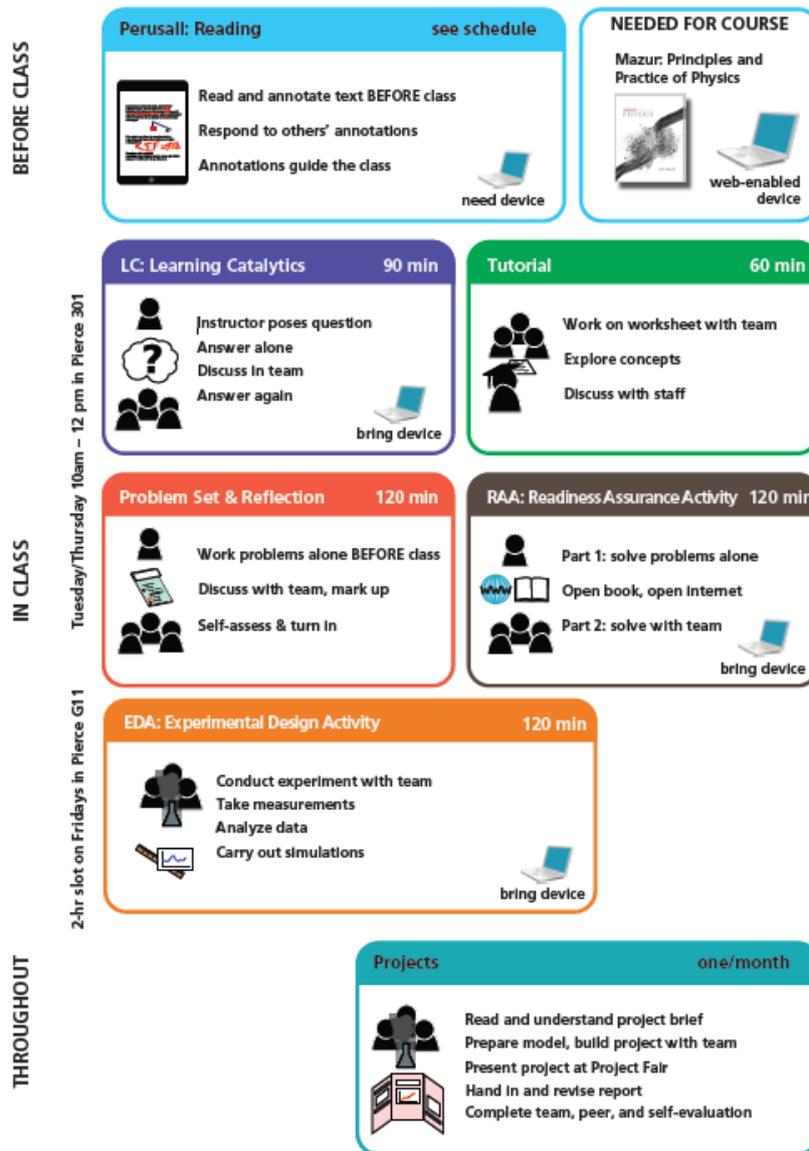


Figure 1 : Aperçu rapide des activités pédagogiques développées dans le cours d' « Applied Physics » du Prof. E. Mazur à Harvard.

• **Lecture active via le logiciel Perusall :**

Au préalable des activités en classe, la première exposition au matériel de cours se fait via une lecture active à l'aide du logiciel collaboratif Perusall [Mazur-Persuall]. L'idée sous-jacente de cette activité est de transférer la première exposition à la matière vers un travail à domicile afin de consacrer le temps en classe à des activités d'approfondissement des concepts. C'est un principe de base des méthodes de classes inversées. Perusall est un logiciel gratuit, développé par une équipe issue d'Harvard, rassemblée autour d'Eric Mazur. Le logiciel s'appuie sur ses travaux en pédagogie. Ce logiciel peut se concevoir comme une plateforme sur laquelle les étudiants ont la possibilité d'interagir de manière asynchrone sur le contenu d'un syllabus (chargé en format pdf par exemple). La sélection d'un passage de texte ouvre

une boîte de dialogue, ce qui permet de poser des questions à un endroit précis du texte sur un passage mal compris. Cela peut aussi servir à apporter des éléments de clarification, d'analogie, de liens vers une autre matière similaire ou vers un lien internet visant à approfondir la compréhension du passage sélectionné. Un système de votes (style «*like Facebook*») permet aux étudiants de classer les questions ou les commentaires jugés les plus pertinentes. Ce système est utile pour repérer les difficultés rencontrées par les étudiants et ainsi prévoir des activités en classe permettant de répondre à leurs interrogations. Les annotations des étudiants sont évaluées sur leur quantité, leur qualité, leur distribution au travers du chapitre concerné et leur distribution temporelle (i.e., il est prouvé qu'il vaut mieux lire un chapitre en plusieurs séances plutôt qu'en une seule fois, juste avant la date butoir. Le logiciel aide à encourager ces bonnes pratiques issues du SoTL). Le logiciel attribue une note automatiquement à chaque étudiant en fonction de ces différents critères, pondérés au choix par les enseignants.

- **Learning Catalytics**

Cette activité repose sur la stratégie de l'instruction par les pairs et se matérialise par un logiciel développé spécifiquement par l'équipe d'Eric Mazur [Mazur-LC]. Durant l'activité, les enseignants posent une série de questions conceptuelles, telles que développées dans [Mazur1997]. Il est bon de noter que le choix de ces questions est basé soit sur l'expérience des enseignants qui souhaitent aborder un point de matière précis, soit en réaction aux commentaires et annotations des étudiants réalisées avant la classe dans le logiciel Perusall. Les enseignants s'adaptent ainsi en temps réel aux difficultés rencontrées par les étudiants («*just-in-time teaching*»). En classe, les étudiants répondent d'abord individuellement à ces questions pendant la première moitié de l'activité. Ensuite, dans la seconde moitié, les étudiants découvrent l'ensemble des réponses fournies par leurs collègues de groupe. La discussion autour des questions s'engage alors et une seconde réponse est soumise collectivement. L'équipe pédagogique est présente en support et s'assure que tout le monde ait la bonne réponse à la fin. Toutefois, l'exactitude des réponses n'est pas prise en compte pour évaluer cette activité. C'est la participation de chaque étudiant qui compte. Ceci se reflète dans sa note de «*professionalisme* ». Cette participation est jugée à la fois par les autres membres du groupe et par les enseignants, un système de mentor étant mis en place pour chaque groupe.

- **Tutorials**

Cette activité est conçue pour répondre aux parties les plus difficiles de la matière où les conceptions erronées des étudiants sont légion. A nouveau, soit l'expérience des enseignants permet d'identifier ab initio ces conceptions erronées, soit elles sont repérées via les annotations dans Perusall («*just-in-time teaching*»). Une fiche d'exercice («*worksheet*») est distribuée en séance aux étudiants. Ils la parcourent en groupe durant l'activité. Il se peut qu'une petite expérience soit proposée aux étudiants pour mieux comprendre la matière, mais dans ce cas, tout le matériel est fourni en classe. Le staff est également présent en support en cas de questions auxquelles le groupe ne saurait pas répondre. A nouveau, l'exactitude des réponses n'est pas évaluée en tant que telle, seule la participation active des étudiants est notée via le score de «*professionalisme* ».

- **Experimental Design Activity (EDA)**

Vu que le cours s'articule autour de projets conséquents, cette activité EDA vise à s'exercer aux compétences requises à la bonne réalisation du projet. Des expériences pour développer la prise de mesure, la réalisation de simulations, l'analyse des données ou encore la réalisation de modèles analytiques sont réalisés en laboratoire. Le même processus d'évaluation jugeant uniquement la participation active de chaque étudiant est mis en place.

- **Problem sets**

Cette activité est ce qui s'apparente à un devoir ayant pour but de développer les compétences de résolution de problèmes scientifiques. L'activité se passe en deux phases distinctes, une avant la classe et une durant la classe (principe de la classe inversée). La première partie consiste à travailler individuellement sur les différents problèmes, souvent quatre ou cinq, soumis une semaine avant l'activité prévue en classe. L'étudiant doit suivre strictement un canevas de réponse préétabli et soumettre son devoir une heure avant le début de l'activité en classe. Des sessions de permanences des membres de l'équipe pédagogique, à des moments fixes chaque semaine, peuvent aider afin de mettre les étudiants sur la voie. Une fois en classe, dans une première phase, les étudiants travaillent en groupe en échangeant à propos de leurs résolutions des problèmes. Ils peuvent annoter en couleur rouge leurs réflexions ajouter dans cette couleur des modifications éventuelles. Dans une seconde phase, la solution des exercices leur est fournie par écrit par les enseignants. Les étudiants rediscutent alors une deuxième fois leurs solutions ensemble, approfondissent leur compréhension et annotent leur devoir si des imprécisions étaient présentes préalablement. L'évaluation ne porte pas sur l'exactitude des réponses, mais bien sur leur effort et le respect des consignes (suivre le canevas préétabli, remise du devoir en temps et en heure, intégrité scientifique...) pour la première partie et sur leur niveau de compréhension et de réflexion vis-à-vis de leurs erreurs éventuelles dans la seconde partie.

- **Readiness Assurance Activity (RAA)**

Cette activité, qui a lieu cinq fois par semestre, est ce qui se rapproche le plus d'un test. Le but est de vérifier que tous les étudiants ont bien assimilé les concepts de base du contenu de la matière. Le déroulement se passe exactement suivant le même principe que les activités *Learning Catalytics* énoncées plus haut, soit en deux phases, une individuelle et une collective. Les étudiants sont libres de consulter Internet ou le bouquin de référence, mais ne peuvent pas se parler durant la première phase. La seconde phase est à nouveau un échange en groupe sur leurs réponses encodées dans la première phase. Le groupe doit se prononcer collectivement sur une bonne réponse. La note de chaque étudiant est constituée pour moitié de sa note issue de ses réponses en phase individuelle et pour moitié de la note du groupe à l'issue de la phase collective.

- **Projets**

Les projets en tant que tels sont l'aboutissement de chacune des trois parties/mois du semestre, clôturant ainsi le travail collectif d'un groupe. Au début de chacun des trois mois de cours, au moment de la constitution des groupes, les étudiants reçoivent un corpus

documentaire expliquant les consignes du projet. Le matériel et éventuellement un budget sont fournis pour la réalisation du projet. Un laboratoire est mis à leur disposition avec un accès 24 heures sur 24. Une foire aux projets est organisée à la fin de chaque mois permettant aux étudiants de présenter l'aboutissement de leur projet. Un jury constitué d'assistants et de professeurs extérieurs au cours évalue les performances des étudiants sur leur maîtrise du sujet. Une semaine après la foire aux projets, les étudiants doivent remettre un rapport scientifique, avec une écriture codifiée similaire à la rédaction d'un article scientifique. Le rapport est corrigé par l'équipe pédagogique, remis aux étudiants qui ont alors une chance de s'améliorer avant la remise finale du rapport.

Bien qu'il n'y ait pas d'examen final, les étudiants sont évalués tout au long des activités réalisées en classe. On notera toutefois que l'organisation des activités est réalisée de telle sorte que la maîtrise du contenu et l'évaluation se fassent de façon progressive. Les étudiants découvrent d'abord la matière et ne sont pas évalués sur l'exactitude de leurs réponses, mais plutôt sur leur participation. Progressivement, l'évaluation évolue vers une maîtrise plus importante de la matière avec une attention à l'exactitude des réponses fournies (dans les tests RAA, les foires aux projets ou les rapports, par exemple). L'idée sous-jacente est que les étudiants puissent se tromper sans conséquence au début de leur phase d'apprentissage mais qu'ils doivent ensuite s'améliorer au fur et à mesure dans la maîtrise du contenu. La note finale correspond à une moyenne pondérée des différents critères d'évaluation reprenant l'étude auto-dirigée (via les annotations dans Perusall et les devoirs), la maîtrise du contenu (via les tests RAA et les rapports de projets), le travail en groupe (dans la présentation des projets et l'évaluation par les pairs) et enfin dans la note de professionnalisme (incluant la participation aux activités, la ponctualité et l'éthique). On boucle ainsi la triple concordance objectifs – contenu du cours – évaluation.

D'un point de vue logistique, le cours s'organise en trois périodes de deux heures par semaine. Les groupes de quatre ou cinq étudiants sont imposés avec des forces et compétences réparties de façon homogène. Ces groupes changent pour chaque projet, c'est-à-dire une fois par mois. Les étudiants doivent avoir à disposition une tablette ou un ordinateur portable. Le nombre d'étudiants est limité à environ 65-70 étudiants et l'équipe pédagogique comprend deux professeurs, six assistants, deux étudiants-assistants et un technicien pour les laboratoires.

Cette expérience vécue en Amérique a été pour moi un véritable tsunami pédagogique. Elle réunissait un grand nombre de stratégies ou méthodes à la fois innovantes et variées, mais surtout bien éloignées de l'enseignement magistral auquel j'étais rompu. De retour en Belgique, j'ai souhaité pratiquer un peu de pédagogie active dans certains de mes enseignements. Je décris donc ci-dessous les trois cours où j'ai mis en œuvre une partie de mon expérience vécue à Harvard.

✓ **Mécanique et ondes pour les sciences de la vie – Automne 2019**

Le premier cours où je me suis essayé aux pédagogies découvertes en Amérique fut le cours de « *Mécanique et ondes pour les sciences de la vie* » enseigné dans le courant de l'automne 2019. Ce cours est donné aux premiers bacheliers en science biologiques et en médecine vétérinaire. C'était un de mes premiers cours en tant que professeur d'université et surtout ma première expérience de cours devant une cohorte importante (environ 400 étudiants). Ces circonstances ne laissent pas beaucoup de place à une innovation irréfléchie ni à l'improvisation. Toutefois, j'ai souhaité mettre une partie de mon expérience américaine à profit. J'ai décidé de commencer avec un objectif atteignable et d'introduire des moments d'instruction par les pairs dans mes cours magistraux. J'ai donc utilisé le livre d'Eric Mazur [Mazur1997] pour rédiger des questions conceptuelles. Je les ai soumises aux étudiants suivant le principe de deux temps de réflexion : une première phase personnelle, où chaque étudiant se prononce via un système de votes (Wooclap) et une seconde phase où les étudiants échangent entre eux et discutent avec un étudiant n'ayant pas la même réponse qu'eux. Surveillant l'évolution du taux de bonnes réponses, je pouvais ensuite donner l'explication correcte en fin de séquence. Les retours d'évaluation des étudiants furent très positifs. Voici quelques extraits issus de l'évaluation du cours :

« Les wooclaps sont vraiment un plus! »

« Les wooclap rendent le cours plus amusant et interactif, on peut s'expliquer et on retient mieux ce qu'on voit dans un wooclap. »

« Les wooclap aident vraiment à voir où on est. »

« Les wooclaps sont vraiment bien pour nous faire progresser. »

« Les wooclap sont géniaux pour être actif en cours et comprendre la matière en profondeur. »

« Les wooclaps sont bien pour faire des petit exemples d'exams et mettre en application ce qu'on vient de voir. »

« Les wooclap sont un vrai plus pour la compréhension du cours. »

Ils insistaient sur l'aide que cette méthode leur procurait afin de se positionner quant à la bonne compréhension de la matière. Ces moments choisis de pédagogie active dans un cours magistral permettent également de le rythmer et d'exercer les étudiants, à moindres frais pédagogiques, à un examen final se présentant sous la forme de questions à choix multiples. Galvanisé par ces résultats encourageants lors de ma première implémentation de méthode de pédagogie active dans mes enseignements, je me sens alors confiant pour tenter d'autres expériences dans mes cours. Aujourd'hui, je poursuis encore cette méthode d'instruction par les pairs à des moments choisis dans le cours « *Physique III : Optique* » à destination de la même cohorte d'étudiants (biologistes/vétérinaires) et ce depuis l'année académique 2020-2021.

✓ **Physique mathématique – Automne 2019&2020**

Lors de l'automne 2019, j'ai également enseigné le cours de « *Physique Mathématique* » à destination des étudiants de deuxième bachelier en sciences physiques. La classe étant à taille plus raisonnable (une vingtaine d'étudiant), j'ai décidé d'inverser la classe partiellement. A nouveau, j'étais dans l'optique « *Start small and build progressively* » afin de tester les approches actives. Pour deux chapitres sur dix, les étudiants ont dû lire au préalable le chapitre du syllabus en utilisant le logiciel Perusall. Ils devaient poser leurs questions et l'annoter. Au cours, je réexpliquais rapidement certains concepts clés et je répondais aux questions posées via Perusall. Ensuite, par groupe, les étudiants devaient préparer la présentation d'un point de matière tiré au sort. Cette présentation se faisait au tableau ou via l'utilisation de diapositives et était à destination de l'ensemble de la classe. Les retours furent bons, mais parfois mitigés. Certains étudiants adoraient la méthode, d'autres étaient plus réticents à entrer dans ce type de méthodes. Il est bon de noter que je n'avais alors pas encore poussé l'application des méthodes vécues en Amérique à leur plein potentiel. Je n'avais, par exemple, pas prévu de valoriser ces deux chapitres de classe inversée sous la forme de points ou de dispense pour l'examen final. Cette classe inversée leur demandant beaucoup de travail et n'étant pas valorisée, cet élément décourageait certains étudiants plus stratégiques.

Qu'à cela ne tienne, l'année académique suivante, je décide de passer à la vitesse supérieure : j'ai transformé entièrement le cours de « *Physique Mathématique* » en suivant le modèle développé par Eric Mazur pour « *Applied Physics* », grâce à l'aide précieuse de deux assistants – Pauline Castenetto et Xavier Delvaux.

Un syllabus complet décrivant le cours est disponible en Annexe 1. La figure 2 présente un mode d'emploi rapide résumant les activités proposées aux étudiants.

Mode d'emploi rapide de SPHY B210

1

Figure 2 : Mode d'emploi rapide du cours « *Physique Mathématique* » transposant partiellement le modèle du cours « *Applied Physics* » d'Eric Mazur.

On notera ici les ressemblances et les différences avec le cours d'« *Applied Physics* », la transformation du cours n'étant pas une copie conforme du modèle américain.

Le cours est divisé en trois parcours pédagogiques, regroupant un ensemble cohérent de chapitres du syllabus écrit par le Prof. O. Deparis. Huit activités composent chaque parcours pédagogique. Les modalités des activités (1) Perusall, (3) Learning Catalytics et (6) Devoir sont pratiquement identiques à celles du cours d'« *Applied Physics* », le contenu disciplinaire étant différent (physique mathématique et non plus électricité et optique). Les activités (4) travaux dirigés (TDs) et (5) TDs numériques s'inspirent fortement des Tutorials de Mazur. La spécificité de l'introduction du côté numérique est l'utilisation de simulations interactives (style PhET [Wieman-PhET]), décrites en détails dans la section II.3) ou le développement d'un code

numérique pour vérifier des relations mathématiques. L'activité (8) Test de fin de parcours est similaire aux RAA mais est complétée par une phase de questions orales. Cet ajout vise à vérifier oralement la maîtrise des contenus. La liste de questions du test oral est fournie aux étudiants une semaine avant celui-ci. Pour que les étudiants puissent s'exercer à oraliser leurs réponses et s'entraîner à répondre suffisamment en détails, une activité (7) Questions-Réponses a été ajoutée. Lors de celle-ci, les étudiants, par groupe de deux, jouent tour à tour le rôle tantôt de l'enseignant posant une question issue de la liste de questions et tantôt celui de l'étudiant essayant d'y répondre. Les étudiants ont à disposition leur cours et leurs notes et l'équipe pédagogique les encadre en cas de questions d'éclaircissement nécessaires. Cet ajout a été fait lors sur la base d'un constat lors des évaluations orales : certains étudiants semblent connaître leur matière mais n'arrivent pas à l'oraliser. Enfin, par rapport au cours « *Applied Physics* », une activité de Check-up (2) est ajoutée, après l'activité (1) Perusall. Il s'agit d'un moment ressemblant à un cours magistral où l'enseignant réexplique les passages identifiés comme nébuleux à partir des questions posées dans l'activité (1) Perusall. On introduit ici ainsi explicitement le « *just-in-time teaching* ». Notons également qu'à la différence du cours d'« *Applied Physics* », le cours de « *Physique Mathématique* » transformé ne comprend pas de projet et par conséquent pas d'EDA.

En résumé, la transformation du cours de « *Physique Mathématique* » s'inspire largement du cours d'« *Applied Physics* », mais n'en est pas une copie à l'identique.

Voici quelques extraits choisis issus de l'évaluation des étudiants, à replacer dans un contexte de cours ayant commencé en présentiel (parcours pédagogique 1) puis ayant basculé en distanciel (parcours 2 et 3) :

« J'ai vraiment beaucoup aimé cette méthode, bien plus que ce que j'aurais pu l'imaginer au début de l'aventure. »

« Mais ce que j'ai le plus apprécié, c'est de loin le fait de travailler en groupe. En cette période difficile pour le moral, travailler en groupe, partager et expliquer mes idées m'a fait beaucoup de bien que ce soit en présentiel (PP1) ou à distance (PP2 et 3). »

« L'évaluation continue, bien qu'elle demande parfois de mettre de côté d'autres cours (par exemple pour rendre un devoir ou travailler le test final) permet de comprendre beaucoup mieux la matière directement qu'un cours normal, pour lequel on a généralement une compréhension assez superficielle jusqu'au blocus (ce qui est assez tardif) »

« Le fait de ne pas avoir d'examen pendant la session est un gros soulagement pour nous. »

« Les différentes activités permettent de varier les approches et de faire évoluer la compréhension globale du cours en continu tout au long du parcours. »

« De base, à l'Unamur, on ressent une proximité avec les professeurs, mais le fait qu'il y ait des activités, j'ai l'impression que les professeurs étaient beaucoup plus proches de nous »

« J'ai bien aimé le fait que cette méthode nécessitait que l'on travaille assez par nous même pour être capable de réfléchir en groupe ensuite. »

« La chose que j'ai un peu moins apprécié est le fait qu'il est difficile de travailler d'autres cours lors la semaine du test. »

« De façon générale je ne pense pas que cette méthode constitue la manière la plus efficace d'assimiler la matière pour quelqu'un comme moi »

« Il est parfois difficile de lire tout un chapitre de syllabus par nous-même et stressant de se dire qu'on est coté sur les commentaires que l'on met. Cela peut parfois devenir une « compétition » dans le sens où certains étudiants essaient d'être les premiers à lire pour pouvoir mettre des commentaires, car les derniers arrivés n'ont plus rien à dire. »

« Je ne pense pas avoir jamais été aussi à jour dans un cours en fin de quadrimestre. Les différentes activités, particulièrement les devoirs et les tests, m'ont forcé à bien connaître la matière tout au long des différents parcours. Les travaux en équipe et le contact avec les enseignants ont ajouté une touche sociale non négligeable en ces temps « à distance ».

« Le cours m'a effectivement incité à me poser plus de questions sur la matière. Lors des cours « ex cathedra », j'ai beaucoup plus de mal à garder ma concentration pendant le cours et donc j'ai tendance à écouter sans vraiment comprendre et sans me poser de questions ce qui ne me permet pas de comprendre la matière. »

Avec cette formule alternative, je pense apprendre bien plus vite. Je reste concentrer et j'apprends à tout instant »

Il est bon de noter que, à la suite de ces retours généralement très positifs, l'expérience pédagogique est toujours en cours, avec le Prof. Yoann Olivier et les assistants Pauline Castenetto et Xavier Delvaux.

✓ **Conceptual physics with technical applications – Automne 2021**

A l'automne 2021, j'ai eu l'opportunité d'enseigner dans bachelier nouvellement créé – *Business engineering* – à l'Université Saint-Louis de Bruxelles, en partenariat avec la KUL. Devant préparer ce cours en partant de zéro, ne sentant aucune motivation de le préparer dans une méthode d'enseignement traditionnelle, conforté par le succès de « *Physique Mathématique* » et ayant à ma disposition la version du cours « *Applied Physics* » d'Eric Mazur sur la partie mécanique, le contenu de ce cours de « *Conceptual Physics* », je décide alors de tenter l'expérience également à Saint-Louis. Les défis sont nombreux : cette fois le cours se donne en anglais, je n'ai plus d'assistants, mais bien 65 étudiants et un local exigu.

J'ai repris le canevas des cours développés ci-dessus en faisant un mixte d'activités proposées en « *Applied Physics* » et en « *Physique Mathématique* » (Figure 3). J'ai réintroduit un projet (et non pas trois), j'ai maintenu la division en trois parcours pédagogiques et l'ajout d'un check-up, je suis revenu à un test de fin de parcours en version RAA sans oral. Toutefois, j'ai ajouté

une nouvelle activité, enseignée également à Harvard, l'activité (3) Estimation activity. Cette activité permet aux étudiants de s'entraîner à estimer des ordres de grandeurs de différentes quantités soit physique, soit de la vie courante (Exemple : « *estimer le nombre d'accordeur de piano dans la ville de Chicago* »). Ce type de problème est connu comme étant des « *problèmes de Fermi* », prix Nobel de physique 1938 qui a popularisé ce type d'estimations permettant d'arriver à des estimations correctes, à partir d'hypothèses judicieuses. Ce type de « *back of the envelope calculation* » est particulièrement apprécié dans les sociétés de consultance et donc me paraissait une compétence pertinente à développer pour de futurs ingénieurs de gestion. Je l'ai introduite sous la forme de concours entre groupes, insérant ainsi la ludification dans le cours.

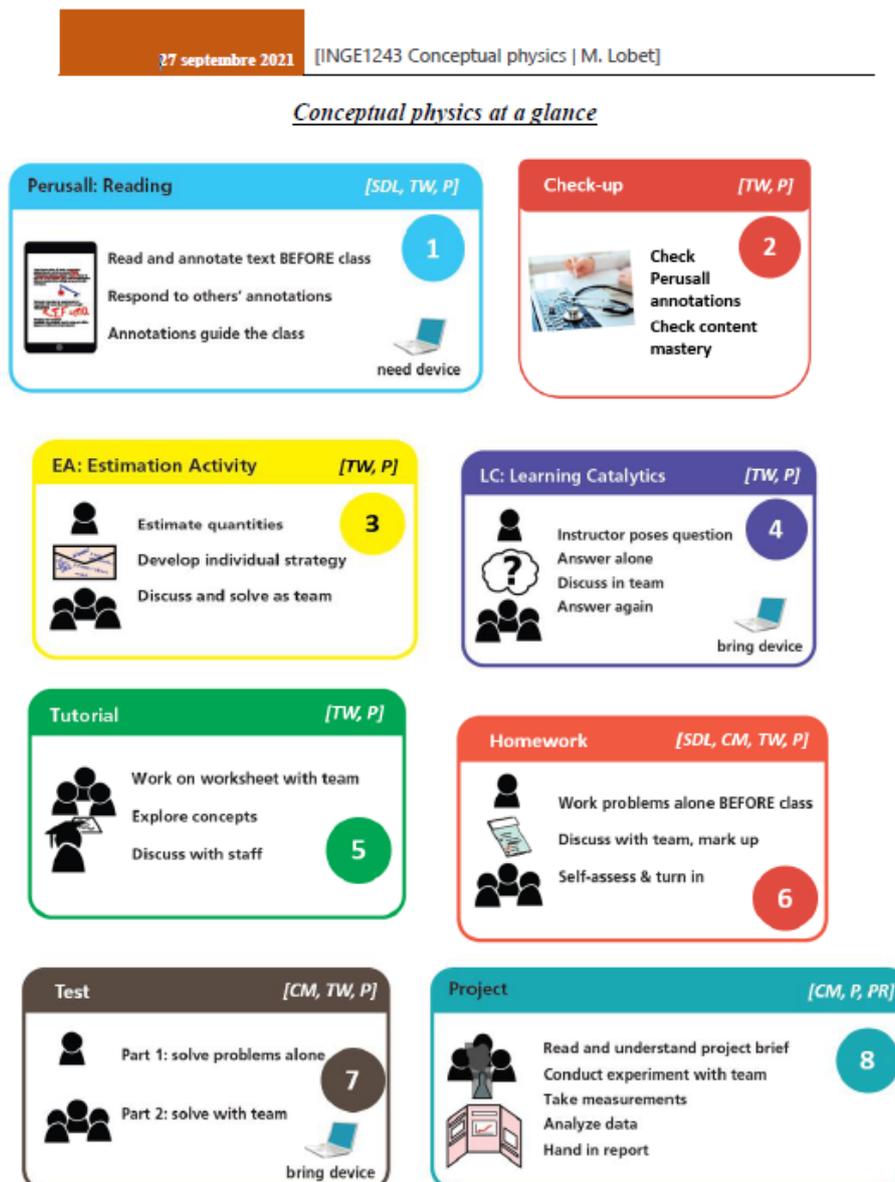


Figure 3 : Mode d'emploi rapide du cours « *Conceptual physics with technical applications* » s'inspirant des cours « *Applied Physics* » d'Eric Mazur et « *Physique Mathématique* ».

A nouveau, les retours des évaluations des étudiants furent unanimes. Je pense, que c'est, à titre personnel, l'expérience pédagogique la plus aboutie et la plus intense que j'ai connue seul depuis le début de ma carrière, me permettant de bien connaître et accompagner 65 étudiants simultanément.

II.1.2. Questionnements issus des pratiques professionnelles

Comme décrit dans l'introduction et dans la section précédente concernant la description de mes pratiques professionnelles, j'ai ressenti ces expériences américaine et belge comme un tsunami pédagogique. On ne ressort pas indemne de tels moments. J'ai observé, mis en place, pratiqué intensément différentes techniques, diverses stratégies pédagogiques, souvent innovantes, mais je n'ai pas pris le temps d'y réfléchir systématiquement. Au moment d'entreprendre ce master de spécialisation en pédagogie universitaire et de l'enseignement supérieur, j'ai enseigné plus de 1200h devant des étudiants du supérieur, mais j'ai reçu en tout et pour tout que 2h de formation pédagogique données par le Prof. Marc Romainville au premier jour de mon engagement en tant qu'assistant à l'UNamur. Invité à partager mon expérience américaine à plusieurs occasions, je ressens le besoin de l'ancrer dans une compréhension robuste. A l'origine de ce travail, je m'aperçois donc que je n'ai pas ni le recul ni les bases théoriques nécessaires pour comprendre les notions de pédagogie active, classe inversée, « *just-in-time teaching* », ludification, pédagogie du projet, instruction par les pairs, alignement pédagogique, travaux en groupe, ...

Je souhaite donc pouvoir prendre le temps de déconstruire et d'analyser ce que j'ai vécu et expérimenté pour pouvoir placer ces expériences dans un cadre théorique solide. Que sont ces concepts que j'ai pratiqués sans nécessairement le savoir ? Quels en sont leurs fondements ? Pourquoi les avoir appliqués de la sorte ? Existe-t-il de la littérature y afférant ? Quel est l'état de l'art et les pratiques actuelles ?

Cette dernière question est guidée par mes interactions avec l'équipe du Prof. Mazur. Je me suis aperçu que tous ces concepts sont en mouvement, « expérimentaux ». Les enseignants innovants essaient de choses. Ils évaluent. Ils améliorent d'année en année. Ce genre de cours est en développement continu. Mon côté scientifique reprend le dessus : « *qu'est ce qui fait qu'une activité ne fonctionne pas correctement et comment peut-on l'améliorer ?* ».

Ces quelques réflexions sont à la base de ce projet de recherche appliquée et de la question de recherche développée à la section II.2.

II.1.3. Cadre théorique de référence : notions de pédagogie active

Le but de cette section est de discuter brièvement le cadre théorique de référence, à savoir la pédagogie active. Dans ce cadre général, on peut retrouver des notions énoncées plus haut telles que les classes inversées, le « *just-in-time teaching* », la ludification, la pédagogie du projet, l'instruction par les pairs, les travaux en groupe et bien d'autres. Il est clair que ce sujet dépasse le contexte de ce simple mémoire et qu'il a été traité amplement et en détail par ailleurs, par exemple dans [DeClercq2022], sans compter que les pédagogies actives ont également une très longue histoire, elle aussi très bien documentée.

L'approche choisie pour cette section est donc originale. Nous vivons depuis décembre 2022 une révolution des outils d'intelligence artificielle (IA), notamment les intelligences artificielles génératives opérant en langage naturel. La tête de pont dans ce domaine émergent pour le grand public est l'entreprise OpenAI et son produit Chat-GPT. La communauté scientifique et universitaire s'interroge sur la manière d'utiliser ces textes générés facilement, à l'apparence humaine, mais parfois truffés d'erreurs, de superficialités ou de mauvaises références. Nous proposons ici de tester des outils d'intelligence artificielle pour présenter le cadre théorique relatif aux notions de pédagogie active. Pour ce faire, nous allons suivre une méthodologie stricte, suggérée récemment par un collectif de scientifiques [Buriak2023]. Cette méthodologie est décrite ci-dessous avant la présentation du cadre théorique. Ensuite, nous émettrons un regard critique sur cette production partiellement issue de l'intelligence artificielle. Nous la compléterons à la lumière de la méta-analyse de Freeman *et al.* [Freeman2014] et de l'ouvrage [DeClercq2022]. Nous pointerons enfin les risques inhérents aux méthodes de pédagogie active et poseront un regard critique sur ces dernières.

✓ Méthode pour le traitement de données issues d'IA génératives

Buriak *et al.* proposent les recommandations suivantes lors de l'usage d'IA génératives dans des communications scientifiques [Buriak2023] :

- (1) **Remercier**, dans les sections « *Remerciements* » et « *Méthodes expérimentales* » votre utilisation d'un outil d'IA pour la préparation d'un manuscrit. Indiquez clairement quelles parties du manuscrit ont utilisé les sorties fournies par l'outil d'IA générative. **Fournissez les requêtes** (« prompts ») et questions que vous avez formulés à l'outil et/ou la transcription dans les annexes de votre ouvrage.
- (2) Rappelez à vos coauteurs, et à vous-même, que le résultat issu de l'IA est à peine un **brouillon** préliminaire. Cette sortie est incomplète, peut contenir des informations incorrectes et chaque phrase et affirmation doit être analysée de façon critique. **Vérifiez**, vérifiez, et vérifiez encore. Et ensuite, vérifiez encore.
- (3) **N'utilisez pas la transcription exacte** (« *text verbatim* ») issu de l'IA. Ce ne sont pas vos mots. L'agent conversationnel a réutilisé du texte provenant d'autres sources, ce qui peut mener à du plagiat par inadvertance.
- (4) Chaque **citation suggérée** par l'agent conversationnel **doit être vérifié** avec la littérature originelle vu que certains outils d'IA génèrent des citations erronées.
- (5) **N'incluez pas l'outil d'IA comme co-auteur**. Il ne sait pas générer de nouvelles idées ou discuter sur base de nouveaux résultats, ce qui est le propre de l'être humain. C'est,

au mieux, un outil, comme beaucoup d'autres programmes qui nous aident dans la formulation et l'écriture de manuscrit.

- (6) L'outil d'IA ne peut pas être tenu responsable pour un manquement éthique ou un contenu erroné. Seuls les **auteurs** du manuscrit peuvent être tenus **responsables**.
- (7) Et de façon très importante, ne laissez pas l'outil d'IA éteindre votre créativité ou votre pensée profonde et critique. Utilisez la pour **ouvrir de nouveaux horizons** et faire germer des idées nouvelles !

Dans ce travail, seulement la sous-section suivante (« *Quelques notions de pédagogie active* ») du manuscrit a été conçue à l'aide d'IA génératives. Dans notre cas, nous avons testé Chat-GPT [Chat-GPT] et Writesonic [Writesonic]. La transcription des requêtes, questions et réponses fournies par ces outils sont disponibles en annexe 2. Conformément à la troisième recommandation, le texte proposé n'est pas une transcription exacte (verbatim), mais bien un texte retravaillé à partir des réponses fournies par l'IA. Concernant la quatrième recommandation présentée ci-dessus, les sources suggérées ont été vérifiées et commentées en brun dans l'annexe 2. Les résultats sont mitigés, nous y reviendrons ci-dessous.

L'objectif de l'exercice est de proposer un résumé de notions de pédagogie active en utilisant uniquement les deux outils d'IA que sont Chat-GPT et Writesonic. En voici le résultat.

✓ **Quelques notions de pédagogie active**¹

A contrario d'un enseignement magistral classique, la pédagogie active est une approche éducative centrée sur l'apprenant qui suscite l'engagement et la participation active des étudiants dans le processus d'apprentissage. Ce type d'approche cherche à stimuler l'engagement des étudiants en les impliquant dans leur apprentissage, en les invitant à participer à des activités permettant la découverte de la matière enseignée dans un environnement interactif et collaboratif, sans négliger toutefois une partie d'exploration autonome. Ce type de stratégie pédagogique permet aux étudiants de comprendre par eux-mêmes et en profondeur les concepts et sujets abordés dans le cours. Par conséquent, elles sont souvent considérées comme plus efficaces que les méthodes d'enseignement classiques.

Les méthodes de pédagogie active incluent notamment diverses techniques telles que l'apprentissage par résolution de problèmes, l'apprentissage coopératif, l'apprentissage par projet, les discussions en groupe, les jeux de rôles, les études de cas, les simulations, les activités pratiques et bien d'autres.

Les méthodes de pédagogie active se fondent sur les théories constructivistes et sociocognitives. Les premières considèrent que les étudiants doivent construire activement leur connaissance via des expériences et des réflexions. Ils deviennent acteurs à part entière de leurs apprentissages. L'enseignement ne peut dès lors pas se résumer à une simple transmission de connaissances mais bien en une construction du savoir par l'apprenant. L'enseignant favorisant ce genre de méthode constructiviste créera donc un environnement

¹ Cette sous-section est la seule générée à partir des données provenant de l'intelligence artificielle, cf. discussion précédente.

favorable à l'apprentissage, guidera les étudiants dans la construction de leur savoir et les encouragera à réfléchir et résoudre des problèmes par eux-mêmes. On retrouve bien ces marqueurs constructivistes dans les méthodes de pédagogie active. Concernant les théories sociocognitives, celles-ci pointent l'importance de l'interaction sociale dans l'apprentissage. Ces dernières sont primordiales dans le développement cognitifs des apprenants. La compréhension des concepts se fait donc par des échanges de point de vue entre apprenants, la collaboration et différentes interactions sociales, ce que va chercher à stimuler l'enseignant. A nouveau, les méthodes de pédagogie active correspondent bien à cette approche sociocognitive de l'apprentissage. Les activités d'apprentissages sont centrées sur l'étudiant qui sont encouragés à être actif et à participer pleinement à leur apprentissage pour mieux construire leur propre compréhension de la matière.

Différents avantages ont été mis en évidence dans la littérature relative aux méthodes de pédagogie actives :

- ✓ **Amélioration de la compréhension des concepts** : dû à l'engagement actif de l'étudiant dans le processus d'apprentissage, la compréhension des concepts se trouve renforcée.
- ✓ **Mémorisation et rétention** : les activités proposées offrent des occasions de pratique et de répétition ce qui permet de renforcer la mémorisation et la rétention d'informations.
- ✓ **Développement de compétences transversales** : des compétences telles que la communication, la collaboration, l'analyse critique, la créativité, la résolution de problèmes peuvent être travaillées en fonction des activités. Ces compétences transversales sont importantes dans un contexte plus global de réussite professionnelle et personnelle.
- ✓ **Plus proche du monde réel** : les compétences pratiques travaillées via ces méthodes de pédagogie actives peuvent aider les étudiants à mieux se préparer au monde réel, en appliquant leurs connaissances dans des situations concrètes.
- ✓ **Apprentissage autonome** : ce type de méthode donne un certain degré d'autonomie aux étudiants et de contrôle sur leur propre apprentissage.
- ✓ **Stimulation de l'intérêt et de la motivation** : comparées aux méthodes traditionnelles d'enseignement, les méthodes de pédagogie active sont la plupart du temps plus interactives et stimulantes. L'intérêt et la motivation des étudiants y sont donc maintenus plus longtemps.

Il est bon de noter que ces méthodes possèdent également des avantages pour les enseignants car ceux-ci sont en mesure de mieux suivre les progrès de leurs étudiants et de mettre en place une approche plus personnalisée de l'enseignement.

Il existe différentes manières d'implémenter des éléments de pédagogie active dans un cours. On peut par exemple :

1. **Utiliser des projets et des activités de groupe** : il s'agit de proposer un ensemble de projets de recherche ou basés sur un point de matière à développer. On peut inciter les étudiants à chercher des informations auprès de différentes sources et à collaborer en groupe à cette fin. Cela développera de façon transversales leurs compétences

sociales et communicationnelles. Vous pouvez aussi leur demander de résoudre un problème concret.

2. **Introduire des discussions en classe** : invitez vos étudiants à participer à des débats, poser des questions, et stimulez leur réflexion en les encourageant à partager leurs idées, à écouter les autres, et à travailler ensemble. Leur expression orale et leur pensée critique seront ainsi travaillées.
3. **Études de cas** : partez d'études de cas réels pour aider les élèves à appliquer les concepts théoriques vus au cours à des situations réelles.
4. **Offrir des opportunités d'apprentissage autonome** : aménagez des moments pédagogiques où les étudiants sont encouragés à explorer et apprendre par eux-mêmes. Cette façon de faire développera leur autonomie et leur motivation si elle est bien encadrée.
5. **Utiliser des jeux et des simulations** : jeux, jeux de rôles, simulations permettant à l'apprenant de s'immerger dans une situation réelle, en leur donnant par exemple un rôle spécifique ou un problème à résoudre. En plus d'être un processus engageant et amusant, cette approche permet de comprendre comment des concepts théoriques s'appliquent dans la pratique.
6. **Activités pratiques** (apprentissage expérientiel) : expériences scientifiques, des projets artistiques, des travaux manuels, ou des jeux interactifs sont autant d'exemples d'activités pratiques qui peuvent aider les étudiants à appréhender la matière vue en classe. Il ne faut pas hésiter à encourager les étudiants à échouer, et à apprendre de leurs erreurs.

✓ Analyse critique de la production assistée par IA

Tout d'abord le test réalisé ci-dessus est un test à moindre frais : la pédagogie active est abondamment documentée par ailleurs, ce n'est donc pas l'ajout ou l'oubli d'un élément dans ce travail de recherche qui entraînera des conséquences désastreuses sur ce domaine de recherche particulièrement actif.

La première remarque que l'on pourrait mettre en évidence est l'abondance de textes générés ainsi que la facilité de les obtenir. En quelques minutes et questions bien posées, on remplit des pages de documents (cfr annexe 2). Cette approche génère donc une masse importante de données à vérifier, à recouper, à reformuler, à trier, à organiser en suivant la recommandation numéro (2) décrite ci-dessus. C'est un travail considérable et il n'est pas certain qu'il y ait un véritable gain de temps une fois toutes les vérifications effectuées.

Les premières réponses obtenues paraissent un peu superficielles et génériques. Toutefois, en affinant les questions, les réponses deviennent plus intéressantes. Une des plus grosses limites vient de la qualité des requêtes et questions à poser (un peu comme pour une recherche Google). Il est donc nécessaire d'avoir une connaissance préliminaire du sujet pour savoir où et comment creuser. Une approche intéressante pour pallier à ce problème est de demander un plan général sur la question de recherche à l'IA puis d'approfondir les éléments du plan en affinant les questions pour développer le sujet plus profondément et plus en détails. On rejoint ainsi une sorte d'enseignement par questionnement, mais de façon autodidacte. Ce

genre d'approche a clairement ses propres limites, l'on risque de rapidement tourner en rond sans connaissance préalable ou sans guidage d'un enseignant.

Une autre caractéristique marquante de cet exercice est le paradoxe des sources à la production de ces textes. D'une part, la base de données est incommensurable. Pour donner un ordre de grandeur, on estime que toute la connaissance enregistrée dans le site « *Wikipedia* » représenterait environ 3% du total du corpus d'entraînement supposé de Chat-GPT. Des millions de livres et de sites Internet ont également servi à son entraînement. D'autre part, aucune référence n'est fournie spontanément par l'outil, les éléments sont présentés comme des faits, invérifiables. Ce qui pose question, à tout le moins. Lorsque l'on demande à Chat-GPT de fournir ses sources, il fournit deux références correctes, une référence approximative et deux références incorrectes, mais liées à des auteurs ayant écrit sur le sujet (cfr annexe 2). Les noms d'auteurs à consulter suggérés sont pertinents mais pas ceux des organisations de référence qui sont soit inventées soit introuvables sur Internet. Lorsque l'on demande à Chat-GPT si les avantages des méthodes de pédagogie active sont prouvés scientifiquement, il répond en faisant référence à une étude de 2014 publiée dans le « *Journal of Educational Psychology* ». En lui demandant de fournir la référence, il invente une référence. En lui signalant que cette référence n'existe pas selon Google, il s'excuse et fournit une nouvelle référence... erronée également. J'ai donc jugé cette section invérifiable et ne l'ai pas exploitée.

Les sources fournies par Writersonic sont, quant à elles, bien vérifiables et plausibles (cfr annexe 2). Les auteurs cités par Writersonic (Freinet, Montessori et Decroly entre autres) sont tout à fait à propos. De façon générale, la qualité de réponse aux questions que fournit Writersonic semble meilleure. Il est bon ici de rappeler que ces méthodes d'IA génératives sont entraînées à donner la suite de mot statistiquement la plus probable en réponse à une question, requête (prompt) donnée en entrée. On comprend aisément ici que la réponse la plus probable statistiquement n'est en rien la réponse la plus correcte scientifiquement. Il est donc bon de redoubler d'attention lors de l'utilisation de tels outils d'IA génératives produisant des textes d'apparence corrects et structurés dans des langues naturelles, en suivant rigoureusement les recommandations énoncées ci-dessus.

✓ **Les méthodes de pédagogie active sont-elles vraiment efficaces ? Analyse de Freeman et al.**

Les outils d'IA peinent à répondre à la question de la validité scientifique des méthodes de pédagogie active, comme nous avons pu le constater ci-dessus. Toutefois, cette question importante a été traitée dans la littérature de nombreuses fois, et nous souhaitons nous attarder ici sur une méta-analyse en particulier, celle de Freeman *et al.* [Freeman2014].

Cette étude se base sur les modèles constructivistes de Piaget [Piaget1926] et Vygotsky [Vygotsky1978] plaçant l'apprenant au cœur de la construction de son apprentissage. L'étude de Freeman *et al.* se veut être une analyse quantitative de la comparaison entre des méthodes centrées sur le constructivisme et les approches centrées sur la transmission (enseignement magistral). Elle est la plus large méta-analyse se basant sur des données STEM jamais publiée en 2014 : elle se fonde sur 225 études publiées dans la littérature. Les implémentations de pédagogie actives étudiés varient en intensité et en approches, incluant notamment de

l'instruction par les pairs, l'utilisation de « *clickers* » ou autres logiciels, de la résolution de problèmes en groupe ou encore d'exercices (« *worksheets* »). Les variables permettant d'évaluer les performances des étudiants sont, d'une part, leur score aux examens ou à des tests de maîtrise des concepts de base (style « *Force Concept Inventory* »)² [Hestenes1992]) et, d'autre part, le taux d'échec.

Les résultats mettent en avant que la différence moyenne pondérée et standardisée entre les méthodes magistrales et actives est de 0.47 déviation standard ($Z = 9.781, P \ll 0.001$) ce qui veut dire que les performances des étudiants augmentent de presque une demi-déviation standard lorsqu'une méthode de pédagogie active est employée. Concernant la probabilité d'échec, le quotient de risque (« *risk ratio* ») est de 1.5, signifiant qu'en moyenne, les étudiants suivant un enseignement traditionnel ont 1.5 fois plus de chance de rater le cours qu'en suivant une méthode de pédagogie active³. Le nombre moyen d'échec est de 21.8% dans les méthodes actives pour 33.8% en pédagogie traditionnelle, soit une différence relative de 55%.

Une analyse statistique plus poussée révèle qu'il n'y a pas de différence statistique significative entre les différentes disciplines des STEM pour les deux variables analysées. De plus, les étudiants suivant les méthodes actives réussissent encore mieux les tests standardisés de style « *concept inventory* » que les examens écrits par les enseignants. Ce résultat laisse à penser que les méthodes actives ont plus d'impact sur les compétences à haut niveau cognitif, les tests standardisés permettant de diagnostiquer les mauvaises conceptions (« *misconceptions* ») des étudiants, là où des examens écrits plus classiques jugent mieux la maîtrise du contenu disciplinaire et la résolution de problèmes.

L'étude révèle également que les méthodes de pédagogie active ont le plus d'impact pour les petites classes (moins de 50 étudiants), bien qu'elles soient également bénéfiques pour les classes moyennes (51-110 étudiants), voire larges (plus de 110 étudiants). Différentes analyses statistiques ont été effectuées par les auteurs pour juger de la robustesse de l'étude face à des variations possibles de rigueur méthodologique des études sur lesquelles se basent la méta-analyse. In fine, les résultats de la méta-analyse peuvent être jugés comme fiables.

Les résultats sont en faveur de l'approche constructiviste défendue par les méthodes de pédagogie active. En résumé, les résultats aux examens sont augmentés d'une demi-déviation standard (0.47) et l'enseignement magistral augmente les chances d'échec de 55%. Il est bon de noter que des méta-analyses précédentes avaient pointé des déviations standard de 0.50 et 0.51 [Ruiz2011, Springer1999].

Les auteurs discutent également des conséquences de l'implémentation de méthodes de pédagogie active chez les enseignants et l'impact sur les étudiants en supposant un déplacement de 0.47 déviation standard. Cela voudrait dire que les étudiants qui sont au

² Le *Force Concept Inventory* est un test standardisé mesurant les maîtrises des concepts enseignés dans un premier semestre de cours de physique. Le test original portait sur la notion de force, mais a été généralisé à d'autres concepts par la suite. Ce genre de tests sont importants en sciences de l'éducation pour la physique.

³ En détail, les auteurs obtiennent un rapport de cote (« *odds ratio* ») de 1.95, $Z = 10.4$ et $P \ll 0.001$.

percentile 50 (50% des étudiants scorent moins bien qu'eux) dans une méthode d'enseignement traditionnel se retrouveraient au percentile 68 de la classe en méthode active. Cela signifie qu'à la place d'avoir une note meilleure que 50% de sa classe, le même étudiant qui aurait reçu un enseignement suivant une pédagogie active réussirait avec une note meilleure que 68% des étudiants ayant reçu un enseignement traditionnel. Appliqué à l'analyse de trois cours introductifs aux STEM, le changement de 0.47 déviation standard correspondrait à une augmentation des moyennes de l'examen de 6%.

Les auteurs poussent leur analyse en effectuant une comparaison médicale intéressante. Ils écrivent que si les expériences effectuées avaient été conduites en tant qu'essais d'interventions médicales aléatoires et contrôlées, les tests auraient été arrêtés, la situation contrôle (dans notre cas l'enseignement magistral) aurait été interrompue car le traitement testé (dans notre cas les méthodes de pédagogie active) est clairement plus bénéfique. Par exemple, l'analyse de 143 essais d'interventions médicales aléatoires et contrôlées a montré que le traitement testé était bénéfique avec un risque médian relatif de 0.52 pour une variation entre 0.22 et 0.66 [Montori2005]. Les directives de pratiques médicales conseillent l'arrêt des anciennes pratiques si l'échantillon d'essai est large et si les valeurs de P sont inférieures à 0.001. Dans la méta-analyse de Freeman et al., ces deux critères sont bien validés : le risque médian relatif est de 0.64 et $P \ll 0.001$, de plus l'analyse a été effectuée sur 225 essais, ce qui est supérieur aux 143 essais médicaux de [Montori2005].

De plus, vu que 29300 étudiants participaient aux méthodes d'enseignement traditionnel (soit 67 des 225 études), il est estimé qu'environ 3516 étudiants de moins auraient échoué avec la pratique de méthodes actives. Ce qui peut se chiffrer à 3.5M\$ de frais d'inscription qui auraient ainsi été épargnés. Les auteurs laissent supposer l'impact global sur les près de 7 millions d'étudiants commençant les secteurs STEM en 2010 en guise de perspective.

Enfin, les auteurs commentent leur méta-analyse, la plaçant dans un contexte plus global des travaux en science de l'éducation. Leurs travaux s'apparentent selon eux à une première génération de travaux sur les sciences de l'éducation en STEM. Les recherches sur lesquelles ils basent leur méta-analyse cherchaient à confronter l'enseignement traditionnel à différentes approches issues des pédagogies actives, avec diverses intensités de pratiques. Les auteurs argumentent que, au vu du résultat clair de leur étude, il est raisonnable de s'interroger sur le bien-fondé de continuer à utiliser l'enseignement traditionnel comme méthode de contrôle pour les expériences futures en pédagogie. Il serait, selon eux, plus judicieux de se concentrer sur une seconde génération de recherche basée sur la psychologie de l'éducation (« *educational psychology* ») ainsi que sur les sciences cognitives pour inspirer des changements dans les cours. Ensuite, il serait intéressant de tester quels types de méthodes de pédagogie active sont les plus appropriées pour quelles disciplines ou quelles populations d'étudiants. Ces études dites de seconde génération peuvent également se concentrer sur l'intensité de la pratique de la pédagogie active (« *Est-ce que plus est forcément mieux ?* »). Elles pourraient encore cibler les avantages importants qu'ont les méthodes de pédagogie active pour les personnes venant de milieux défavorisés ou mettre en évidence des bienfaits pour les étudiantes, dans ces section STEM majoritairement dominées par des étudiants masculins [Mazur2006, Haak2011].

✓ Quels sont les risques inhérents aux méthodes de pédagogie active ?

Les quelques notions de pédagogie actives développées jusqu'à présent dans cette section semblent presque idylliques. Pourquoi donc encore utiliser une ancienne méthode d'enseignement magistral dont il semble prouvé scientifiquement qu'elle a fait son temps ?

Il est important de constater que le développement d'une activation pédagogique dans un enseignement ne va pas de soi, qu'il est nécessaire d'apprendre comment (bien) faire. Il existe une certaine prise de risque sous-jacente à l'activation pédagogique des étudiants. Le chapitre 7 de l'ouvrage « *Pédagogie active dans l'enseignement supérieur* » de M. De Clercq *et al.* [DeClercq2022] est consacré ces risques inhérents à la pédagogie active. Nous nous proposons de donner ici un résumé de ce chapitre, pertinent pour le cadre théorique fixant les limites, contraintes ou autres difficultés que peuvent rencontrer les enseignants pratiquant la pédagogie active.

Une mise en garde importante est discutée par DeClercq *et al.* à propos d'une application des méthodes de pédagogie active qui pourrait être superficielle, si l'enseignant s'inspire de la littérature relative aux pédagogies actives, mais n'en respecte pas les fondements. L'erreur est alors de privilégier la forme au fond. Si l'on néglige les fondements, on peut basculer vers une pédagogie de la découverte, laissant l'étudiant gérer seul son apprentissage sans guidance de la part de l'enseignant. Cet excès de liberté peut être néfaste pour l'apprentissage notamment dû au manque de structure dans l'activité d'apprentissage proposée [Alfieri2011, Tobias2009]. L'effet néfaste de cet excès de liberté étant accentué pour les étudiants les plus faibles et les plus défavorisés socialement.

Différents obstacles relatifs au temps sont également identifiés comme risques obstacles inhérents aux méthodes active. Le premier obstacle est le temps de préparation nécessaire [Roca2015]. Le changement de méthode est chronophage et nécessite un ajustement constant lors des premières années d'enseignement. Cet aspect chronophage a été confirmé par les témoignages recueillis par M. De Clercq *et al.* dans leur ouvrage [DeClercq2022]. Les enseignants y indiquent que ce temps passé se fait au détriment des activités de recherche et de services à la société. Toutefois, à plus long terme, l'investissement semble être payant et les enseignants ont l'impression de passer moins de temps en préparation des cours.

Un second écueil lié au temps couramment discuté est la difficulté de couvrir l'entièreté de la matière dans le temps imparti [Roca2015]. Les méthodes d'enseignement traditionnel, comme un cours magistral, permettent de couvrir un plus vaste contenu sur une même période. Les témoignages des enseignants interrogés par M. De Clercq *et al.* [DeClercq2022] indiquent qu'il est nécessaire de faire le deuil de certains concepts afin de mettre l'accent sur le développement de compétences jugées plus fondamentales. Selon Fixen et Wald [Fixen2021], c'est ce rapport au temps qui est l'obstacle le plus important à implémenter des méthodes actives dans les cours. Il est utile de noter que cet obstacle temporel est valable pour l'enseignant mais également pour l'étudiant qui, placé au centre de son apprentissage, doit s'investir de façon plus importante au jour le jour que pour un enseignement plus transmissif.

Aksit *et al.* [Aksit2016] ont également répertorié d'autres obstacles que le manque de temps cités par des enseignants ne s'orientant pas vers les méthodes actives, à savoir notamment

le nombre important d'étudiants, le manque de matériel ou encore la construction d'une évaluation congruente. Tous ces points sont autant de freins à une implémentation des méthodes actives.

L'analyse des témoignages d'acteurs de l'enseignement supérieur par M. De Clercq *et al.* [DeClercq2022] pointe également le manque de contrôle inhérent aux méthodes où l'étudiant est placé au centre de l'apprentissage, a contrario du contrôle total lors de l'enseignement ex cathedra. Cela génère de l'imprévisibilité dans le déroulement du cours, une gestion spontanée des événements est requise et par conséquent cela génère une charge mentale plus forte que dans un cours magistral et demande des compétences pédagogiques plus étendues telles que l'animation de discussions en classe, l'écoute active des étudiants ou encore la capacité de fournir du feedback aux étudiants.

Un autre risque important pouvant surgir lors d'activités d'apprentissage basées sur des techniques de pédagogie active est la mauvaise identification des prérequis des étudiants. Bien que ce risque ne soit pas intrinsèque aux pédagogies actives, il peut être plus rapidement mis en évidence lors d'une séance active que lors d'un cours passif : les étudiants risquent d'être bloqués dans la tâche à effectuer, mettant l'activité en péril. Plus spécifiquement, il est courant de surestimer les compétences technologiques des étudiants [Bullen2008, Margaryan2011] en considérant qu'ils font partie d'une « génération connectée ». De plus, l'enseignant pourrait avoir tendance à estimer que l'étudiant contemporain est capable d'être multi-tâches ainsi que d'apprendre à partir de plusieurs médias en même temps [Kirschner2013]. Il est nécessaire de sans cesse questionner nos a priori.

Toute innovation pédagogique peut également être confrontée à la résistance au changement, soit de la part des étudiants, soit de la part de collègues ou de l'institution dans laquelle l'innovateur tente de changer les choses. Cette notion de résistance au changement chez l'étudiant est déjà identifiée chez Piaget [Piaget1974]. L'étudiant a une tendance naturelle à résister à un conflit cognitif, à ne pas changer, s'il est confronté à des idées questionnant sa façon de penser [DeClercq2022]. Une peur du changement s'installe engendrant ainsi des résistances. Les méthodes d'enseignement traditionnelles peuvent être perçues comme plus rassurantes, avec un enseignant possédant le savoir qu'il transmet à l'étudiant [Bishop2014, Eison 2010]. Doyle précise que ces méthodes sont ancrées et deviennent des habitudes pour les étudiants, ce qui peut être un frein important pour le développement d'une nouvelle méthode d'apprentissage où l'étudiant prend une place plus active [Doyle2008].

Par ailleurs, il se peut également qu'apprendre ne soit pas la première priorité de l'étudiant de l'enseignement supérieur. En effet, des hobbies et différentes activités extra-académiques, souvent encouragées par nos institutions elles-mêmes, peuvent entrer en conflit avec les activités de pédagogie active. Ces dernières peuvent demander une implication plus importante de la part de l'étudiant par rapport à un cours plus traditionnel. Dès lors, les étudiants deviennent « *stratégiques* » [Romainville2012] ou encore des « *apprenants minimalistes* » [Doyle 2008] s'inquiétant plus de la part que la réussite de l'activité pourrait avoir dans leur moyenne que de l'objectif pédagogique poursuivi. L'essentiel, pour eux, est de réussir leur examen dans un bon rapport temps-performance.

Il est bon de noter que certains étudiants peuvent également craindre de prendre des risques et de faire des erreurs. Or, ces erreurs sont au cœur du dispositif de pédagogie active,

constituée d'interactions, de feed-back et apprentissage par essai-erreur. L'étudiant peut ne pas s'engager si la tâche proposée menace son sentiment d'efficacité personnelle et l'impression qu'il ne pourra pas réussir la tâche demandée. C'est donc un point de vigilance important. Nous noterons enfin qu'un manque d'engagement peut être constaté chez l'étudiant si la tâche proposée est jugée trop facile. Si elle n'incite pas l'étudiant à sortir de sa zone de confort et donc à développer/mobiliser de nouvelles compétences, l'étudiant ne s'engagera pas. A contrario, un même manque d'engagement peut être constaté si la tâche est jugée trop complexe et infranchissable. Il est important que l'étudiant soit actif cognitivement, ce qui peut être stimulé par l'expérimentation par exemple.

Les étudiants ne sont pas les seuls à opposer une résistance au changement face aux initiatives d'activation pédagogique. Les collègues enseignants peuvent également se sentir menacés dans leurs pratiques existantes, ces tensions étant documentées dans la littérature. Une partie de ces résistances sont liées aux soubassements souvent idéologiques des méthodes actives dans leur histoire, comme le montre notamment le mouvement de l'éducation nouvelle au début du XX^e siècle, qui s'est construit sur la base d'une critique radicale de l'école traditionnelle, nous y reviendrons ci-dessous. La réponse peut aller d'un simple manque de reconnaissance de la part des collègues [Hannan 2000], jusqu'à une tendance à ignorer les nouvelles pratiques, voire à les discréditer. D'autres enseignants se sentent rejetés [DeClercq2022], délaissés [Duguet 2012] ou encore victimes de « mépris institutionnalisé » [Felouzis 2001]. Cette résistance au changement dans les milieux académiques est exemplifiée par l'extrait suivant [Heron2017] :

“Academic institutions are by their nature conservative, in that they tend to believe in the value of established and traditional practices. Many members of such institutions might say that change should be undertaken only when improvement is both demonstrably needed and likely to be produced by a proposed change. In other words, “If it ain't broke, don't fix it.”

L'innovateur pédagogique peut alors avoir le sentiment d'être un cow-boy solitaire [De Clercq2022].

✓ **Critiques des méthodes actives**

Les méthodes actives ne sont pas exsangues de toute critique. Il est nécessaire de se poser les questions sur ses risques comme nous l'avons fait ci-dessus, mais également sur des effets pervers potentiels que de telles méthodes pourraient générer [Romainville2007]. Romainville s'étonne par exemple de la candeur qui semble récemment atteindre le monde de l'enseignement supérieur en découvrant ces méthodes « *nouvelles* », alors que Rousseau décrit déjà, dans l'Émile à la fin du 19^e siècle, un enfant acteur de ses apprentissages qui doit employer des « *méthodes actives et vivantes* ». Un enfant comme moteur de ses apprentissages et au centre de ceux-ci sont des idées portées par le mouvement de l'Éducation Nouvelle dans les années 1920 ou encore dans les travaux de Claparède dans les années 1950.

L'auteur poursuit en analysant les deux grands principes s'opposant en didactique, mais finalement complémentaires : la finalisation et la didactisation [Meirieu1992]. Le principe de

finalisation se concentre sur le fait que les savoirs doivent être « utiles pour la vie », les activités proposées devant faire sens à l'élève. Le principe de didactisation, quant à lui, cherche à ordonner les apprentissages, à les amener de façon progressive et rationnelle, créant la « forme scolaire » matérialisée par la relation pédagogique entre le maître et l'élève [Vincent1994]. Cette « forme scolaire » introduit une école coupée du monde pour que l'élève puisse se concentrer uniquement sur son apprentissage. Selon Romainville, les méthodes actives favorisent la finalisation aux dépens de la didactisation, rompant ainsi l'équilibre entre ces deux principes, certes opposables, mais nécessaires tous deux à une pédagogie de qualité [Romainville2007]. Les moments de structuration individuelle et systématique de la connaissance sont incontournables pour rétablir un équilibre. Freinet a lui-même introduit des systèmes de « brevets » pour vérifier que les élèves atteignent bien les objectifs fondamentaux via les méthodes actives qu'il mettait en place par ailleurs. L'enseignant a une responsabilité de vérifier que les connaissances travaillées en groupe de façon active sont bien acquises individuellement par chaque membre du groupe.

Par ailleurs, il est nécessaire de rappeler que les méthodes actives ont tendance à « favoriser les favorisés ». La reproduction des inégalités sociales dans le système scolaire est connue depuis les travaux de Bourdieu [Bourdieu1964], les étudiants disposant d'un capital culturel plus élevé, qui sont accompagnés par leur environnement familial et qui disposent de plus de compétences en autonomie dès le départ, ont tendance à être favorisés par les méthodes actives. Il est absolument nécessaire de garder ce risque en tête lors de l'implémentation de méthode active dans un enseignement, en clarifiant au maximum le contrat didactique.

Enfin, Romainville pointe également les fondements idéologiques sous-jacent aux pédagogies actives. À leur origine en tout cas, ce type de méthode vise à changer la société par l'école, à former des individus « libres ». Ferrière parle ainsi « *d'école active contre l'école assise* ». La formule est forte mais vise à faire comprendre qu'il est impossible de gommer les fondements idéologiques attachés à ce type de pratique. La communauté universitaire acquise à la cause de la « liberté académique » ne peut faire l'économie du débat autour de l'implémentation des pédagogies actives et des options idéologiques et de valeurs sous-jacentes.

En guise de conclusion de cette section portant sur le cadre théorique des méthodes de pédagogie active, en ayant présenté les avantages, les risques et les inconvénients, laissons le mot de la fin, teinté d'ouverture et de juste milieu au Professeur Romainville [Romainville2007]

« On peut dès lors se demander s'il ne vaut pas mieux, surtout dans l'enseignement supérieur réputé encore plus traditionnel que les autres niveaux scolaires, introduire des éléments diversifiés de pédagogie active, certes ponctuels, mais de manière large, au sein d'un dispositif « classique » plutôt que de chercher, souvent en vain, à faire basculer l'ensemble d'un programme dans une forme particulière de méthodes actives. Pour plagier saint Thomas d'Aquin, ne doit-on pas d'ailleurs craindre surtout l'enseignant d'une seule méthode ? Autrement dit, on a peut-être tort de chercher à « faire basculer », comme on l'entend parfois, une filière dans telle ou telle méthode active, comme si la conversion à ces méthodes s'apparentait à une entrée en religion. Ne serait-il pas plus efficace de promouvoir ponctuellement certains dispositifs de pédagogie active en regard d'objectifs pour lesquels elles se montreraient strictement nécessaires ? »

II.2. Question de recherche

La question de recherche de ce mémoire émerge de la description de mes pratiques professionnelles (section II.1.1) et des questionnements issus de celles-ci (section II.1.2). Il en résulte une triple volonté :

- Approfondir la thématique des méthodes de pédagogie active pour en comprendre ses fondements théoriques ;
- Analyser l'état de l'art actuel sur les pratiques de pédagogie active ;
- Comprendre les points bloquants pouvant surgir dans ces pratiques.

La volonté de comprendre les points bloquants est entièrement tournée vers une certaine ingénierie pédagogique : « *Ayant analysé des situations difficiles dans les approches actives de quelques cas précis, comment les pratiques existantes sont-elles améliorées à l'heure actuelle?* ».

Situations difficiles, points bloquants, risques inhérents aux méthodes actives, « *modes d'échec*⁴», analyse de pratiques, pistes de solution sont donc autant de thèmes centraux de ce travail de recherche appliquée. Ces concepts sont à mettre en relation avec la méta-analyse de Freeman et al. [Freeman2014] discutée ci-dessous se positionnant en faveur de ce type de méthodes.

Dès lors, la question de recherche de ce mémoire peut s'écrire de la manière suivante :

Partant d'un constat d'amélioration des performances des étudiants du fait de l'utilisation des méthodes de pédagogie active [Freeman2014], ce mémoire a pour but d'étudier les perceptions que se font des innovateurs pédagogiques reconnus quant aux modes d'échec possibles des méthodes de pédagogie active. L'objectif est donc d'analyser quelques pratiques d'innovateurs pédagogiques reconnus dans le domaine de la pédagogie active en milieu universitaire, d'identifier leurs perceptions quant aux possibilités d'échec de ces méthodes et d'analyser leurs pistes actuelles de solutions.

Comme détaillé dans la méthodologie de recherche ci-dessous, l'analyse des pratiques d'innovateurs pédagogiques reconnus permet de disposer d'un aperçu de l'état actuel des pratiques. Leurs perceptions des modes d'échec susciteront ainsi le débat sur les pistes de solution qu'ils mettent en place actuellement au sein de leurs enseignements.

⁴ Le terme « *failure mode* » a été utilisé par le Prix Nobel de Physique, Carl Wieman, interrogé dans le cadre de ce mémoire. Ce terme sera utilisé dans la formulation de la question de recherche.

II.3. Méthode de recherche

II.3.1. Présentation générale de la méthodologie

Cette section vise à décrire et justifier la méthode de recherche mise en place dans ce mémoire afin de répondre à la question de recherche développée au point précédent.

Au vu du caractère ouvert de la question de recherche, une méthodologie de nature flexible a semblé appropriée. Dès lors, une **recherche exploratoire** sans a priori ni hypothèses préalables précises sur la question de recherche nous paraissait pertinente. La collecte de donnée a pris la forme d'**entretiens semi-structurés** avec des innovateurs pédagogiques reconnus dans le domaine de la pédagogie active. Ces innovateurs constituant l'échantillon de recherche sont présentés dans la section II.3.2. Au préalable des entretiens, nous avons collecté des **documents** (données invoquées) expliquant les dispositifs de pédagogies actives mis en place par ces acteurs clés. Nous faisons une synthèse de ces dispositifs pédagogiques à la section II.3.3. Cette récolte de données préalables nous a permis de mieux focaliser les entretiens qui ont une durée approximative d'une heure.

Lors de chaque entretien, nous avons utilisé une **grille d'interview** qui peut être retrouvée en annexe 3. Cette grille reprend notamment un rappel de l'objectif du mémoire, une partie de clarification du dispositif de pédagogie active mis en œuvre par la personne interrogée ainsi que des questions relatives aux motivations de la mise en place du dispositif de pédagogie active. Ensuite, viennent les questions centrales à ce travail, à savoir celles relatives aux perceptions des modes d'échecs, limites et failles potentielles des méthodes de pédagogie active mises en place ainsi que des questions concernant les pistes de solutions développées ou en cours de développement.

Après les entretiens, une **transcription** de ceux-ci a été effectuée. Deux exemples de ces transcriptions peuvent être trouvés en annexe 4. Les autres transcriptions sont disponibles sur simple demande. Ces données brutes nous ont permis de réaliser un codage des propos recueillis lors des entretiens. Le codage a été effectué grâce au logiciel QDA Miner Lite. Une **grille de codage** a donc été construite de manière inductive au vu de l'approche exploratoire choisie, en suivant la méthodologie décrite dans le cours Quantitative and Qualitative Research Methods du Prof. J. De Mol [DeMol2014]. Cette grille peut être retrouvée en annexe 5. Finalement, les résultats issus du codage des entretiens ont été présentés, analysés et discutés au regard de la littérature existante.

II.3.2. Présentation de l'échantillon d'innovateurs pédagogiques reconnus

Un ingrédient déterminant à la bonne réussite de ce mémoire est le **choix des innovateurs pédagogiques reconnus** œuvrant dans le domaine de la pédagogie active et donc de l'échantillon. Nous avons décidé de nous concentrer sur des innovateurs pédagogiques particulièrement reconnus dans la communauté SoTL. Les membres de l'échantillon doivent donc posséder une pratique réflexive de leurs méthodes d'enseignement en pédagogie active. Les acteurs choisis sont tous issus de l'orientation A (STEM). Pour la plupart, ils allient une forte reconnaissance scientifique dans leur domaine de recherche disciplinaire d'origine et une très forte implication dans la réflexion pédagogique, comme en témoignent leurs nombreuses publications, elles aussi reconnues, dans le domaine des méthodes d'enseignement. Nous nous sommes restreints à six acteurs clés pour cette approche qualitative et exploratoire, conformément aux recommandations énoncées par Guest, Bunce & Johnson dans la quantification du concept de saturation présent dans des entretiens [Guest2006].

Innovateurs pédagogiques reconnus interrogés :

- **Derek Bruff** (Vanderbilt University – USA – Mathématiques)

Derek Bruff est enseignant, auteur et consultant en enseignement supérieur [Bruff]. Il est titulaire d'un doctorat en mathématiques et a donné des cours de mathématiques à l'université Vanderbilt et à l'université Harvard. Il a dirigé le « *Vanderbilt University Center for Teaching* » pendant plus de dix ans, où il a aidé des enseignants et d'autres formateurs à développer des compétences pédagogiques fondamentales et à explorer de nouvelles idées en matière d'enseignement. Derek Bruff est auteur de deux livres à coloration pédagogique:

- ✓ *Teaching with Classroom Response Systems: Creating Active Learning Environments* (Jossey-Bass, 2009).
- ✓ *Intentional Tech: Principles to Guide the Use of Educational Technology in College Teaching* (West Virginia University Press, 2019) .

Par ailleurs, il met régulièrement à jour son blog [Bruff] consacré à l'apprentissage et à l'enseignement, il rédige une lettre d'information hebdomadaire intitulée Intentional Teaching et produit le podcast Intentional Teaching.

Le cours dans lequel il exerce la pédagogie active est le cours de Cryptographie [Bruff-Crypto].

- **Carl Wieman** (Stanford – USA – Physique)

Le Professeur Carl Wieman possède de multiples affiliations : il est notamment professeur au département de physique et à l'école d'éducation de l'université de Stanford [Wieman-Stanford], il est aussi le professeur A.D. White à l'université Cornell [Wieman-Cornell]. Il est connu pour ses travaux fondamentaux en optique et physique atomique. En 1995, avec Eric Allin Cornell, il réalise la première création d'un condensat de Bose-Einstein [Anderson1995],

expérience pour laquelle il recevra le prix Nobel de physique 2001 [Wieman-Nobel]. Ses articles sont cités plus de 62.000 fois [Wieman-Scholar].

Carl Wieman est également une figure majeure au niveau national et international dans le domaine de la recherche sur l'enseignement des sciences. Ses recherches ont ouvert la voie à l'utilisation de techniques expérimentales rigoureuses pour développer et évaluer des stratégies d'enseignement permettant d'enseigner efficacement les sciences au niveau universitaire [Wieman-Cornell]. Il a notamment appliqué les résultats de la recherche en psychologie cognitive sur l'apprentissage à l'enseignement au niveau collégial. Il a publié plus de 100 articles sur ce sujet [Wieman-Scholar], dont la plupart contiennent des informations qui peuvent être exploitées immédiatement par les professeurs de sciences et d'ingénierie pour améliorer leur enseignement. On notera notamment que son groupe de recherche en éducation est à l'origine de PhET [Wieman-PhET], une suite très populaire de près de 100 simulations informatiques basées sur la recherche SoTL. Elles sont consultées plus de 100 millions de fois par an.

Il est à l'initiative de la plus grande expérience de changement institutionnel de l'enseignement (11 M\$) grâce à son initiative d'enseignement des sciences, qui a transformé l'enseignement de centaines de professeurs de sciences et de centaines de milliers d'heures de crédit, passant de cours magistraux traditionnels à des pratiques pédagogiques fondées sur la recherche, dans les universités du Colorado et de la Colombie-Britannique [Wieman-Initiative]. Carl Wieman a été nommé directeur associé pour la science au sein du bureau de la science et de la technologie de la Maison Blanche sous le président Obama.

Ses travaux de recherche dans le domaine de l'éducation lui ont valu une longue liste de récompenses nationales et internationales dont en 2007 la médaille Oersted délivrée par l'association américaine des enseignants de physique (AAPT) [Wieman-AAPT] en reconnaissance à ses contributions notables à l'enseignement de la physique (en particulier ses simulations) ou encore en 2020 le prix Yidan en recherche en éducation pour sa contribution au développement de nouvelles techniques et outils aidant à l'enseignement des STEM [Wieman-Yidan].

- **Eric Burkholder** (Auburn University – USA – Physique)

Eric Burkholder est professeur adjoint au département de physique et professeur adjoint auxiliaire au département de génie chimique de l'université d'Auburn [Burkholder-Stanford]. Il a obtenu sa licence en génie chimique et biomoléculaire à l'université de Cornell et son doctorat en génie chimique au California Institute of Technology, où il a étudié la physique de la matière molle active avec le Professeur John Brady. Il a effectué son travail postdoctoral avec le lauréat du prix Nobel Carl Wieman sur un large éventail de questions relatives à l'enseignement de la physique et de l'ingénierie. Ses projets de recherche actuels portent sur la mesure de l'expertise adaptative et de la résolution de problèmes, la réforme des cours de laboratoire en génie chimique, l'analyse psychométrique des évaluations en physique, la préparation et la diversité des étudiants, la modélisation statistique de l'acquisition des connaissances et la fluidité de la représentation en physique et en ingénierie.

Les entretiens du Prof. C. Wieman et d'E. Burkholder sont donc à considérer comme complémentaires, le premier apportant un regard éclairé sur les pièges et modes d'échecs

potentiels des pédagogies actives, le second ayant enseigné avec le Prof. Wieman et faisant un retour d'expérience. Il est bon de noter qu'E. Burkholder peut être considéré comme un enseignant étant plus proche de la deuxième génération de recherche sur les pédagogies actives au sens de Freeman [Freeman2014], comme développé dans la section II.1.3. La première génération de recherche comparait les méthodes traditionnelles et actives tandis que la deuxième génération utilise les avancées en psychologie de l'éducation et des sciences cognitives pour inspirer des changements dans les cours. Nous sommes là au cœur du travail de Carl Wieman et Eric Burkholder n'a, de son propre aveu, jamais enseigné que via des méthodes de pédagogies actives. Il est donc pleinement dans cette « deuxième génération de recherche sur les pédagogies actives ».

- **Jim Plumat** (UNamur – Belgique – Physique)

Jim Plumat est physicien et docteur en Sciences de l'Éducation de l'Université catholique de Louvain [Plumat-edX]. Il est professeur émérite de l'UCLouvain et de l'Université de Namur. Dans ces deux institutions, il y a enseigné la physique tout en étant responsable de l'agrégation en sciences physiques. Son domaine de recherche est dédié à la didactique de la physique et plus spécifiquement aux difficultés d'apprentissage des étudiants dans l'enseignement secondaire et supérieur. Ses domaines d'expertise sont liés d'une part à l'influence de l'image animée sur les biais de raisonnement et d'autre part à la didactique de la physique quantique.

A l'UNamur, au sein du projet PUNCH – Pédagogie Universitaire Namuroise en CHangement, il développe un cours centré sur une approche par projets en bloc 1 sciences physiques [Plumat-Punch]. C'est dans le cadre de ce cours, intitulé « *Physique et défis* », qu'il pratique la pédagogie active.

- **Jean-Charles Cailliez** (Université de Lille – France – Biologie)

Jean-Charles Cailliez est professeur de biologie cellulaire et moléculaire à l'Université Catholique de Lille [Cailliez]. Il enseigne en facultés de Médecine, de Sciences et Technologies et en Ecoles d'Ingénieurs. Le Professeur Cailliez est depuis juillet 2012 vice-président de l'Université de Lille, chargé de l'innovation et du développement après avoir été vice-président et vice-recteur chargé de la recherche et doyen de la faculté libre des sciences et technologies. Il est également docteur d'université (1990) et Habilité à Diriger des Recherches (1998) en sciences biologiques, titres qu'il a obtenu à l'université du droit et de la santé de Lille. Il est également titulaire depuis 2010 d'un Master of Business and Management (MBA) de l'IESEG (Lille). Depuis juillet 2017, il est le co-fondateur et directeur d'HEMISF4IRE, une plateforme collaborative stimulant la créativité par des méthodes de codesign. Il est également auteur de quinze ouvrages pédagogiques aux éditions Ellipses (Paris), dont notamment :

- ✓ Cailliez, Jean-Charles, Charles Hénin, *La classe renversée : l'innovation pédagogique par le changement de posture*, Ellipses, 2017
- ✓ Cailliez Jean-Charles, Carissimo-Marquizeau Delphine, Henin Charles, *Le cactus à roulettes - Comment innover par intelligence co-élaborative*, Ellipses 2021.

- **Eric Mazur** (Harvard University – USA – Physique)

Eric Mazur est professeur de physique et doyen à la John A. Paulson School of Engineering de l'université de Harvard. Il est également membre de la faculté d'éducation de la Harvard Graduate School of Education et ancien président d'Optica (anciennement Optical Society of America), la société mondiale d'optique [Mazur-Web]. Eric Mazur est reconnu pour ses travaux en optique non linéaire – il a étudié avec le prix Nobel de physique 1981 Nicolaas Bloembergen – ainsi qu'en nanophotonique. Dans le domaine de l'éducation, il est largement connu pour son travail sur l'instruction par les pairs, une méthode d'enseignement interactive visant à impliquer fortement les étudiants dans la salle de classe [Crouch2001]. Il est un des pionniers des classes inversées. Il est auteur de plus de 380 publications scientifiques, citées près de 50.000 fois [Mazur-Scholar] et a rédigé 52 brevets.

En éducation, son livre de référence (cité plus de 5000 fois) est :

- ✓ Mazur, Eric, *Peer Instruction: A User's Manual*, Prentice Hall (1997).

Ce livre qui explique comment enseigner de manière interactive à de grandes classes de cours magistraux. Il a également publié :

- ✓ Mazur, Eric, *Principles and Practice of Physics*, Pearson (2015)

qui présente une nouvelle approche de l'enseignement de la physique.

Il a reçu de nombreux prix pour ses travaux en physique et en éducation dont notamment en 2014 le prix Minerva (500.000\$) pour les progrès réalisés dans le domaine de l'enseignement supérieur [Mazur-Minerva]. Il est également le fondateur de la spin-off SiOnyx (production de black silicon) et Learning Catalytics, logiciel qui fournit des données analytiques visant à améliorer l'apprentissage en classe. Il est également co-fondateur de la plateforme Perusall [Mazur-Perusall], un syllabus interactif collaboratif aidant les étudiants à apprendre et s'engager dans le matériel pédagogique. Cette plateforme accueille chaque année la conférence « *Perusall Exchange* » qui est une conférence de pédagogie mêlant présentations synchrones et asynchrones.

II.3.3. Synthèse des dispositifs de pédagogies actives mis en place par les innovateurs

Comme discuté dans la section II.3.1, après avoir contacté les innovateurs à interviewer, mais avant les entretiens semi-structurés, nous avons collecté un ensemble de données invoquées auprès de notre échantillon. Ces documents explicitent les dispositifs de pédagogies actives mis en place par les acteurs clés, leurs conceptions des méthodes actives ainsi que les raisons pour lesquels ces acteurs ont choisi ces méthodes. La lecture de ces documents a donc permis de préparer les entretiens en amont ainsi que de bien comprendre le cadre dans lequel les acteurs agissent. La première partie des entretiens était consacrée à une clarification des dispositifs pédagogiques mis en place. Cette section synthétise donc les données invoquées et les premières parties d'entretiens de chacun des acteurs clés.

- **Derek Bruff** (Cryptographie)

Afin de préparer l'entretien, Derek Bruff nous a envoyé un article qu'il a écrit sur son blog [Bruff2020] expliquant sa conception des méthodes de pédagogie active. Bien que cet article soit spécifique à la situation de la pandémie de covid-19, il reflète de manière plus générale ses réflexions quant aux pédagogies actives. On peut y lire que, selon lui, privilégier une approche centrée sur l'étudiant signifie de parler aux étudiants à propos de leurs expériences d'apprenant et d'essayer de comprendre et de rencontrer leurs besoins. Il faut selon lui avoir ces conversations régulièrement durant nos cours et s'adapter en conséquence. Il cite notamment sa collègue Allison Leich Hilbun:

"I feel like engaging students can be helped by having honest conversations with the students about how they are feeling about this novel approach to learning. Even stopping class to ask how students feel emotionally and whether or not they feel connected could potentially help foster social connections and comfort with the new system."

Bien que spécifique à la situation covid-19, on comprend bien l'importance de conversations franches sur les sentiments des étudiants face à une nouvelle situation d'apprentissage à travers cet extrait.

Il discute ensuite de divers moyens pour que les étudiants participent activement aux cours, même en situation hybride connue durant la pandémie. Il y détaille notamment la possibilité d'effectuer des sondages en direct avec des questions bien spécifiques. Il renvoie à son livre [Bruff2009] dans lequel il analyse les liens entre la technologie (style « *clickers* ») et le type de questions à poser (style « *Peer Instruction* »). Il énonce également l'importance d'une boucle de feedback (y compris via une messagerie instantanée en cas d'enseignement co-modal) et propose la confection de prise de notes collaboratives ou de travaux de groupe collaboratifs via Google Doc. On y retrouve également différentes techniques d'animations de groupes.

Le dispositif pédagogique de pédagogie particulier qu'a choisi de nous présenter Derek Bruff se place dans le cadre de son cours de « *Cryptographie, l'histoire et les mathématiques des codes et des chiffrements* » [Bruff-Crypto]. Le but de ce cours est de créer et de déchiffrer des codes simples, de comprendre comment les codes et leurs déchiffrages ont impacté l'histoire, la technologie et la culture, de comprendre et d'appliquer des concepts issus des mathématiques utilisés encore aujourd'hui en cryptographie et enfin d'améliorer ses compétences écrites en communication d'informations techniques.

En pleine pandémie, ce cours reposait sur un mixte entre des sessions en classe et des sessions asynchrones. Les étudiants devaient utiliser la plateforme Teams pour une série d'activités, incluant notamment le partage de questions et de réflexions par rapport aux lectures du cours, le partage de liens ou de documents pertinents au cours ou pour diverses discussions. Le logiciel **Perusall** [Mazur-Perusall] était également utilisé occasionnellement, ainsi que le logiciel **Top Hat** pour des sondages ponctuels. La participation des étudiants était valorisée à hauteur de 15% de la note finale (voir Tableau 1). Différents **devoirs** (Problem Sets – 15%) étaient soumis aux étudiants durant le semestre afin d'aborder la matière discutée en classe. Par ailleurs, quatre **quiz** de huit problèmes étaient proposés aux étudiants durant le semestre. Pour réussir, il était nécessaire de répondre correctement à au moins sept problèmes sur les huit posés. Si l'étudiant réussissait l'ensemble des quatre quiz, il était dispensé de l'examen final (15%). Si l'étudiant échouait, il avait l'occasion de recommencer le quiz autant de fois qu'il le souhaitait, avec des questions différentes, durant les heures de

permanence de Derek Bruff. Les étudiants devaient également écrire deux papiers sur des sujets de cryptographie imposés (10% et 25%). Ils avaient le droit de soumettre une révision après une première correction, mais les notes obtenues ne pouvaient être supérieures que d'une lettre par rapport à la première version soumise. Enfin, les étudiants devaient produire un podcast de 8 à 12 minutes sur l'histoire de la cryptographie (20%). Ils devaient remettre, avant l'enregistrement, une bibliographie annotée ainsi qu'un script complet.

Online Participation	15%
Problem Sets	15%
Math Exam	15%
Paper #1 – Little Brother	10%
Podcast – Historical Crypto	20%
Paper #2 – Surveillance vs. Privacy	25%

Tableau 1 : Répartition des différentes activités pédagogiques proposées par Derek Bruff dans son cours de Cryptographie.

Les activités pédagogiques proposées dans le cadre de ce cours permettent par conséquent à Derek Bruff de tester différentes approches pédagogiques. Lors de l'entretien, il a détaillé une activité sur des nombres premiers entre eux possédant trois chiffres. Les étudiants devaient en proposer un via un système de sondage (style Wooclap). Ensuite, l'enseignant a ajouté une mauvaise réponse et les étudiants devaient identifier la mauvaise réponse cachée parmi les bonnes.

Il est intéressant de noter que certaines activités proposées par Derek Bruff (en gras dans le texte ci-dessus) sont similaires à ce qu'a développé Eric Mazur dans le cours « *Applied Physics* ».

- **Carl Wieman & Eric Burkholder** (Physique générale)

À la suite de contraintes d'agenda de Carl Wieman, celui-ci nous a accordé un entretien où il a répondu à nos questions génériques quant aux modes d'échecs potentiels des méthodes de pédagogies actives et ses pistes actuelles de solutions, laissant la partie « activités en classe » pour son collègue et ancien post-doctorant Eric Burkholder. Pour cette raison, les deux entretiens sont étudiés en parallèle, Eric Burkholder nous livrant principalement ses expériences d'enseignement apprises auprès de Carl Wieman.

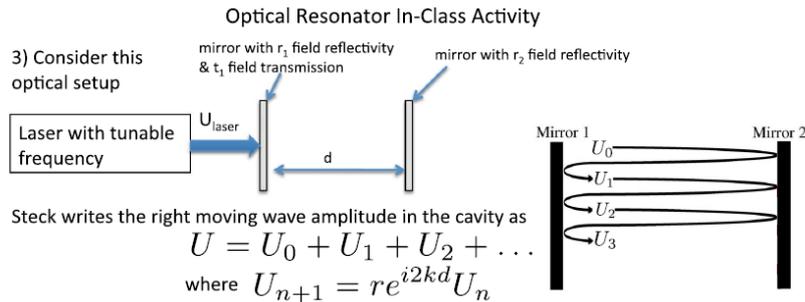
Au préalable de l'entretien, Carl Wieman nous a envoyé certaines de ses publications relatives à la pédagogie active [Wieman2019, Wieman2020, Deslauriers2011, Lepage2021, Jones2015]. Son credo est qu'il existe une littérature très abondante démontrant que les stratégies développées en pédagogie active mènent à de meilleurs résultats que les méthodes

traditionnelles, notamment pour l'enseignement de raisonnements complexes ou de résolution de problèmes scientifiques [Jones2015, Wieman2019]. Selon lui, une large reconnaissance et adoption de ces pratiques d'experts changeront la nature profonde de l'enseignement supérieur [Wieman2019]. Notons que ce credo est totalement en phase avec le point de départ de ce mémoire, à savoir les travaux de Freeman [Freeman2014].

Un concept central revient tout particulièrement dans ses travaux, celui de « *pratique délibérée* » (deliberate practice) [Ericsson2018]. On pourrait définir ce concept comme étant une pratique explicite et intense de compétences spécifiques qui font que l'on devient un expert dans une discipline, le tout accompagné de feedbacks structurants réalisés au moment opportun [Jones2015]. Dans cette optique, Wieman a récemment identifié la façon dont des experts prennent des décisions pour résoudre des problèmes scientifiques [Wieman2020]. Il en ressort un ensemble de 29 décisions prises de manière quasi universelle par des experts de 10 disciplines différentes. À partir de cette analyse, il a implémenté une approche d'enseignement basée sur les décisions prises par les experts dans trois cours, en insistant sur l'apprentissage par la pratique et le feedback à donner aux étudiants.

C'est dans cet esprit d'amélioration des enseignements basés sur les recherches en éducation (SoTL) et des connaissances issues de la pratique délibérée qu'il s'est employé ces dernières années à transformer une série de cours passant d'une méthode d'enseignement traditionnel à des méthodes plus actives [Wieman-Initiative, Deslauriers2011, Jones2015,]. On notera notamment cette étude où il compare 3h de cours de physique élémentaire données à une large cohorte par un enseignant expérimenté et bien évalué par ses étudiants par rapport aux 3h de cours données par un enseignant inexpérimenté mais utilisant les résultats de recherche en psychologie cognitive en éducation des sciences physiques [Deslauriers2011]. Les résultats sont sans appel : l'usage des stratégies issues de la pratique délibérée et de la recherche augmente l'apprentissage et l'engagement dans un cours introductif à la physique enseigné à une large cohorte, comparés aux résultats obtenus via une méthode traditionnelle d'enseignement.

Dans l'abondante littérature concernant la recherche en éducation des sciences physiques, il est souvent admis que les résultats fonctionnant pour des cours généraux/introductifs à la physique devraient aussi fonctionner pour des cours de physique plus avancé. Toutefois, il est difficile de trouver des analyses quantitatives prouvant cette transposabilité. Wieman et son équipe se sont donc employés à démontrer que cette hypothèse était bien correcte [Jones2015]. Ils ont transformé un cours d'optique moderne, comprenant des concepts mathématiques avancés, en utilisant la pédagogie active. Ils ont créé une série d'activités pédagogiques (Figure 4) dont des tutoriels ou des exercices/fiches de travail (worksheets) à partir de notes de cours préexistantes (Figure 5).



- 3a) Explain what this second expression means:
- 3b) What is the meaning of the terms U_n and U_{n+1} ?
- 3c) What is U_0 in terms of r_1, r_2, t_1 , and U_{laser} ?
- 3d) What is r in terms of r_1 and r_2 ?
- 3e) Suppose there was a loss inducing optical element inside the cavity with a field transmission coefficient of t_{loss} . What would r be in terms of t_{loss}, r_1 and r_2 ? What if t_{loss} were complex?
- 3e) What is the effect of changing the index of refraction of the material between the mirrors? Is this equivalent to changing the distance between the mirrors? Why or why not?
- 3f) What is the effect of changing the wavelength of the input laser field? Is this equivalent to changing the distance between the mirrors? Why or why not?

3g) Evaluate the infinite sum for the field and derive an expression for the intensity

Hint $1 + a + a^2 + a^3 \dots = \frac{1}{1-a}$

FIG. 2. An in-class derivation for the field inside an optical resonator.

Figure 4 : Activité propos e par l' quipe du Prof. Wieman sur base des notes de cours illustr es en figure 5. Issu de [Jones2015].

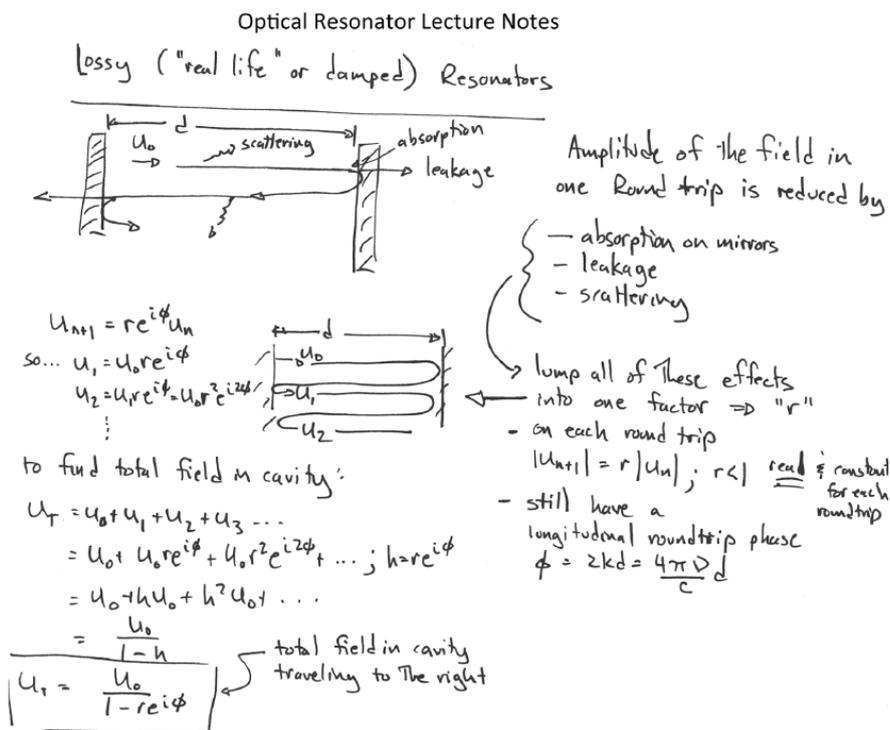


FIG. 3. The corresponding lecture notes for the in-class activities as shown in Fig. 2.

Figure 5 : Notes de cours ayant servi à préparer l'activité illustr e en figure 4. Issu de [Jones2015].

Le but des activités collaboratives développées était d'aider les étudiants à dépasser leurs propres conceptions erron es, d'améliorer leur sens physique et de leur fournir des séances de manipulation d'outils mathématiques avancés de manière supervis e. Ce genre de

transformation de cours, basée sur la recherche en pédagogie de la physique a également été appliqué par Lepage dans un cours de théorie quantique des champs [Lepage2021]. Nous noterons ici que l'analyse de ces deux lectures [Jones2015, Lepage2021] proposées par Carl Wieman donnent un cadre théorique intéressant à la transformation du cours de « *Physique Mathématique* » tel que décrit dans la section II.1.1 portant sur les pratiques professionnelles. Ce cadre théorique offre une perspective intéressante pour la publication future de notre transformation du cours.

Pointons encore deux éléments clés présents dans les travaux de pédagogie active de Wieman. Selon lui, les activités proposées doivent favoriser l'**engagement interactif** au sens de Hake [Hake1998, Jones2015], défini comme :

« methods as those designed at least in part to promote conceptual understanding through interactive engagement of students in heads-on (always) and hands-on (usually) activities which yield immediate feedback through discussion with peers and/or instructors. »

où l'on comprend également l'importance d'un **feedback** comme condition sine qua non à l'apprentissage d'une compétence particulière.

Ces différents concepts ont été appliqués dans le cours « *Physics 41E* » donné aux étudiants de Stanford ayant peu de pré-requis en physique et en mathématique [Burkholder-Physics41E]. Il s'agit donc d'un cours introductif à la physique, plus particulièrement à la mécanique. Le contenu du cours est centré sur la résolution de problèmes réels issus de la science et de l'ingénierie. Dans les diapositives introductives du cours [Burkholder-Physics41E], on retrouve ce principe énoncé de la sorte :

“If you want to be a writer, you take classes that teach you to write. If you want to be a STEM major, you need to learn how to solve problems. Majority of science/math classes don't do this, but this class will.”

Les enseignants insistent également sur l'apprentissage par l'expérience, et non par le fait de regarder quelqu'un d'autre faire de la physique. Ils présentent aux étudiants les résultats issus de [Deslauriers2011] pour démontrer l'assise scientifique de cette approche. Aucun syllabus n'est à acheter, le matériel de cours est issu de Wikipedia ou des textes sont mis à disposition sur la plateforme de cours (Canvas). Les simulations du site PhET sont utilisées durant le cours [Wieman-PhET] et des ressources externes telles que Openstax sont mises à disposition [Openstax]. Le cours est divisé en différentes activités d'apprentissage comprenant :

- Le temps en classe où les étudiants collaborent pour résoudre des **problèmes stimulants** avec les enseignants présents pour leur donner du feedback ;
- Un temps dédié à la résolution des **devoirs**, avec une partie individuelle et une partie en classe avec les assistants (TA, teaching assistant). Ces devoirs contiennent également des **jeux**. On retrouve donc une approche « jeu-cadre » [Thiagi] ;
- Quatre **quiz** prévus en classe pour donner un feedback sur la maîtrise du contenu ;
- Des **sessions individuelles** avec des assistants-étudiants (LA, learning assistants) pour développer leurs compétences académiques et se demander comment mieux apprendre. Ces sessions sont hebdomadaires et obligatoires.
- Un **examen final** correspondant aux objectifs d'apprentissages.

Il est intéressant de noter à ce stade que ces activités présentes dans le cours « *Physics 41E* » de Carl Wieman et Eric Burkholder sont très similaires à celles effectuées par Eric Mazur dans son cours « *Applied Physics* ».

L'équipe pédagogique est composée de 4 professeurs (y compris Carl Wieman et Eric Burkholder), 5 assistants (TA) et 10 assistants-étudiants (LA).

L'exercice décrit dans l'entretien par Eric Burkholder est un exercice de statique où les étudiants découvrent le concept de moment de force, concept ardu s'il en est. Ils doivent identifier les différentes forces agissant sur une poutre placée en bord d'un ponton, grâce à un feuillet d'exercice (« *worksheet* »). Les étudiants travaillent en groupe pour résoudre ces exercices et découvrent progressivement le concept de moment de force. Ensuite, ils se rendent sur le site de simulations PhET pour y effectuer un exercice avec différentes masses placées à différentes positions sur une balançoire. Ils doivent à partir de ces exercices identifier la loi d'équilibre de rotation incluant le moment de force.

- **Jim Plumat** (Physique et défis)

Le cours développé par le professeur Jim Plumat s'inscrit dans le cadre du projet PUNCH (Pédagogie Universitaire Namuroise en CHangement) qui est une initiative de l'Université de Namur visant à stimuler et accompagner les enseignants dans leurs pédagogies innovantes. Plusieurs projets ont ainsi vu le jour depuis 2013 [Punch], dont le cours « *Physique et défis* » au sein du département de physique. Ce cours est à destination des étudiants du premier bloc en sciences physique [Plumat2017].

Il repose sur la *pédagogie du projet* et sur l'initiation à la démarche (de recherche) scientifique. Le projet consiste à produire une *réalisation concrète* telle qu'une fusée s'élevant grâce à de l'eau comprimée ou un moteur à air chaud (moteur de Stirling). Outre cette réalisation concrète, les étudiants doivent élaborer un protocole de collecte de mesures (e.g. mesure de l'altitude maximale de la fusée ou mesure de la puissance et du rendement du moteur réalisé). Les étudiants travaillent en groupe de quatre ou cinq sous la supervision de l'équipe pédagogique. Cette dernière est constituée d'un professeur et de deux ou trois assistants. Enseignants et étudiants se retrouvent lors de séminaires hebdomadaires un semestre durant. Les étudiants sont invités à se poser les bonnes questions pour pouvoir résoudre leurs problèmes pratiques, la solution ne leur est pas fournie sur simple demande.

D'après les étudiants, une série de compétences transversales sont développées dans ce cours « *Physique et défis* », telles que le **travail en groupe**, **l'organisation**, la **gestion des contraintes temporelles** (deux dates butoirs : la remise du rapport et la présentation du projet devant un jury) **et financières** (un budget de 100€ leur est alloué en début de semestre) ou encore le développement d'un esprit de recherche [Plumat2017]. Ils ont également développé d'autres compétences liées à la **communication scientifique**, telles que la présentation orale de résultats scientifiques, la réalisation d'un poster ou la rédaction d'un rapport scientifique.

Les motivations des enseignants de ce cours à réaliser ce type d'approche par projet sont nombreuses et variées. Il y a, d'une part, une volonté de rompre avec des stéréotypes fortement associés aux études en physique, telles que ce cliché d'études réservées aux « grosses têtes » ou encore au cliché d'un cursus considéré comme trop théorique. Cette démarche vise ainsi à ajouter une dimension plus appliquée au début du cursus.

Ce cours répond également aux attentes des étudiants intéressés par la recherche en physique. Ils sont, d'après les auteurs [Plumat2017], confrontés plus rapidement au métier du

chercheur en physique en réalisant ce projet. La pédagogie du projet développée semble également accroître la motivation des étudiants via un sentiment d'utilité (réalisation concrète) et le caractère ludique de la tâche. Les sentiments de compétence et de contrôlabilité sont aussi mis en avant dans ce projet. Notons encore qu'une telle approche pédagogique suscite la créativité, bien plus que ce que ne le fait un cours traditionnel.

Une autre motivation évoquée par Jim Plumat et son équipe dans [Plumat2017] est l'apprentissage en profondeur des notions théoriques que provoque la pédagogie du projet. Le transfert et l'appropriation des connaissances est jugé comme extrêmement efficace par les auteurs.

Le dispositif proposé amène donc les étudiants à mobiliser leurs connaissances en physique ou dans d'autres disciplines connexes afin de résoudre un problème complexe.

A nouveau, certains aspects de la pédagogie du projet, de réalisations concrètes et certaines compétences travaillées lors du cours « *Physique et défis* » (en **gras** ci-dessus) se retrouvent chez Mazur dans le cours d'« *Applied Physics* ».

- **Jean-Charles Cailliez** (La classe renversée en génétique moléculaire)

Jean-Charles Cailliez a mis en place une méthode pédagogique innovante, active, co-élaborative baptisée la *classe renversée*, une sorte de classe inversée « poussée à l'extrême » selon les propos de son inventeur [Cailliez2017, Cailliez-Blog-CR]. Reprenons tout d'abord les marqueurs de la classe inversée. La *classe inversée* trouve son origine dans les travaux de Nechkina [Nechkina1984] ou de King [King1993] mais également selon certains dans les travaux d'Eric Mazur relatifs à l'instruction par les pairs [Mazur1997, Crouch2001]. On y retrouve les principes d'absence de cours magistral, caractéristique fondamentale de la classe inversée, pour consacrer le temps en classe aux réponses à des activités d'approfondissement. Le côté « **inversé** » de la classe s'explique comme suit : au préalable du moment de classe, on fournit aux étudiants le matériel pédagogique reprenant l'objet du cours, le contenu du savoir. Les étudiants doivent s'approprier ce contenu avant le cours, chez eux la plupart du temps ou en classe en début de cours dans certaines variantes. Le temps en classe est alors dédié à la réponse aux questions des étudiants, à la résolution de problèmes, de questions conceptuelles, pour approfondir, avec l'enseignant, les concepts clés de la matière. Cette inversion des moments de transmission et de questionnement du savoir enseigné rend les moments de classe plus interactifs et plus efficaces au niveau cognitif.

La classe renversée – ou pédagogie « **do it yourself** » – est différente de la classe inversée sur plusieurs points. Tout d'abord, aucun contenu de cours n'est distribué aux étudiants [Cailliez2017]. Pas de livre, de syllabus ou de liens renvoyant vers un site internet pertinent.

Il repose ensuite sur un double changement de posture :

- Les étudiants se retrouvent constructeurs du contenu (« *consommateurs* »), ils construisent le cours eux-mêmes. Cette approche les force à quitter leur zone de confort et une attitude « *consommatrice* » de savoir ;
- L'enseignant dirige les opérations, participe activement à l'animation des séances et à la construction du savoir ainsi et à l'évaluation.

En caricaturant un peu, les rôles sont « renversés », les étudiants se retrouvent professeurs et le professeur prend le rôle d'élève « candide » lorsque les étudiants tentent de lui expliquer

la matière ou lorsqu'ils l'interrogent⁵ [Cailliez2017]. L'entièreté du contenu du cours se construit par groupes tout au long du semestre. Une **ludification** [Thiagi] est également prévue pour classer les chapitres en cours de constructions au cours du semestre, via un vote pondéré permettant d'établir un top 5 qui attribue un bonus à la note finale pour les cinq meilleurs chapitres.

Côté organisation pratique, les groupes sont imposés après concertation entre le professeur et le responsable pédagogique de la promotion qui connaît les étudiants. Ces groupes restent fixes tout le long du semestre et sont choisis de telle sorte « à respecter une même hétérogénéité de profils » [Cailliez2017]. Dans sa dernière version, Jean-Charles Cailliez divise son cours en six chapitres et forme 12 groupes. Chaque chapitre est ainsi doublé, écrit de deux manières différentes. Toutefois, le format final du chapitre à produire par les étudiants est préétabli et calibré. Le travail de chaque étudiant est à la fois individuel et collectif : il participe à la construction de son chapitre attiré avec son groupe mais doit également assimiler les cinq autres chapitres produits par d'autres groupes, soit au total l'entièreté de la matière.

Le semestre est découpé en 12 séances de 2h. Chaque séance commence par une activité « *brise-glace* » de 10 à 15 minutes [Cailliez2017, Cailliez-Blog-CR]. Cet « *ice-break* » permet de stimuler les étudiants et de produire un contenu (production ou annotation d'un schéma, création d'une question à choix multiple relative à leur chapitre, etc.) qui servira de bonus pour l'ensemble du groupe s'il est correctement effectué. Après cette activité introductive, chaque groupe organise son travail autour de la construction du chapitre qui leur est attribué. Cette phase dure 30 à 40 minutes et le professeur répond aux questions des étudiants. Vient alors une séance plénière de 15 à 20 minutes où l'enseignant explique un point de matière fondamental ou spécifique à la suite de « *questions qui auraient été posées au préalable sur la plateforme du cours (Moodle)* ». En fonction du temps disponible, un second temps de travail en groupe est programmé ou si la séance touche à sa fin une évaluation du cours est effectuée sur le modèle 10/20 : ils doivent attribuer un 20/20 à un élément qu'ils ont apprécié dans le cours et un 0/20 pour un élément qu'ils n'ont pas apprécié ou qu'ils souhaiteraient améliorer dans le cours. Le travail de chaque groupe est publié sur la plateforme collaborative du cours en fin de chaque séance même s'il n'est pas dans sa forme définitive. Chaque étudiant peut ainsi mesurer l'avancée des chapitres construits par les différents groupes et prendre connaissance du contenu de l'ensemble de la matière progressivement.

La note finale est un mélange d'un contrôle continu basé sur l'organisation de chaque groupe, de l'implication/participation des membres via des bonus (participation aux ice-breaks) ou malus (absence injustifiée) et d'un examen final individuel. L'examen final est un examen « classique » portant sur du contrôle de connaissance pur et dur et se fait avec le support de cours mis à disposition. Il y a donc un mélange de notations interpersonnelles (les étudiants évaluent la participation au groupe), intergroupes (compréhension des chapitres produits par les autres groupes via le top 5 notamment) et de notations par l'enseignant (note donnée au chapitre, participation, résultat à l'examen final...).

Ce dispositif est appliqué au cours de « *Génétique Moléculaire* », donné aux étudiants de 3^e licence, à la Faculté Libre des Sciences et Technologies de l'Université Catholique de

⁵ Notons que ce renversement des rôles rejoint la posture du « maître ignorant » développée par A. Cerletti dans « La politique du maître ignorant : la leçon de Rancière », *Le télémaque* 1 (2005): 81-88.

Lille. Le nombre d'étudiants oscille entre 60 et 70 et Jean-Charles Cailliez est seul pour animer son cours.

A nouveau, les marqueurs (placés en **gras**) de ludification, de classe inversée ou de just-in-time teaching (questions posées via une plateforme) se retrouvent à la fois chez Cailliez et Mazur.

- **Eric Mazur** (Applied Physics)

Le cours d'Eric Mazur « Applied Physics » étant à l'origine de ce travail de recherche, il a été développé et commenté abondamment dans la section II.1.1 « Descriptions des pratiques professionnelles ». Nous renvoyons le lecteur à cette section pour bien comprendre le contexte de l'interview d'Eric Mazur.

II.4. Résultats

II.4.1. Présentation et analyse des résultats

Cette section vise à présenter et analyser les résultats issus des entretiens. Elle se base sur une grille de codage des entretiens qui peut se retrouver en annexe 5.

La section des résultats s'organise comme suit. L'analyse des modes d'échecs perçus par les innovateurs pédagogiques reconnus interrogés a permis de distinguer des modes d'échec relatifs aux enseignants et d'autres relatifs aux étudiants. Nous énoncerons et expliciterons donc tout d'abord ces différents modes d'échecs identifiés par nos experts interrogés. Ces derniers ont également évoqué les limites et les difficultés rencontrées dans leurs pratiques des méthodes de pédagogie active. Une section y sera consacrée. Nous développerons ensuite les solutions qu'ils ont mis en place pour surmonter ces difficultés surgissant dans leurs enseignements. Enfin, nous terminerons par une présentation de leurs perspectives et questionnements actuels, ainsi que par les conseils qu'ils donneraient à un enseignant se lançant dans des méthodes de pédagogie active.

A. Modes d'échecs relatifs aux enseignants

Carl Wieman introduit le sujet des modes d'échec potentiels que peuvent rencontrer les enseignants pratiquant la pédagogie active en réalisant une comparaison avec l'apprentissage nécessaire afin d'être un bon chercheur :

“Learning to be a good research scientist, we don't really talk about that so much, but that's an enormous part of the learning process. It is you have to learn all the different ways, you know, an experiment won't work or a theoretical approach won't work or how you can get wrong, you know in misinterpret data wrong.”

Si l'on poursuit son parallélisme, il est donc nécessaire de bien comprendre toutes les manières dont les méthodes actives peuvent échouer afin d'être un bon praticien. C'est bien ce qui nous occupe dans ce travail. Identifions ces modes d'échec.

D'après Carl Wieman, un mode d'échec important des méthodes de pédagogie actives est la **méconnaissance des fondements et des principes** de celles-ci, au-delà des techniques. Certains enseignants ont simplement entendu parler de manière superficielle des méthodes actives et essaient de les implémenter sans connaître les grands principes qui les régissent. Or, la connaissance de ces fondements est essentielle car il est parfois nécessaire d'adapter le déroulement de l'activité d'apprentissage pour qu'un principe sous-jacent à la méthode puisse s'incarner. En méconnaissant les principes de base, les méthodes employées se trouvent fragilisées et les changements nécessaires peuvent ne pas être réalisés, ce qui conduit potentiellement à l'échec de l'activité. On peut exemplifier ce mode d'échec avec l'extrait suivant issu de l'entretien avec Carl Wieman :

“It's also the reading ahead to prepare for class, I mean a lot of this instructors they'll say "hello, my students I tell them to do and they never do it", but you look at what those

instructors do they almost always say okay you're supposed to read this before class and then they come into class and they say "Well you're supposed to read this, but I know a bunch of it didn't do it, so here's what was in the reading". So you then just punished all the students who did it because you wasted their time your reward all the students didn't do it. So, of course, from that day on no students going to prepare ahead of time. Why waste, nobody likes to loose their time."

La méconnaissance et/ou le manque d'application stricte des principes de base des classes inversées mène à une situation d'échec où les étudiants ne font pas l'activité proposée. En effet, l'enseignant commet l'erreur de ne pas récompenser ceux qui ont préparé à l'avance et leur fait perdre leur temps en classe en leur proposant le résumé de la lecture.

Un mode d'échec partiellement relié à la méconnaissance des principes et fondements des méthodes actives est, d'après Carl Wieman, un **désalignement** entre les objectifs du cours, ce que font les étudiants au cours et les critères d'évaluation. Il est primordial, selon lui, de comprendre pourquoi les étudiants font quelque chose, ce qui les motive et de présenter une évaluation cohérente. Pour éviter toute mauvaise surprise dans le chef des étudiants, les objectifs d'apprentissage doivent être explicites et détaillés. Chaque question d'examen de son cours peut donc être reliée à un objectif d'apprentissage, ce qui n'est peut-être pas le cas dans tous les cours, comme il le suggère dans l'extrait suivant :

"I think if you if you go to in lots of courses students will say "Well the exam I thought I knew this material but for the exam seem to be testing me on things that no idea how to do it and seemed completely unrelated and wasn't really measuring anything". In my case that never happens because it's such a direct reflection. I do that partly because I've done certain amount of research on looking at what the exams really measure, and taking and seeing how students will do on exams and then kind of doing more detailed interviews with students and realizing how are our exams are just, in general, exams are just such flawed instruments. I just make sure that students know exactly what's going to be on the exam and that's the best hope you have of making you know, mean something."

La prévention contre ce mode d'échec potentiel est donc une clarification du contrat pédagogique dès le début du cours. Il porte également un regard critique sur l'utilité des examens comme outil de mesure. On notera au passage que son expertise vient aussi du fait qu'il a fait de la recherche sur le sujet.

Jean-Charles Cailliez pointe également dans son discours la nécessité de cette évaluation congruente. Il insiste sur le fait qu'il soit nécessaire de recadrer les étudiants à certains moments, de vérifier leur bonne compréhension de l'alignement entre les objectifs, les activités et la méthode d'examen. Ne pas faire cela est générateur de stress chez les étudiants selon lui.

Le mode d'échec suivant est identifié chez quatre de nos six innovateurs pédagogiques (Wieman, Mazur, Bruff & Burkholder). Il s'agit d'une **mauvaise évaluation des prérequis** des étudiants de la part des enseignants. Comme le notent Wieman et Bruff, il est nécessaire de savoir ce que connaissent les étudiants, mieux cibler les mauvaises compréhensions initiales

qui pourraient biaiser l'entrée dans une matière (« *misconceptions* ») et de s'y adapter en concevant des activités qui répondent à des questions précises. Parfois, l'on réalise des activités trop simples induisant chez les étudiants l'impression qu'ils connaissent déjà profondément la matière, parfois les activités sont trop difficiles ou trop ambitieuses. Eric Burkholder exemplifie ce point en décrivant une activité sur l'énergie photovoltaïque et la capacité d'une batterie. L'activité ne s'est pas bien déroulée car les étudiants n'avaient pas les connaissances préalables nécessaires, notamment une connaissance de l'unité kWh. Il poursuit en disant que ce genre de cas peut se résumer à ce que l'on appelle l'angle mort de l'expert (« *expert blindspot* ») : à un certain moment, l'expert a oublié ce qu'était de ne pas connaître le sujet ; donc il n'apprécie plus à sa juste valeur la difficulté que cette connaissance représente pour l'étudiant qui la découvre pour la première fois. Toutefois, Eric Mazur et Carl Wieman tiennent tous les deux à relativiser ce mode d'échec en indiquant qu'en matière d'innovation il faut accepter d'affronter de l'inconnu et de l'imprévisible :

Carl Wieman

“To some extent I look at that is not so much a failure mode, just because whenever when you introduce some new active learning tasks it's just impossible to know, if you haven't done it before, what works for the students and what doesn't. So that makes activities not work so well, but you kind of just have to be expecting that and adjust things as you go along, and then the next time you do it, you get better. That's just a very common and typical thing.”

Eric Mazur

“Yeah, you know, occasionally we make an assignment that the ... that's too hard. And then ... and then the students are struggling for help, and we don't have enough time to help them. So that's basically a requires, a revision of ... you know, a revision of the material of the curriculum, whether I would call that a failure, you know, and also, I've taught for such a long time that it's rare that things become a total failure.”

Il est clair que cette mauvaise appréciation des prérequis est dommageable, mais il y a toujours une façon de s'en sortir a posteriori, en ajustant le tir et en évitant ainsi que l'activité proposée soit un échec total. Il est ainsi possible de redistribuer une feuille explicative après la séance et d'adapter le matériel pour l'année suivante. Ce genre d'ajustement est inévitable d'après nos experts.

Carl Wieman va même plus loin dans son analyse en pointant la possibilité qu'offrent les méthodes de pédagogie active de se corriger en séance. A l'inverse, il est beaucoup plus facile de manquer de prendre conscience des prérequis des étudiants dans un cours magistral comme Wieman l'explique dans l'extrait suivant :

“The thing that I'm trying to explain to faculty that should to reassure them more is, if you look at how often when you're doing this, you realize the way you explain something, the way you presented something, the assumptions you made about what students knew already, how wrong they were, if you just think about, if you think of a teaching in the alternative mode of giving a lecture, you realize how much of that lecture is just completely wrong, being missed. There's no corrective action there, you have no idea

whereas at least in active learning that's the most mismatched you still actually there's a whole bunch of possibilities of corrections, students could talk to each other and try and make some sense out of it it's still way ahead of the kind of the best lecture in this regard."

En résumé selon nos experts, cette mauvaise évaluation des prérequis est inévitable à tout type d'enseignement, mais les méthodes actives fournissent des possibilités d'y remédier en réagissant et en apportant des actions de correction.

Ce genre d'ajustement en séance est possible s'il y a un monitoring constant, un suivi du bon déroulement de l'activité en écoutant les étudiants, en les observant et en analysant leurs questions et leurs difficultés. Un **manque de monitoring en séance** peut mener à un mode d'échec supplémentaire. Simplement s'asseoir et attendre en espérant que les étudiants s'y mettent et travaillent, tout en restant sur la bonne voie, risque de poser des problèmes. Il est nécessaire de fournir des feedbacks ciblés, ce qui est possible en suivant bien les étudiants lors du déroulement de l'activité. Ce point a été relevé par les professeurs Wieman, Caillez et Mazur.

On perçoit donc l'importance du feedback donnés aux étudiants en séance. Mazur, Wieman et Bruff insistent sur ce mode d'échec particulier qui consiste en un **manque de feedback**. Ce mode d'échec est décrit par Carl Wieman :

"One another very common failure mode is not having the follow up feedback to the discussion where you kind of review the thinking and what's right. And well so not having any feedback follow up that's that's bad."

Carl Wieman poursuit en décrivant l'approche utilisée dans les « *tutorials* » de l'Université de Washington où les auteurs insistent sur le fait que l'enseignant ne doit pas dire à l'étudiant s'ils ont trouvé la bonne réponse ou non, les étudiants devant apprendre par eux-mêmes. Carl Wieman indique que cette approche est totalement naïve et non fondée sur la recherche en pédagogie. Ce genre d'attitude, omettant le feedback externe, crée de la frustration chez les étudiants. Il est intéressant de noter qu'Eric Mazur utilise ces « *tutorials* » de l'Université de Washington (cf. activité « *tutorials* » décrit dans la section II.1.1) mais sans suivre la recommandation des auteurs sur l'absence de feedback. Au contraire, lui et ses assistants sont disponibles pour guider les étudiants dans leur progression. Carl Wieman exemplifie l'importance du feedback constructif dans l'extrait suivant :

"you know there's one kind of interesting failure mode, which again is really common, which is that instructors will just go over what the correct answer is, and they won't discuss what some of the incorrect reasoning was. This is a place where I've learned a lot from cognitive psychologists, because they show how the feedback on what you did wrong is where most learning happens actually. Finding out how to change your thinking in response to negative, they talk about is negative feedback, but it's really feedback on errors how that's actually quite a bit more important than just hearing the right answer"

Le fait de déconstruire l'erreur avec l'étudiant est le moment ce dernier apprend le plus, ce qui est appuyé par la psychologie cognitive d'après Carl Wieman. Il est bien plus important de comprendre pourquoi l'on avait tort que d'avoir simplement la bonne réponse. Donner la bonne

réponse sans s'assurer que l'étudiant a compris est également un mode d'échec (**prévalence de la bonne réponse**). L'activité manquera ainsi son objectif de compréhension profonde de la matière.

Comme on l'a vu jusqu'ici, un certain nombre de problèmes peuvent surgir durant les activités de pédagogie active. L'occurrence de ces problèmes requiert un certain niveau de réactivité en séance, d'ajustement en temps réel. Un **manque de flexibilité** est une source importante d'échec d'après quatre de nos innovateurs interrogés (Wieman, Burkholder, Cailliez & Plumat). Par exemple, il y a toujours un certain « degré d'incertitude » sur le temps que va prendre les activités d'après Eric Burkholder. Jean-Charles Cailliez insiste lui aussi sur le fait qu'il « improvise beaucoup dans ses cours » en adaptant son timing en temps réel. Il nous explique, par exemple, qu'il pensait faire une activité en trois phases de cinq minutes, mais qu'après les deux premières, les étudiants avaient déjà passé 20 minutes au total. Il a donc arrêté son activité et s'est adapté comme il l'explique dans l'extrait suivant :

“Donc, quand je lance un exercice, et ça, ça m'arrive très souvent. Ce n'est pas que ça ne marche pas, mais quand je lance un exercice, donc je me dis, il a de la pertinence que s'il ne dépasse pas 20 minutes ou un quart d'heure et que je m'aperçois que ça part en vrille, je trouve une solution pour l'arrêter ou je change une consigne.”

A contrario, une trop grande rigidité est donc une cause d'échec importante des méthodes actives, il est nécessaire de trouver des solutions en temps réel, comme le précise toujours Jean-Charles Cailliez :

“Si, je m'aperçois qu'ils ne finissent pas, je trouve une solution. Donc je gère toujours... j'ai une organisation dans mes cours. Mais je passe mon temps à improviser et à modifier en fonction de ce que je vois sur le terrain quoi... C'est fondamental. C'est-à-dire que quelqu'un qui regarderait mes exercices avant les bouquins – parce qu'ils sont timés – et qui voudrait les réaliser avec le timing, mais il va se casser la figure. C'est sûr.”

Carl Wieman résume très bien ce mode d'échec comme suit :

“Actually, this brings up another failure mode, which is that introducing these active learning things, people plan everything out they think "okay they're going to have them do this, it's going to take up this much time" and they're just determine, in the same way, they prepare a lecture and then just make sure and go through it exactly they go through the active learning. It doesn't work that way, it has to be kind of "Okay, what are these students struggling with, how long is it going to take them". So you just have to be ready to adjust in real time and being rigid and not being willing to adjust is again kind of a common failure so.”

Nos experts interrogés perçoivent encore d'autres modes d'échec possibles des méthodes de pédagogie active, notamment à la suite de **problèmes d'exigences** de la part des enseignants. Les exigences trop élevées peuvent être une conséquence de la mauvaise évaluation des prérequis. L'extrait d'Eric Mazur présenté ci-dessus le mentionnait déjà. Ce problème d'exigence peut aussi se matérialiser sous la forme d'une charge de travail trop importante demandée par les enseignants à leurs étudiants, comme le souligne Jean-Charles Cailliez :

“j’ai des collègues qui font des classes inversées, qui font des méthodes apprentissage par problèmes. Mais qui leur donne du boulot à la maison. Et quand l’étudiant, il doit travailler deux, trois heures chez lui plus le cours, plus à nouveau réviser chez lui, sa réaction négative, elle n’est pas par rapport à la méthode. Elle est par rapport au côté chronophage quoi. Il ne s’en sort plus. Alors s’il n’a qu’un seul prof qui fait ça, ça va. Mais s’il en a plusieurs, il pète les plombs quoi.”

D’après lui, ce genre d’exigences trop élevées induit une réaction a priori de rejet de la méthode de la part des étudiants, comme le montre l’extrait suivant :

“non non non, nous, on ne veut pas de classe inversée. Ça demande trop de boulot. Et je leur ai dit : non non, ce n’est pas de la classe inversée. Et je vous garantis que ce que je vous demanderai ne vous demandera pas plus de boulot qu’un cours normal. Donc c’était le deal au départ. ”

Jean-Charles Cailliez insiste donc sur la charge de travail raisonnable, il est très vigilant sur ce point, s’il stimule ses étudiants à préparer quelque chose chez eux, il veille à ce que le temps de travail ne soit jamais plus important que le double du temps de la séance en classe. Carl Wieman abonde dans ce sens en se demandant, de façon très générale, quelle est la quantité raisonnable de matière à apprendre pour des étudiants dans un temps donné. Il indique qu’à Stanford, dans certains cours qui sont passés aux méthodes actives, la situation s’est améliorée ; la quantité de matière et de temps d’étude demandé aux étudiants se sont affinés et sont plus abordables mais qu’il reste encore des cas où, même en appliquant les méthodes actives, les enseignants essaient de **couvrir trop de matière** pour que les étudiants puissent réussir correctement les tâches demandées. Ce problème d’exigences est donc un mode d’échec relativement courant, car outre Wieman, Cailliez et Mazur, Jim Plumat le mentionne également, comme le montre l’extrait suivant :

“Au début, en tout cas, on était peut-être, je dirai au niveau des exigences, un petit peu d’emblée trop... des exigences un petit peu trop fortes. Alors que finalement, on peut arriver... et on s’en est rendu compte à la fin du projet, on peut arriver à des choses très grande qualité sans mettre trop de pression. En fait, la pression je pense que ce n’est pas quelque chose d’intéressant, au contraire.”

A la fois Jim Plumat et Jean-Charles Cailliez indiquent que l’option de couvrir moins de matière mais plus en profondeur est sans doute plus avantageux pour l’apprentissage. Jean-Charles Cailliez indique à propos de l’impossibilité de couvrir toute la matière :

“On n’a pas le temps de faire tout le programme à fond. Et d’un autre côté ce n’est pas gênant parce que moi, je me suis rendu compte que quand je faisais le programme à fond, ils n’en retenaient et ne comprenaient que les trois quarts. Et qu’aujourd’hui, ils fabriquent les trois quarts. Et que les trois quarts qu’ils fabriquent et qu’ils comprennent, c’est exactement les mêmes que ceux qu’ils comprenaient quand je faisais 100 %.”

L’extrait de Jim Plumat présente également un autre mode d’échec potentiel, induit par les exigences trop élevées : un **climat délétère et de stress** au sein de la classe. Il nous explique que l’émotion suscitée par la pression trop importante n’est pas favorable sur le plan cognitif pour les étudiants, ceux-ci n’apprennent finalement pas. Il est donc primordial, selon lui, de

veiller à établir un climat serein, de confiance entre les étudiants et les enseignants mais également entre les étudiants au sein de leurs groupes. Eric Mazur abonde également dans ce sens en jugeant qu'il faut trouver le subtil équilibre entre la stimulation (« *challenge* ») et le soutien (« *support* ») aux étudiants. Nous souhaitons que nos étudiants se sentent à la fois stimulés et soutenus, mais s'ils sont challengés mais pas soutenus, ils seront stressés. S'ils sont soutenus mais pas stimulés, ils s'ennuieront. Il en va bien sûr de même s'ils ne sont ni soutenus ni stimulés.

Jim Plumat est le praticien interrogé qui est le plus sensible à ce mode d'échec. Il le trouve central dans la pratique des méthodes active. Il résume ce mode d'échec comme ceci :

“Si l’ambiance n’est pas bonne, si l’ambiance n’est pas bonne parce que par exemple, l’enseignant est trop exigeant ou bien finalement, comme tu dis, tirer une tête jusque par terre ou bien finalement bouscule au sens symbolique, mais cognitif ou émotionnel des étudiants. Ça ne va pas. Et ça, on ne te l’apprend pas. On te dit bah oui ils vont apprendre. Ce n’est pas aussi simple que ça. Donc instaurer, je dirai, un climat serein pour faire de la physique à leur portée – en tout cas, qu’ils estiment à leur portée – et que progressivement, ils prennent confiance en eux et arrivent à produire des choses de qualité, ça s’installe. Ça s’installe tout doucement.”

Selon lui, le climat de travail est donc la porte d'entrée à la pratique d'un enseignement à la portée des étudiants : il est nécessaire que les étudiants estiment qu'ils sont capables de réaliser la tâche, qu'ils développent ainsi un **sentiment de compétence et de contrôlabilité**. Cet élément est évidemment directement relié aux exigences raisonnables évoquées plus haut. Echouer à présenter des exigences raisonnables génère un climat de stress, ce qui se traduit par sentiment que la tâche à effectuer est hors de contrôle, selon Jim Plumat.

D'après les entretiens avec nos innovateurs pédagogiques reconnus, on peut encore identifier trois modes d'échec propres aux enseignants. Le premier est lié à des **consignes peu claires** : si la consigne est peu explicite, la question de départ trop compliquée ou permettant plusieurs directions de réflexion divergente de la suite programmée de l'activité, ce flou peut induire une mauvaise compréhension de l'énoncé et mener in fine à l'échec de l'activité. Le professeur Cailliez nous a ainsi expliqué comment son activité de « tableaux tournants » s'était mal déroulée à la suite d'une question de départ complexe et un point de départ de l'activité mal identifié. Ses étudiants étant partis dans des directions très différentes à partir d'une même origine, l'activité ne s'est pas bien déroulée, les étudiants devant reprendre leur travail à partir d'un raisonnement effectué par un autre groupe, se sont retrouvés complètement désorientés. Derek Bruff a également identifié des cas de mauvaise compréhension de l'énoncé menant à l'échec de l'activité dans son cours de cryptographie.

Un second mode d'échec assez proche du précédent est **l'absence de produit livrable clairement identifié** (« *deliverable* ») : les étudiants ne savent pas ce qu'ils doivent produire et délivrer à l'enseignant. C'est à nouveau Carl Wieman qui nous décrit cette situation dans l'extrait suivant :

“A common failure mode is the lack of deliverables. So that you know you, you have the students and so lots of people have heard "oh having the students discuss something in class is valuable" so they'll sort of sense things up to talk about the subject but they don't really have a clear goal of what the students are supposed to be doing the students aren't supposed to they don't have a deliverable that the students have to produce whether

that's going to be an answer to a clicker question or working writing something out on a worksheet. So that's a that's a failure mode, because you know they just send them off to talk for a while. That's one."

On comprend que l'absence de but clairement identifié et le fait de laisser simplement les étudiants parler entre eux ne sont pas efficace en pédagogie active. Cette façon de procéder n'amènera pas l'étudiant à réfléchir profondément à la matière. On retrouve également dans cet extrait un certain manque de connaissance des fondements de la part de ces enseignants. Une dernière erreur menant à un mode d'échec identifiée par Carl Wieman est la **trop grande sensibilité aux plaintes** de la part de l'enseignant. En effet, il se peut qu'un étudiant se plaigne d'une activité. L'enseignant peut alors se remettre fondamentalement en question en faisant l'hypothèse que l'activité proposée est vraiment inadaptée pour l'ensemble des étudiants. L'enseignant a alors le tort de surestimer un avis isolé, de le généraliser et ainsi d'amplifier le problème réel. Ce raisonnement mènera peut-être à un changement d'activité alors qu'il n'y avait peut-être qu'une fraction négligeable d'étudiants qui pensaient de la sorte. C'est un piège dont il faut également être conscient, d'autant que l'observation et l'écoute des problèmes des étudiants constituent par ailleurs des exigences importantes d'une pédagogie active, qui pourraient conduire à trop écouter et trop observer.

B. Modes d'échecs relatifs aux étudiants

Nous avons dans la section précédente identifié les modes d'échec dont la responsabilité principale incombe aux enseignants. Toutefois, les innovateurs pédagogiques interrogés perçoivent également des modes d'échec plus spécifiquement reliés aux étudiants.

En effet, il existe, d'après nos innovateurs, une série de **résistances propres aux étudiants** qui mènent à un mode d'échec de l'activité proposée en classe. La première résistance vient du fait que ce mode d'enseignement actif n'est **pas dans les habitudes** des étudiants. D'après Carl Wieman, les étudiants interprètent mal ce qui leur arrive, ils ont l'impression que leurs enseignants leur imposent une sorte de « drôle d'expérience pédagogique ». Derek Bruff complète en disant que certains étudiants s'attendent à ce qu'il enseignant se tienne devant le tableau et résolve des problèmes devant eux. Ils ne veulent pas d'activités structurées, ils préfèrent regarder l'enseignant résoudre des problèmes et puis essayer par eux-mêmes chez eux. Ils ne sont pas du tout convaincus par l'usage des méthodes actives et par le fait que cette approche peut les aider à apprendre. En réalité, certains étudiants sont doués pour apprendre dans un cours magistral dans lequel ils ont leurs réflexes et leurs habitudes de restitution et se posent donc la question « pourquoi changer ? ». Derek Bruff quantifie même cette part d'étudiant réfractaire à 5 ou 10%, ce qui selon lui ne pose pas de gros problèmes même s'il n'est pas agréable d'avoir des étudiants perpétuellement grognons (« *grumpy* »). Eric Burkholder développe deux aspects supplémentaires de cette résistance des étudiants : les approches actives demandent plus de temps à l'étudiant et les étudiants peuvent avoir l'impression que l'enseignant ne remplit pas son boulot en n'enseignant pas. Au fur et à mesure, les étudiants s'habituent au format d'enseignement auquel ils ont été soumis

traditionnellement et le tolère selon lui. Eric Burkholder pousse son analyse plus loin en référant à la littérature [Deslauriers2019]⁶ pour comprendre l'origine de cette résistance :

“There's a PNAS paper that came out maybe two years ago at this point, on how students, it's not about resistance per se, but it's about how students feel like they're learning less in an active learning setting than they do in a lecture hall where, whereas of course they actually learn more. So in general, I think that disconnect between students perception of how much they're learning and what they are actually learning, it creates some resistance.”

Le point critique est la perception qu'ont les étudiants d'apprendre moins via une méthode de pédagogie active que ce qu'ils ne feraient dans un auditoire lors d'un cours magistral... alors que la littérature prouve le contraire ! Cette déconnexion entre la perception des étudiants de ce qu'ils apprennent et ce qu'ils apprennent réellement est selon Eric Burkholder la source de ces résistances des étudiants.

Un autre type de résistance est mis en évidence par Jean-Charles Cailliez. Dans sa division en groupe de six étudiants, Jean-Charles Cailliez se retrouve face à des **étudiants stratégiques**, qui se répartissent le travail en divisant suivant la stratégie « *divide and conquer* » :

“Ce qui bloque c'est que quand ils travaillent en groupe comme ça, des fois, ils se partagent le travail. Donc moi, ce que j'aimerais... ce que j'ai envie tu vois, c'est qu'une équipe complète, elle fasse un chapitre. Mais si l'équipe complète, elle se divise le chapitre en six. Et que chaque élève fait un sixième du chapitre, ça, ça m'embête.”

Bien que conscient de la nécessité pour les étudiants de devoir s'organiser, Jean-Charles Cailliez se demande si ces étudiants stratégiques lisent bien les autres parties produites par les membres de leur groupe et plus généralement, les chapitres générés par les autres groupes. Pour prévenir ce genre de mode d'échec, il cherche dès lors à mettre en place des stratégies pour que les étudiants interagissent, réfléchissent et produisent ensemble.

Eric Mazur et Jean-Charles Cailliez pointent tous les deux un sentiment que peuvent percevoir les bons élèves : ***l'organisation du travail n'est pas efficace*** car les étudiants ne sont pas préparés de manière égale. Pour les bons étudiants, ils ont l'impression qu'ils perdent leur temps, que le cours ne va pas assez vite, tandis que les étudiants plus faibles peuvent trouver que le cours va au contraire trop vite.

Cet ensemble de raisons évoquées précédemment provoque un ***manque d'engagement*** chez certains étudiants. Ce manque d'engagement peut également être causé par des distracteurs externes (email, téléphone portable...). Eric Mazur évoque très clairement cette dérive présente dans les méthodes de pédagogie active, résultant en un ***manque d'efficacité*** générale, à la fois pour les étudiants et les encadrants :

⁶ Il est amusant de voir que cet article, cité 845 fois depuis 2019, est co-écrit par Louis Deslauriers ayant étudié avec Carl Wieman et par Kelly Miller, ancienne doctorante d'Eric Mazur, qui développe le cours « *Applied Physics* » avec lui.

“Not all students were always engaged. Right, some students would participate actively in the work and others at the table would be doing their email or something else. The teamwork is not very efficient because the students are not equally prepared. There was very poor use of staff time, we would essentially be a sort of hanging around and sometimes walk to tables and sometimes just be waiting there.”

Ce manque d’engagement de la part des étudiants et, dans une moindre mesure, des enseignants est un mode d’échec potentiel supplémentaire. Ce problème a également été soulignée par Jean-Charles Cailliez, évoquant la difficulté des étudiants à se mettre au travail « à froid » au tout début du cours.

Un dernier mode d’échec identifié par deux de nos innovateurs pédagogiques (Carl Wieman et Jim Plumat) est la potentielle **méconnaissance des règles du travail en groupe** de la part des étudiants. Il est essentiel de fixer les normes de comportement lors des discussions et du travail en groupe. D’après Carl Wieman, ne pas établir les façons d’interagir en petits groupes peut mener à des situations déplaisantes et qui ne favorisent pas du tout les interactions dans le groupe, ce qui peut conduire *in fine* à l’échec de l’apprentissage collectif. Jim Plumat poursuit en disant que « *il ne suffit pas que des étudiants se disent, on va faire un groupe pour que ce groupe fonctionne* ». Les dissensions non gérées peuvent conduire à l’abandon de certains membres du groupe. Il en va de la responsabilité des enseignants de veiller à la bonne harmonie au sein des groupes, à comprendre les éventuels freins internes aux groupes et réguler l’ensemble pour que tout se passe pour le mieux, même si ce n’est pas toujours évident. En effet, avoir des étudiants « *peu fiables* » ou « *pas très courageux* » d’après Jim Plumat génère des tensions qu’il est nécessaire d’aplanir via de la médiation au sein du groupe.

C. Limites et difficultés rencontrées dans la pratique des pédagogies actives

Les innovateurs pédagogiques reconnus que nous avons interrogés sont en perpétuel questionnement quant à leurs pratiques. Ils ont eux-mêmes mentionnés quelques limites et difficultés qu’ils ont rencontré au cours de leurs enseignements donnés de façon active.

Eric Mazur s’interroge, par exemple, sur le **manque de « contrôle qualité »** dans sa pratique. A la fin de l’activité, les étudiants sortent de la classe mais les enseignants n’ont aucune idée si le travail a été effectué et bien effectué.

Une limite pointée par Eric Burkholder est la disparité en termes de « **teaching ratio** », c’est-à-dire le nombre d’enseignants pour le nombre d’étudiants. A Stanford, auprès de Carl Wieman, la classe était limitée à 50 étudiants pour 5 enseignants (un professeur, 2 teaching assistants et 2 learning assistants), soit un *teaching ratio* de 1 pour 10. Eric Burkholder transitionnant de Stanford à Auburn où il allait enseigner, les étudiants allaient y être 150 pour 4 enseignants (un professeur et 3 learning assistants), soit un *teaching ratio* de 1 pour 37,5. Il nous explique que la pédagogie de base qu’il compte employer restera la même, mais qu’il devra s’adapter à deux niveaux. Premièrement, il devra accepter de ne plus être capable de vérifier que chaque étudiant a bien compris, comme il aurait pu le faire dans une plus petite classe avec plus d’enseignants. Deuxièmement, l’**organisation de l’espace** va modifier son approche : il donnera cours dans un auditoire plutôt que dans une classe. Par conséquent, les

groupes seront statiques, les étudiants devront réaliser les activités proposées avec les étudiants à côté desquels ils seront assis ce jour-là en particulier. Comme on le comprend, les méthodes actives requièrent une souplesse en termes d'organisation logistique, critère qui n'est pas rempli dans la plupart des amphithéâtres historiques de nos universités.

Jim Plumat pointe également le nécessaire **soutien de l'institution**. Il dit qu'il a bénéficié d'un soutien des différents départements qui se sont montrés ouverts à ce type d'approches. Il a fallu mettre en place l'activité, il lui a également fallu renégocier les crédits (il a obtenu un crédit supplémentaire à la suite des remarques d'étudiants). Sans soutien institutionnel, les méthodes actives montrent leurs limites. Il poursuit, dans la même veine, en argumentant qu'il est nécessaire d'avoir une **approche programme**, permettant de travailler les compétences intellectuelles, cognitives et pratiques de façon progressive, mais aussi collective à travers plusieurs cours sur le premier cycle. Jean-Charles Cailliez insiste, lui aussi, sur une approche concertée et hybride entre cours magistraux et pédagogie active. Cette hybridation permet, selon lui, de motiver les étudiants à approfondir un sujet et d'éviter les décrochages d'étudiants comme l'illustre l'extrait suivant :

“Je pense que tous les cours dans une licence, dans un cursus complet, pour moi, tous les cours ne doivent pas être organisés de manière innovante, parce qu'il faut qu'il y ait une bonne hybridation entre des cours magistraux classiques et des cours avec de l'interactivité. Ce qui fait qu'un élève qui trouve du plaisir dans l'interactivité, il aura des plus grandes capacités de digestion dans des cours plus denses quoi. Parce que quand tu privilégies l'interactivité, la discussion, le débat, les échanges, ils vont ancrer des connaissances de manière efficace. Mais, tu ne sais pas sur quel point. Tu ne sais pas forcément lesquels. Mais tu déclenches quelque chose, un intérêt. Donc si tu le fais régulièrement, ils vont trouver que la matière, elle est intéressante. Donc tu vois, ils vont... chacun va... mais comment je peux dire ça ? Quand tu fais le cours de manière vraiment complète, petit un, petit deux, petit trois, enfin c'est... tu ne sais pas s'ils absorbent, s'ils retiennent, s'ils mémorisent ou pas. Et puis en tout cas, tu sais que tu en as vite 20 à 30 % que tu perds quoi. Parce qu'ils ont perdu le fil. Donc je trouve que c'est bien de faire un peu les deux parce que si tu le motives dans de l'activité, ils vont avoir envie de... tu vois, un élève qui est intéressé par un sujet, il va avoir envie de creuser quoi.”

Une limite également énoncée par Derek Bruff est que ces activités augmentent sa charge de travail et lui demandent du temps. Cet aspect **chronophage** se marque, dans son cours, par une demande sans cesse renouvelée de créer de nouveaux quiz à chaque fois que les étudiants échouent, puisqu'ils ont la possibilité de repasser les quiz ratés. De plus, il doit être présent lors d'heures de bureau (« *office hours* ») supplémentaires. Il nuance toutefois en disant que sa préparation de nouveaux quiz n'est pas superflue, il se constitue ainsi une banque de questions importante qu'il peut réutiliser dans le futur.

D. Solutions mises en place par les innovateurs pédagogiques

Une fois les modes d'échec, les limites et les difficultés inhérentes aux méthodes actives identifiées par les innovateurs pédagogiques interrogés, nous nous sommes intéressés aux

solutions qu'ils mettent en place dans leurs cours pour remédier à ces situations problématiques.

Concernant les **résistances propres aux étudiants**, Carl Wieman et Derek Bruff sont unanimes. Dire aux étudiants que ce genre d'approche active fonctionne ne suffit pas. Il faut leur montrer les données empiriques d'études qui ont été faites sur le sujet pour les convaincre. Il faut également leur expliquer pourquoi on utilise cette approche là et pas une autre, pourquoi on estime qu'elle aura très probablement un effet positif sur leur compréhension profonde et que ce n'est pas juste une méthode appliquée dans l'intérêt de l'enseignant. Expliciter les objectifs du cours est donc primordial selon Derek Bruff. Cette explication doit se faire au tout début du semestre, au premier cours, mais il est selon lui nécessaire d'y revenir à plusieurs moments durant le semestre.

A propos du **désalignement objectifs-cours-examen**, Carl Wieman avait déjà identifié une solution avec la clarification du contrat pédagogique dès le premier cours. Le fait de pouvoir identifier un objectif d'apprentissage pour chaque activité d'apprentissage et chaque question d'examen permet de s'assurer de conserver cet alignement tout au long du cours. Eric Burkholder confirme cette bonne pratique effectuée à Stanford en mentionnant qu'ils indiquent l'objectif d'apprentissage au-dessus de chaque « *worksheet* ». Nous noterons ici qu'une façon complémentaire de remédier à ce désalignement s'observe également dans la confection de systèmes d'évaluation relativement sophistiqués présents dans tous les cours proposés par nos innovateurs pédagogiques. On est bien loin du schéma classique d'un examen oral se déroulant à partir d'une question théorique tirée au hasard pour un cours magistral traditionnel. La note finale dans les approches actives proposées est le plus souvent éclatée en plusieurs composantes et organisée autour d'un travail continu tout le long du semestre.

Pour répondre au « **manque de contrôle qualité** » et en lien avec ces évaluations sophistiquées, Eric Mazur a ainsi mis en place un « contrôle qualité continu », reposant sur un système de micro-badges. L'ensemble de son cours est divisé en 68 micro-unités de cours pour lequel il a conçu un système binaire de réussite ou d'échec. Pour chaque exigence, on peut soit la rencontrer (lettre *M* octroyée) ou ne pas la rencontrer (lettre *N* octroyée). Dans quelques rares cas, l'exigence peut être rencontrée de façon exemplaire (lettre *E* octroyée). Si l'exigence est partiellement rencontrée, il reçoit une lettre *R* (« *revise* »). Si l'étudiant reçoit une lettre *N* ou *R*, il peut réessayer encore et encore (bien qu'il y ait in fine une limite de temps avec la fin du semestre). Ces micro-unités sont à réaliser avant des phases de travail spécifiques, qu'elles soient individuelles ou collectives. Il est intéressant de noter que cette possibilité de recommencer autant de fois que l'étudiant le souhaite a également été implémentée dans son cours de cryptographie par Derek Bruff. En effet, ce dernier insiste sur l'importance des feedbacks donnés aux étudiants et sur la pratique répétée d'exercices. Si l'étudiant a raté le premier test, il analyse des erreurs avec l'enseignant avant de passer le deuxième test en « *office hours* ». Cette manière de faire permet de lutter à la fois contre le **manque de feedback** et contre la **prévalence de la bonne réponse**, mais est **chronophage** (cfr. limites des pédagogies actives).

Ces approches forcent également les étudiants à s'engager dans le cours et dans la matière selon Eric Mazur, et cela même si l'enseignement est organisé à distance comme lors de la pandémie de COVID-19. De plus, Eric Mazur indique que ce genre de pratique de micro-badges augmente l'autonomie des étudiants et que cette évaluation permanente permet d'éviter de « tout jouer » sur une seule performance où l'étudiant se doit « tout donner ». Jean-Charles Cailliez pour lutter contre le **manque d'engagement des étudiants** a, quant à lui, prévu des activités de type « *ice breaker* » en début de cours. Ces activités peuvent être

vues comme une sorte d'échauffement à réaliser en début de séance. Ces exercices sont toujours originaux et productifs : ils débouchent sur une production écrite (un schéma annoté, la rédaction de questions à choix multiples...). Cette production est récupérée et notée avec un système de bonus. En plus d'échauffer intellectuellement les étudiants, cet « *ice breaker* » permet de revoir la matière et force les étudiants à interagir comme il l'explique dans l'extrait suivant :

“Je m’arrange pour que ces 10 premières minutes, ça leur serve à remettre le nez dans leur chapitre ou alors à interagir entre eux. Donc de manière à ce que c’est quand ces 10 premières minutes, elles sont terminées, là, ils sont libres. Ils peuvent travailler en équipe, mais ils sont chauds. Parce que si par exemple, je commence mon cours à 8 h et que je leur dis : voilà c’est bon, allez-y travaillez, mettez-vous en équipe. Eh bah ils ne sont pas chauds. Il y a des groupes qui vont se mettre à travailler tout de suite. Et il y en a d’autres, il leur faudra 10 minutes. Pour qu’ils démarrent tous le travail d’équipe ensemble, je les oblige... alors, ils le savent. Ils doivent venir pile à l’heure. Ils savent que ça commence pile à l’heure. ”

Eric Mazur a également profité de la pandémie pour créer des équipes Zoom avec quatre personnes par équipe. Avec les noms des étudiants placés dans la vignette, chacun se retrouve ainsi au « premier rang de la classe virtuelle » et chacun est appelé par son prénom. Selon lui, ce genre de pratique permet également de maximiser ***l’implication et l’engagement*** des étudiants.

Concernant les modes d'échec relatifs à une ***mauvaise identification des prérequis*** et les ***problèmes de mauvais timing en séance***, nécessitant ajustement et flexibilité de la part des enseignants, Eric Burkholder et Jim Plumat nous ont tous les deux indiqués que la solution la plus simple pour s'adapter et rectifier le tir est de préparer un moment de révision sur les concepts mal identifiés ou qui n'auraient pas pu être abordés par manque de temps pour la séance suivante. L'équipe de Stanford a également trouvé une parade originale pour être certain de bien identifier les prérequis et que la séance se déroule dans un bon timing. Eric Burkholder nous explique qu'ils ont engagés des étudiants pour faire un « *focus group* » pour tester la plupart de leurs matériels de cours avant qu'ils ne les utilisent dans le « vrai cours », avec les « vrais étudiants ». Ils recrutent donc des étudiants, qui ont réalisé un examen diagnostic en début de semestre et ces étudiants sont payés pour tester le matériel en conditions réelles. Sans devoir aller jusqu'à cette situation extrême de duplicata de séance ou encore de devoir prendre du temps au cours suivant, à la fois Jim Plumat et Jean-Charles Cailliez indiquent qu'ils monitorent simplement en temps réel ce qui se passe dans leurs groupes pour prévenir de modes d'échecs potentiels. Jim Plumat nous explique, par exemple, que leur rôle d'encadrant se focalise sur le fait « *voir si l'explication n'était pas trop raccourcie, pas trop chaotique* » car ils se sont rendu compte que les étudiants ont des « *compétences intéressantes liées à l'explication* ». Jean-Charles Cailliez passe lui de groupes en groupes au gré des questions, histoire d'aiguiller, mettre sur la voie, réexpliquer un concept, parfois à un seul groupe, parfois à toute la classe s'il juge l'information pertinente. Il réalise ce suivi en direct et cette communication facile avec l'enseignant est appréciée par les étudiants. Eric Mazur a poussé ce monitoring direct plus loin, toujours dans son souci d'améliorer le « ***contrôle qualité*** », ***l'engagement des étudiants*** et ***l'efficacité du dispositif***. Sa solution est d'instaurer des moments de vérification auprès du groupe d'étudiants (« *team check* »). Pour ce faire, il a divisé les activités en trois parties, et après chaque tiers d'activité, les groupes

doivent vérifier qu'ils ont la bonne réponse auprès d'un enseignant. Selon lui, ce système est beaucoup plus efficace, comme il nous l'explique dans l'extrait suivant :

“So that means that all students are engaged because everybody needs to do and is held accountable for the individual work. We've much more efficient teamwork, right? Rather than spending two hours, two and a half hours, they spent literally 40 minutes, and they're done. And we have quality control. And I require that for absolutely every aspect of the course.”

L'optimisation du temps dédié vient notamment du fait de la préparation en amont des étudiants. En effet, grâce à la partie asynchrone réalisée à la maison, le travail en classe (synchrone) se fait de façon plus efficace, réduisant habituellement 2h de cours à 40 minutes. On retrouve les marqueurs de la classe inversée, avec des notions de travail à la maison (asynchrone) et en classe (synchrone). Eric Mazur nous explique que suite à la pandémie de COVID-19 et à la répartition géographique de ses étudiants disséminés aux quatre coins du globe, il a cherché à transférer un maximum de moments synchrones vers des moments asynchrones. Selon lui, la transformation de son cours, imposée suite par les circonstances spécifiques à la pandémie de COVID-19, permet d'optimiser le temps en face à face. C'est pour lui un « *keeper* », un aspect positif qu'il souhaite garder à l'avenir dans sa pratique. Jean-Charles Cailliez explique qu'il a également mis en place des consignes assez strictes pour son passage dans les groupes afin d'optimiser les interactions. Par exemple, il donne comme consigne que tous les étudiants du groupe soient attentifs lors de son passage et qu'ils aient préparé une question avant de l'appeler.

Enfin, notons qu'afin de réduire **l'ambiance délétère et le climat de stress** que peut générer des exigences trop fortes, Jim Plumet explique que l'équipe pédagogique s'est aperçue, au fur et à mesure des années, que moins elle était cadrante, moins elle mettait de contraintes temporelles ou de règles fortes, mieux le cours se passait. Il explique qu'il faut des règles, mais pas trop. Selon lui, cet espace de liberté peut être géré par la majorité des étudiants et donc qu'il est nécessaire de leur faire confiance. Toutefois, nous noterons que l'équilibre est subtil, car il faut éviter de tomber dans un manque de monitoring, éviter les consignes peu claires, bien identifier le produit livrable, éviter de vouloir couvrir trop de matière, etc.

E. Perspectives et questionnements actuels

Lors des entretiens menés avec les innovateurs pédagogiques, ceux-ci nous ont émis différentes perspectives et questionnements actuels relatifs à leurs pratiques de pédagogie active.

Le premier élément qui ressort chez quatre de nos innovateurs pédagogiques (Mazur, Plumet, Bruff et Wieman), et qui aurait pu être placé dans la section « *modes d'échec relatifs aux étudiants* » ou encore discuté dans les limites des méthodes actives, est la **différence de background entre les étudiants**. Toutefois, nous discutons ce sujet dans cette section car, comme on le constatera, ce mode d'échec reste ouvert et sujet à questionnements de la part de nos intervenants.

Eric Mazur estime que le travail d'équipe peut ne pas être efficace notamment dans le cas où les étudiants ne sont pas préparés de façon égale en amont. Jim Plumet exemplifie ce propos en expliquant que certains de ses étudiants ne savent pas bricoler. Certains sont bien loin de

savoir comment utiliser une pince coupante, un marteau ou un fer à souder. « *Par contre, d'autres ont cette fibre-là* » ajoute-t-il. Certains étudiants accrochent donc bien à l'activité proposée, pour d'autres c'est plus compliqué, selon lui.

Ces différences de connaissances ou de compétences préalables sont également évoquées par Carl Wieman. Selon lui, le plus grand mode d'échec, le plus grand défi d'un point de vue de la recherche en éducation est de savoir « Comment gérer au mieux l'éventail de préparations différentes des étudiants qui arrivent en classe ? » (« *How to best deal with the range of student preparation that they come into class?* »). Dans chaque institution, à tout niveau, il existe une différence substantielle entre les expériences passées des étudiants. Dès lors se pose la question « Comment optimiser [l'enseignement] de telle sorte à ce que ce soit le mieux pour tout le monde ? » (« *How to optimize that so that is best for everybody?* »). Sa réponse est tout aussi claire: « *We just really don't know how to do that* ». Il détaille son raisonnement comme suit. Tout d'abord, il a enseigné dans de larges universités publiques (University of British Columbia, University of Colorado Boulder). Il nous indique qu'une partie de ses étudiants se retrouvent à l'université car ils ont été mis dehors par leurs parents, qu'ils se retrouvent à l'université pour ne plus être à la maison et donc qu'il ne se tracassait pas de l'échec d'une fraction de ses étudiants. Mais depuis son arrivée à Stanford, il a commencé à considérer les choses différemment. Étant donné que, comme à Harvard, Stanford est extrêmement sélectif, il s'est dit « Ok, tous ces étudiants devraient très bien réussir dans les cours introductifs à la physique, comparé aux étudiants de British Columbia ou encore plus du Colorado ». Toutefois, ce ne fut pas le cas : malgré leurs backgrounds relativement homogènes et le fait qu'ils soient parmi les meilleurs étudiants, tous ne réussissent pas. Il y a une bonne partie de ces étudiants a priori sélectionnés qui échouent et se ferment ainsi les portes des programmes scientifiques et d'ingénierie. Essayer de comprendre ce qui explique que ces étudiants particuliers réussissent ou non lui permet d'essayer de supporter la réussite de l'ensemble de la population estudiantine. Revenant aux questions énoncées plus haut et aux liens avec les pédagogies actives, Carl Wieman s'interroge ces questions qu'il estime universelles, mais en reconnaissant ne pas disposer encore de solutions définitives, comme le montre l'extrait suivant :

“Yes, active learning for those students, they would do probably worse than they would, if they didn't have active learning but they're still not really you know successful in the course and mastered the course. And so it's a question I, and I don't know the answer, yeah it's one I'm still struggling with. We've tried a bunch of experiments it didn't work. I mean I started out first by they had this program at Stanford right, I had sort of supplemental instruction. But the data and it just didn't work and it wasn't making any difference. We've tried other things where that didn't work with different kinds of instruction more active learning. Our last iteration with Eric Burkholder may make some progress, maybe, but then COVID hit, the data wasn't really very good. So I would say that's a big unsolved question mark right now.”

Comme on le comprend, la pédagogie active peut en partie contribuer à résoudre ce dilemme, mais, selon lui, elle n'a pas la réponse à tout. Des expériences pédagogiques sont encore en cours à Stanford pour tenter d'y répondre.

L'analyse de Derek Bruff au sujet des différences de background est également intéressante, y ajoutant une **dimension inclusive et sociétale**. Son constat initial est qu'il existe de grosses différences de niveau dès l'entrée, tout comme l'ont mentionné nos trois autres innovateurs

pédagogiques. Toutefois, il s'intéresse, quant à lui, aux origines sociales de ses étudiants, aux minorités sous-représentées et aux étudiants de « première génération » selon par le département de l'éducation américain ⁷. Selon Derek Bruff, les étudiants venant de milieux moins privilégiés n'ont pas un curriculum scolaire robuste. Il avance l'hypothèse que certains étudiants n'ont peut-être pas pu suivre les cours avancés de mathématiques car ils devaient travailler pendant la journée. A contrario, il a également des étudiants qui ont déjà vu la matière du cours car leurs enseignants allaient au-delà du programme prévu. Les bases de départ sont donc inégales car les étudiants ayant déjà vu la matière partent avec une longueur d'avance, les autres devant découvrir les concepts nouveaux. Il pousse son raisonnement plus loin en prétendant qu'il aurait probablement pu prédire, dès les premiers jours de cours, quels étudiants allaient s'en sortir ou non, en se basant sur ce qu'il savait sur leur background en mathématiques. Il s'interroge donc sur sa valeur ajoutée en tant qu'enseignant. Il nuance toutefois en indiquant que certaines de ses méthodes de pédagogie active semblent réduire ces différences initiales. Il replace ses réflexions dans le cadre plus général de l'enseignement inclusif développé par Kelly Hogan de l'université de Caroline du Nord. Cette enseignante d'une école publique a trié les résultats de ses étudiants suivant leurs origines rurales ou urbaines et suivant leur couleur de peau, générant ainsi différents groupes démographiques. Elle a constaté que certains groupes performaient moins bien que d'autres, ce qui a été un incitant pour elle de passer aux méthodes actives pour réduire cet écart démographique. Derek Bruff nous indique que lui aussi constate cet écart démographique dans sa faculté. Par exemple, les étudiants afro-américains ou de première génération ne réussissent pas aussi bien, en moyenne, que les étudiants blancs. Il insiste sur l'importance des méthodes de pédagogie actives pour réduire cet écart démographique comme illustré dans l'extrait suivant :

“And so, I think for some faculty that has motivated them, to reconsider how they go about their active learning instruction and to try to move beyond, what they have been doing and try to do it even better, right? And to look for other elements that are not... because if you think about, you know if your goal is to close the gap, right? Let's say our white students kind of average course grade is here and our black students are down here. And if our goal is to close this gap, right? Active learning helps, there's enough research evidence there, like if you look at kind of demographic effects of active learning. Active learning helps all students, but it helps students of color and first-generation students more proportionately, but it doesn't always close the gap entirely, right? And so, are there instructional methods we can use to further close that gap? Or are there other variables at play that are outside of our control as instructors that are part of that gap? Right? And so, that's where, like for instance, our biology department and a few other departments now are experimenting with learning assistance.”

L'extrait montre également que selon lui, des variables externes à l'enseignement lui-même participent également à installer cet écart démographique, et des membres de sa faculté essaient d'y remédier avec un projet de « *learning assistance* ». L'idée de ce projet est que des étudiants plus âgés, qui ont déjà suivi le cours, prennent le rôle d'une sorte d'assistant. Les résultats préliminaires de ce projet montrent que les groupes qui suivent ce programme

⁷ Les étudiants de première génération sont, d'après le département américain de l'éducation, ces étudiants dont les parents ne se sont jamais inscrits aux études supérieures. Au contraire, les étudiants « continuing-generation » ont au moins un parent avec un diplôme de bachelier.

de « *learning assistance* » ne réussissent pas mieux en termes d'objectifs pédagogiques. Par contre, ils s'en sortent mieux en termes d'identité (« *student identity* »), telle que l'appartenance. Ces étudiants se projettent plus comme de futurs scientifiques, ils ont l'impression de faire partie d'une communauté d'étude. Derek Bruff fait le lien avec différentes études sur les raisons des abandons dans les filières STEM et le manque d'appartenance à une communauté est l'une de ces raisons, tout comme l'absence de modèles (« *role models* »). En effet, poursuit Derek Bruff, il n'est pas facile pour un étudiant noir de se projeter comme étudiant en réussite s'il ne voit aucun enseignant noir ni aucun étudiant de cycle supérieur noir dans la faculté. Selon lui, on arrive aux limites des modèles de pédagogie actives, il est nécessaire d'aller chercher des effets d'autres variables pesant sur la réussite. Il mentionne qu'il n'est pas facile de changer rapidement l'ensemble du corps enseignant pour tendre vers plus de diversité et d'inclusion, mais que cette solution d'étudiants-assistants qui peuvent prendre le rôle de modèle peut aider le développement d'un sentiment d'appartenance, de communauté et de présence sociale en classe. Ce genre d'approche peut aider à réduire encore l'écart démographique mentionné précédemment, même s'il pense qu'il ne disparaîtra pas complètement.

Carl Wieman rejoint Derek Bruff sur l'idée qu'il existe selon lui **différents facteurs psychologiques et sociaux** qui entrent en jeu en éducation et que la communauté scientifique commence à s'intéresser à ces différents facteurs également dans les études de pédagogie active. Il pointe, par exemple, les problèmes liés au milieu social de l'étudiant, au stress psychologique que les étudiants peuvent ressentir lors de quelques examens à grand enjeu, à l'état d'esprit de l'étudiant face aux examens. Il nous indique que les données sont conflictuelles, notamment en termes d'écart de genre (« *gender gaps* ») car certaines études démontrent que les écarts se creusent, d'autres que l'écart se réduit. Il attribue ces différences dans les données au fait que l'on ne connaisse pas tous les facteurs et que ceux-ci ne sont pas vraiment compris à l'heure actuelle. Selon lui, la communauté des sciences de l'éducation en physique doit s'appuyer sur les **apports de la psychologie cognitive**. C'est donc une perspective intéressante que de corréliser les résultats de la recherche en éducation en sciences physiques avec les études de psychologie cognitive.

Carl Wieman revient également sur son grand objectif relatif aux méthodes de pédagogie active : l'idée n'est pas de déplacer la distribution de résultats vers le haut (sous-entendu : comme dans les études de la première génération au sens de Freeman, comme les études sur l'apport de l'instruction par les pairs d'Eric Mazur par exemple) mais bien de **comprimer la distribution vers les meilleures notes**, pour que chaque étudiant réussisse le mieux. Il critique au passage les résultats d'Eric Mazur [Mazur1999] jugeant que ces résultats ne sont pas impartiaux et donc en partie biaisés : utiliser un test tel que le « *force concept inventory* » est trop simple pour des étudiants d'Harvard selon lui.

Parmi les perspectives et points d'interrogations mis en avant par Jim Plumet et Eric Mazur, on retrouve des questionnements quant aux **compétences de présentation des résultats**. Selon eux, il s'agit clairement de compétences à améliorer et à travailler avec les étudiants car les rapports fournis sont généralement pauvres. Les étudiants ne comprennent pas bien comment écrire un rapport. Comme le décrit Jim Plumet, les rapports sont souvent constitués de juxtapositions de textes rédigés par différents membres du groupe, mais il n'y a pas ou peu de travail collégial, de relecture globale, ce qui mène à des redondances ou des oublis. L'analyse des résultats est pointée comme, la plupart du temps, bancale par nos deux experts. Eric Mazur a proposé que les étudiants explicitent leurs hypothèses de travail et articulent clairement leur proposition de projet par écrit. Pour le futur, il suggère que dans les

expériences que les étudiants vont devoir réaliser concernant leur projet, ils viennent vérifier la plausibilité des résultats auprès des assistants avant d'écrire le rapport. Selon lui, son équipe et lui ne sont actuellement pas assez vigilants sur ce point et c'est donc une piste d'amélioration possible. Jim Plumet insiste sur l'importance de **travailler les compétences de communication en cours**, avec les étudiants et ne pas partir d'*a priori*, comme le montre l'extrait suivant :

“s’il y a vraiment un point sur lequel il faudrait travailler, je trouve, c’est comment fait-on pour communiquer ? Alors, cette communication, elle est écrite. Elle est orale. Alors, ils ne le savent pas en Bac un, mais ce sont des compétences essentielles quelque part pour réussir leurs études et voire leur carrière professionnelle. Parce qu’un examen oral bah finalement, il y a des compétences spécifiques à développer. Et on a beau dire tout ce qu’on veut, on leur apprend la physique, on ne leur apprend pas beaucoup – me semble-t-il, ou alors fort tard ou trop tard en Master un en cours de communication – à présenter un examen oral, à présenter un examen écrit. C’est quoi ? Et on présuppose que tout ça est appris dans le secondaire. Non. Et donc, pourquoi pas imaginer d’associer cette activité-là avec une autre qui dit : OK vous avez des résultats, on va les mettre en valeur pour que finalement la communication écrite et orale soit de meilleure qualité. Et ça, je pense que c’est un point sur lequel il faudrait travailler. ”

Jim Plumet suggère également que l'on **mette en place plus de lieux d'échanges et de paroles**. Dans un monde idéal, il souhaiterait que l'on puisse avoir plus de séminaires où l'on creuse une question de physique en profondeur, que l'on puisse se rendre compte ce qu'on fait d'autres scientifiques ou d'autres groupes ayant réfléchi sur la question. Ces espaces de réflexion peuvent amener à **travailler la créativité** et oser sortir des sentiers battus. (« *cultiver la pensée divergente, je pense que c'est indispensable en physique* »). Selon lui, la physique de demain étant à inventer, il faut stimuler cette créativité et il y a un apprentissage nécessaire pour stimuler cette créativité. Il est indispensable de pouvoir mettre en place des lieux d'apprentissage qui « *permettent de mettre en place des choses qui fonctionnent, où l'on ose faire des choses* ». Jim Plumet est rejoint sur ce point par Jean-Charles Cailliez. Il souhaite « *stimuler davantage la créativité et le sens de l'observation des élèves.* » Il souhaiterait être étonné, surpris dans sa propre matière par ses étudiants. Le fait d'**encourager les étudiants à développer leur créativité et leur sens de l'observation** stimule, selon lui, les étudiants à devenir un peu plus des entrepreneurs qui créent et non juste des consommateurs.

La dernière perspective revient à Carl Wieman. Celui-ci s'interroge actuellement avec son équipe sur ce qui fait de **bons problèmes pour les devoirs** (« *What makes for good homework problems?* »). Ils ont commencé à étudier les corrélations entre les résultats aux devoirs, aux examens et aux autres activités proposées en classe. Il s'aperçoit qu'il y a moins de corrélations que ce qu'il aurait pu imaginer. Selon lui, nous prenons tous pour acquis que le fait de travailler sur un devoir sera bénéfique mais son équipe et lui s'intéressent à comprendre comment cette éventuelle relation fonctionne en détail. Il semblerait qu'il n'y ait pas, à l'heure actuelle, de recherches sérieuses en sciences de l'éducation en physique, qui s'intéressent à la question en profondeur. Il précise qu'en science de l'éducation en général, des études démontrent l'amélioration de la maîtrise des objectifs d'apprentissage dans des situations contrôlées d'apprentissage avec ou sans devoirs mais il n'a rien trouvé de tels sur « *comment intégrer au mieux les devoirs dans les méthodes de pédagogie active ?* ». La question de recherche est donc « *Quelle est la conception d'un devoir qui est la plus adaptée*

à la pédagogie active ? ». Son équipe et lui commencent à s'intéresser à ce genre de problématiques, en s'appuyant notamment sur des réflexions montrant comment un expert prend une décision lors de la résolution de problèmes. Dans leurs premiers travaux en cours sur le sujet, ils cherchent à concevoir des devoirs mettant les étudiants en situation de prise de décisions comme des experts le feraient.

F. Conseils à un jeune enseignant

Lors des entretiens semi-structurés, une question était posée afin de savoir quel serait le conseil que l'innovateur pédagogique interrogé donnerait à un jeune enseignant qui s'initie aux méthodes actives. Nous reproduisons ici les conseils promulgués par nos experts, sans discussion, ni commentaires particuliers. Chacun pourra y lire ce qu'il souhaite.

✓ Eric Mazur

*"I would say the best advice is to **take data**. By now, you know that I don't... I don't do things in education without taking data. I've learned several times that it's very easy to get misled by gut feeling. Something we would never do in our own professional work. Right? And there is room for being a scholarly if you want, about ... about our teaching, as we are about our physics research. And ideally, so ... you know, **read up on the literature**, there's a lot of interesting literature would be my advice. And secondly, **take data**, treat your ... **treat your classroom like a lab**, and **question your own hidden assumptions**. For example, one hidden assumption that just about everybody who teaches us to do or makes is the, you know, they've learned it in a specific way. And therefore, that way, is also going to work for their students. And our two flaws was that reasoning. The first one is, you probably learned it, not because of the way you were taught, but in spite of it. And the second flaw is that most of your students are not going to become a professor in the field like you are. They're going to have very different interest. And therefore, what worked for you might not work for them.... There might not be super meaningful, but you're already taking data. So it's actually not that hard to take data. That's **what launched my career in education, the fact that I tend to be quantitative**. And I tend to try to, you know, **get to the bottom of things**."*

✓ Derek Bruff

*"Yeah, I mean, I think the main thing is to **start small**, right? **Don't try to flip your entire class all at once**, but find some moments in your lessons where you can replace something more passive with something more active. And the other is to think really intentionally about... this is a combination kind of **what are your learning objectives** and really what? What do you want your students to be doing and thinking during class? Like, what are the cognitive skills they need practice with? And give them opportunities to practice that. So, it needs to be aligned, right, with what you're trying to accomplish. And like I said, you're not doing it just so that they're noisy, right? You want them to be noisy about the content you want them to practice with. So that means crafting a question that's going to direct them to the kinds of thinking that you want them to do and to practice."*

✓ Eric Burkholder

*"I guess I would sort of emphasize **the need to adapt**. And that you can plan these activities but there's always things that come up that you can't necessarily plan for. You know unforeseen difficulties and things like that, so just be ready to intervene. When you see things like that happening and that's why it's important to, you know, monitor the classroom and the student discussions as closely as you can. The other thing I will I would sort of I guess, caught on someone on is preparing activities like **this takes a lot of time**. So you know it would be great if you could have, you know, the fall to **prepare your course in the spring to teach your course**, but that's of course not always practical."*

✓ Jean-Charles Cailliez

*"Le conseil numéro un, ce **n'est pas faire de copier-coller**. Ça veut dire que si quelqu'un, il vient dans ma classe... si toi, tu viens dans ma classe que tu es prof de génétique et que tu vois qu'il y a des choses qui t'intéressent et d'autres qui ne t'intéressent pas. Mais ce qui t'intéresse, tu dis oh ça c'est bien, je vais le faire, ne pas faire le copier-coller et de t'inspirer. Par exemple tout à l'heure, quand tu m'as dit que tu faisais un QCM où l'élève, il répond tout seul. Après tu ramasses toutes les copies et tu leur reposes la question, ils répondent en équipe et que tu ramasses et que tu corriges comme ça, comme ça. Moi, j'ai noté ton truc. Je trouve ça super intéressant. Mais je ne vais pas le faire exactement pareil. Donc ce qui m'a intéressé dans ce que tu m'as... parce que sinon, je t'aurais dit : attends, répète un peu comment tu fais ? J'aurais tout noté. J'aurais tout noté et je l'aurais fait pareil. Et peut-être que ça ne marcherait pas avec mes élèves, ton histoire. Donc moi, ce que j'ai retenu dans ce que tu m'as dit, c'est que... je vais faire ça la semaine prochaine, je pense que je vais le tester. Je vais demander à chaque élève... je vais demander à chaque élève de réfléchir sur quelque chose individuellement. Je vais sans doute le ramasser ou ne pas le ramasser. Ils vont peut-être le mettre... je leur demanderai peut-être de le mettre au milieu de la table. Et après, je vais leur demander de le faire de manière collective. Et peut-être que je ne ramasserai que la question collective. Je ne ramasserai pas la question individuelle. Donc je m'inspire de ce que tu m'as dit, mais je ne le fais pas pareil. Et pourquoi je ne le fais pas pareil ? Parce que je suis en train de me dire : punaise, je vais devoir corriger 70 questions. Et après, corriger 12 questions. Donc ton exercice, il m'intéresse. Mais ce qui va m'intéresser, c'est plutôt de corriger moins de questions. Alors après, peut-être qu'une autre fois, je ferais différemment. Mais donc, ton exercice, il m'a inspiré, mais je ne vais sûrement pas le faire de la même manière. Mais pourtant, si quelqu'un vient dans ma classe. Et il me dit, mais il est super bien ton exercice, où tu as trouvé ça ? Dans quel bouquin ? Je dirais : bah Michaël Lobet. C'est un prof avec qui j'ai discuté. Il m'a parlé d'un exercice, ça m'a inspiré, j'en ai fait un autre. Donc c'est ça. Il faut surtout le faire à sa façon. Ça, c'est un super bon conseil. Et l'autre super bon conseil, c'est tu montes une architecture, tu montes un protocole, **tu montes un scénario pédagogique pour ta séance. Mais en fait, tu ne le respectes qu'à 75 à 80 %**. En fait, jamais... et*

mes ateliers, c'est pareil, jamais quand j'ai fini un atelier de cinq heures ou d'une journée ou un cours de deux heures, jamais, je n'ai fait exactement le protocole que j'avais décidé. Pourtant, je l'ai dessiné... pas au millimètre, mais je l'ai dessiné en le découpant bien. Alors que c'est marrant, tu vois quand je faisais des cours magistraux, je ne faisais pas ça. Quand j'avais un cours magistral, j'arrivais, je faisais mon cours."

II.4.2. Discussion des résultats

La question de recherche souhaitait étudier les modes d'échecs possibles des méthodes de pédagogie active (section II.2). Pour ce faire, les objectifs de ce travail étaient triples : premièrement, analyser les pratiques de quelques innovateurs pédagogiques reconnus ; deuxièmement, identifier leurs perceptions des modes d'échecs possibles et troisièmement analyser leurs pistes de solutions face à ces risques.

Premièrement, il s'agissait donc d'effectuer une analyse de quelques pratiques d'innovateurs pédagogiques reconnus dans le domaine des pédagogies actives. Ce premier objectif a été réalisé dans les sections II.3.1 et II.3.2 présentant les innovateurs pédagogiques reconnus qui ont été interviewés et une synthèse des dispositifs de pédagogie active qu'ils ont mis en place. On peut notamment observer que ces dispositifs sont souvent relativement complexes et variés, proposant différentes activités, toutes intégrées dans le cours, avec un système d'évaluation avancé. On note également des points communs dans les cours d'Eric Mazur, Derek Bruff et Carl Wieman/Eric Burkholder. En effet, tous les trois utilisent des devoirs, Eric Mazur et Derek Bruff utilisent tous les deux Perusall, tandis qu'à la fois Carl Wieman/Eric Burkholder et Eric Mazur utilisent des « *tutorials* »⁸. La division en parcours pédagogiques, dans lesquels plusieurs activités sont réalisées de manière systématique, permet de travailler la matière en profondeur, sous des formes variées, tout en développant différentes compétences (apprentissage autonome, travail en équipe, professionnalisme et maîtrise du contenu). Les principes de base des classes inversées, répandues chez différents innovateurs pédagogiques reconnus, se retrouvent dans mes pratiques. Ils recourent en effet à des lectures à la maison en amont, pour libérer du temps de qualité en classe dédié à l'approfondissement de la matière via des dispositifs plus actifs.

Le cœur du travail (deuxième objectif) consistait à identifier les perceptions des innovateurs pédagogiques à propos des possibilités d'échec des méthodes de pédagogie active. On s'aperçoit d'emblée que de nombreux modes d'échec sont identifiés par ces innovateurs pédagogiques. Ces derniers sont à la fois rompus à l'exercice de mise en œuvre des méthodes actives étant donné leur pratique intensive, mais ce sont également des praticiens réflexifs : ils se remettent constamment en question, lisent les travaux de la littérature, contribuent eux-mêmes à la recherche en publiant ou en participant à des conférences sur le sujet. Ils sont donc pleinement dans la démarche SoTL. Dès lors, les modes d'échec identifiés sont assez proches de la revue de littérature décrite dans le cadre théorique de référence présenté en section II.1.3. On peut, par exemple, citer la mention du concept d'« *expert blindspot* » par Eric Burkholder ou Jim Plumat évoquant les compétences des étudiants liées à l'explication de nouveaux concepts. Ces deux exemples sont en réalité deux des fondements de l'instruction par les pairs développées par Eric Mazur [Mazur1999], complètement intégrés par nos praticiens reconnus. Plus globalement, on peut citer beaucoup de modes d'échecs qui sont également identifiés dans le chapitre 7 du livre de DeClercq *et al.* [DeClercq2022] : l'excès de liberté, les aspects chronophages, l'évaluation congruente, la discussion sur le nombre d'étudiant qui a été formalisée par un « *teaching ratio* » par Wieman (voir ci-dessous),

⁸ Cette diversité d'activité et de stratégies, je l'ai également reprise à mon compte dans mes pratiques professionnelles, comme décrit dans la section II.1.1.

l'importance de l'identification des prérequis, le manque de contrôle en séance inhérent aux méthodes actives, l'importance du feedback, les résistances aux changements, ...

Nous résumons ici les perceptions des innovateurs pédagogiques interrogés à propos des modes d'échecs relatifs aux enseignants. Nous en présentons une synthèse sous la forme d'une série de question fermées. Cette série de question pourrait permettre à un enseignant désireux de pratiquer des pédagogies actives en classe d'éviter de tomber dans des pièges « classiques » ou bien connus, tels qu'ils sont d'ailleurs perçus par nos experts. Cette série de question peut donc être considérée comme une « *check-list* » à bien avoir en tête afin de minimiser les risques d'échecs et d'ainsi maximiser de bonnes pratiques des méthodes actives.

Questions relatives à vos pratiques d'enseignant

- ✓ Est-ce que vous maîtrisez suffisamment les **fondements et principes sous-jacents** à la méthode de pédagogie active utilisée en classe ? ✓ X
- ✓ Avez-vous pensé à l'**alignement** entre vos objectifs pédagogiques, les activités proposées dans votre cours et votre mode d'évaluation ? ✓ X
- ✓ Avez-vous évalué les **prérequis** nécessaires à vos étudiants pour réaliser l'activité proposée ? ✓ X
- ✓ **Monitez**-vous en temps réel l'activité ? ✓ X
- ✓ Donnez-vous suffisamment de **feedback** à vos étudiants pour que ceux-ci puissent comprendre leurs erreurs ? ✓ X
- ✓ Faites-vous attention à ne pas être obnubilé par la **bonne réponse** ? ✓ X
- ✓ Etes-vous **flexible** dans votre organisation du déroulement de l'activité si un imprévu survient ? ✓ X
- ✓ Est-ce que vos **exigences** sont **raisonnables** ? ✓ X
- ✓ Ne cherchez-vous pas à couvrir **trop de matière** sur le temps imparti aux étudiants ? ✓ X
- ✓ Etes-vous attentif au **climat** dans lequel se passe les échanges ? Veillez-vous à ne pas générer ou laisser s'installer une ambiance délétère et un climat de stress ? ✓ X
- ✓ Veillez-vous à développer le **sentiment de compétence** en rendant l'activité accessible à vos étudiants ? ✓ X
- ✓ Laissez-vous à vos étudiants la possibilité de s'exprimer sur différents choix, suscitant chez eux un **sentiment de contrôlabilité** ? ✓ X
- ✓ Avez-vous rédigé des **consignes claires** pour votre activité ? ✓ X
- ✓ Avez-vous clairement identifié un **produit livrable** pour votre activité ? ✓ X
- ✓ Veillez-vous à écouter vos étudiants quant à leurs **plaintes**, sans **sur-réagir** à propos de celles-ci ? ✓ X

Ces 15 questions ouvertes permettent de faire le point sur la préparation et le déroulement d'une séance de pédagogie active. En cas de réponse affirmative, l'enseignant a mis tout en œuvre pour que l'activité se déroule a priori sans accroc. En cas de réponse négative à l'une ou l'autre de ces questions, nous invitons l'enseignant à se replonger dans la présentation et l'analyse des résultats décrites ci-dessus. En effet, chaque question correspond à un mode d'échec potentiel (mot clé en gras). Si une ou l'autre réponse négative apparaît, cela ne veut pas dire que l'activité sera un échec complet. Il est toutefois probable que la difficulté en question suscite de la frustration ou de l'incompréhension chez l'étudiant. Il est bon de veiller à corriger le tir, soit en séance, soit avant l'activité suivante. La partie « *cadre théorique de référence* » (Section II.1.3) permet d'approfondir les concepts.

Toutefois, l'enseignant n'est pas le seul responsable de la réussite, ou non, de son activité. Il est nécessaire pour l'enseignant de bien comprendre les freins et résistances propres aux étudiants. Ce mode d'enseignement actif peut ne pas être dans les habitudes des étudiants. Eric Burkholder pointait l'origine de cette résistance des étudiants comme étant la perception qu'ont certains étudiants d'apprendre moins via une méthode de pédagogie active que ce qu'ils ne peuvent faire dans un cours magistral. Cette déconnexion entre cette perception et la réalité de leurs apprentissages est le message clé de l'article de Deslauriers *et al.* [Deslauriers2019]. Dans cet article, les auteurs y ont comparé des étudiants suivant un cours de physique par méthode active avec les meilleures pratiques de la discipline avec un enseignement donné de manière passive par des enseignants expérimentés et bien notés. Bien que les étudiants dans les classes actives aient appris plus (comme attendu, e.g. suivant [Freeman2014]), leur perception d'apprentissage était inférieure à celle des étudiants ayant suivi le cours de façon passive. Un enseignant « super star » peut, par exemple, créer un sentiment d'apprentissage tellement positif que les étudiants choisiraient, sur cette seule base, ces méthodes d'enseignement passives plutôt que des méthodes actives. Les étudiants pratiquant les méthodes actives peuvent mal percevoir l'effort cognitif qu'ils doivent fournir et l'associer à un apprentissage plus faible, ce qui peut entraîner des conséquences sur leur motivation, leur engagement et leur capacité à réguler leur propre travail de façon autonome. Ce problème se pose essentiellement dans la partie initiale du cours. Il est donc important de bien coacher les étudiants en début de semestre et de les persuader des bénéfices des méthodes actives. Cette préparation est cruciale pour éviter tout impact négatif sur l'apprentissage des étudiants, surtout pour les étudiants qui découvrent les méthodes actives. Ces moments explicatifs des bienfaits des pédagogies actives sont présents chez nos innovateurs pédagogiques reconnus. Il est intéressant de noter que ces réflexions émanent de scientifiques provenant de la deuxième génération de recherche sur les pédagogies actives au sens de Freeman (Burkholder, Deslauriers, Miller), ayant étudié auprès de pères fondateurs (Mazur, Wieman) ayant porté la première génération d'études.

Par ailleurs, les étudiants stratégiques pointés par Jean-Charles Cailliez sont tout à fait similaires à ce qui a été évoqué dans le cadre théorique concernant les étudiants stratégiques [Romainville2012] ou « apprenants minimalistes » [Doyle2008]. Ceux-ci s'intéressent plus à l'importance de l'activité pédagogique dans la moyenne et à réussir dans un bon rapport temps d'investissement-performance. La parade pour contrer ce genre de comportement stratégique d'une frange des étudiants peut se trouver dans la complexité de l'évaluation. En effet, en multipliant les modalités d'évaluation, soit par des moments de participation active au cours,

des remises de documents formatifs ou certificatifs, de l'évaluation par les pairs ou par les enseignants, la note finale est diluée dans un ensemble de notes intermédiaires. L'étudiant stratégique devrait être stratégique tout au long de l'année, ce qui devient impossible en pratique. On peut comprendre la stratégie de micro-badges et de division en 68 micro-unités d'Eric Mazur comme une approche visant notamment à prévenir l'occurrence de comportements stratégiques de certains étudiants. En effet, il devient difficile pour l'étudiant d'être stratégique sur autant de micro-unités. On peut également faire un lien entre cette approche de badges d'Eric Mazur et l'introduction de « brevets » par Freinet discuté dans le cadre théorique, pour vérifier que les élèves atteignent bien les objectifs fondamentaux via les méthodes actives qu'il mettait en place par ailleurs.

Forts de cette connaissance des modes d'échec, nos innovateurs pédagogiques reconnus ont mis en place des stratégies innovantes pour y palier. L'analyse de ces solutions était le troisième objectif découlant de la question de recherche. Revenons sur quelques-unes de ces solutions. Ainsi, afin d'éviter le mode d'échec de la prévalence de la bonne réponse et d'insister sur l'importance du feedback, Eric Mazur et Carl Wieman/Eric Burkholder ont mis en place des systèmes de devoirs en plusieurs temps. Dans le même sens, Eric Mazur et Derek Bruff donnent la possibilité à leurs étudiants de recommencer plusieurs fois leurs tests. Cette approche permettant de donner du feedback et de pratiquer de façon répétée les exercices au sein même d'une pédagogie active est une combinaison astucieuse des principes de didactisation et de finalisation évoqués plus haut [Romainville2007]. En effet, on peut comprendre la diversité des méthodes employées par nos innovateurs pédagogiques comme une volonté de maintenir l'équilibre entre finalisation et didactisation, en recourant à des moments de renforcement systématique des acquis. Par ailleurs, on peut comprendre qu'afin d'éviter les pièges de la méconnaissance des règles de travail en groupe, Eric Mazur a instauré un contrat que les étudiants doivent remplir quant à leur mode de fonctionnement en groupe. Il préconise que les étudiants listent les rôles de chacun, les moments où ils vont se retrouver, la manière dont ils vont s'échanger des documents etc. N'ayant pas perçu l'importance de ce facteur dans ma pratique professionnelle, j'ai retiré ce contrat demandé aux étudiants. A l'avenir, je réinstaurerai cette bonne pratique car elle vise à éviter un mode d'échec et permet d'insister sur la façon dont doit bien fonctionner un groupe.

Concernant les limites et difficultés rencontrées par nos innovateurs pédagogiques, nous pouvons donner quelques éléments de discussion. Eric Burkholder pointe le *teaching ratio* comme étant une limite importante pour les méthodes actives. Pour rappel, on définit le *teaching ratio* comme étant le nombre d'enseignants pour le nombre d'étudiants. A Stanford, ce ratio est de 1 pour 10. Eric Burkholder était en pleine transition vers Auburn où son *teaching ratio* allait s'élever à 1 pour 37.5. Notons qu'à Harvard, celui-ci s'élevait à 1 pour 6.5 ! Carl Wieman s'est intéressé de près à cette notion de *teaching ratio* dans [Jones2015]. Ces auteurs ont mis en évidence que ce *teaching ratio* pouvait être aussi élevé que 1 pour 35 avant d'arriver à des difficultés notamment celles de répondre aux questions de tous les étudiants et de pouvoir assurer le suivi correct nécessaire au bon déroulement de l'activité. Jones et al. suggèrent que pour des classes de taille inférieure ou égale à 35 étudiants, il n'y a pas, en pédagogie active, besoin d'enseignant supplémentaire en comparaison d'un cours qui serait donné de façon *ex-cathedra*. Toutefois, ils recommandent de suivre les conseils suivants pour pouvoir opérer dans le contexte d'un *teaching ratio* aussi élevé :

- L'enseignant doit bouger constamment de groupe en groupe avec comme objectif de ne passer que quelques minutes au maximum par question ou groupe d'étudiant ;
- S'il existe une question partagée par plusieurs groupes ou une erreur courante, l'enseignant arrête temporairement l'activité pour s'adresser à toute la classe. Cette interruption ne doit durer que quelques minutes au maximum, ce n'est pas un cours, juste une clarification d'un point, d'une question ou d'un concept ;
- Si l'enseignant s'aperçoit qu'un groupe a réussi à surmonter une difficulté alors qu'un groupe voisin peine à le faire, l'enseignant demande au premier groupe de servir d'expert et de conseiller le second. Cette pratique libère ainsi l'enseignant qui peut s'occuper d'autres groupes, en plus de motiver les étudiants plus avancés qui pourraient avoir fini les activités.

Il est intéressant de constater que ces conseils ont été appliqués par Jean-Charles Cailliez qui a un *teaching ratio* d'environ 1 pour 65. J'ai moi-même mis en place ces stratégies, sans le savoir, pour mon cours donné à Saint-Louis (*Conceptual Physics*) où mon *teaching ratio* était également de 1 pour 65. Au sujet de ce *teaching ratio*, le cours donné en bloc 2 physique (*Physique Mathématique*) était bien plus confortable puisque nous étions 3 enseignants pour 24 étudiants, soit un *teaching ratio* de 1 pour 8, soit entre celui de Harvard (1:6.5) et celui de Stanford (1:10). Dès lors, il convient de réaliser que dans un certain nombre de cours donnés en Belgique, notamment dans les années avancées du programme de science, nous avons des petites classes, avec un *teaching ratio* acceptable. Certes, les cohortes de 1^e bloc peuvent être importantes. Mais il existe, d'une part, un bon nombre de groupes dont les cohortes sont proches des 1 pour 35 ou, même dans les cohortes plus nombreuses, des temps dédiés aux travaux pratiques ou dirigés s'apparentant plus à un *teaching ratio* de 1 pour 25. Il est dès lors possible de mettre en œuvre des méthodes de pédagogie active de qualité si l'on suit les conseils de Jones et al. Ces pratiques pourraient être encouragées au niveau institutionnel⁹.

Toutefois, pour le promouvoir, il est nécessaire que les décideurs permettent une organisation de l'espace adéquate, comme discuté dans les limites et difficultés rencontrées dans les pratiques de pédagogie active. Etant maintenant sortis des études de première génération [Freeman2014], il est important de tenir compte de ces résultats montrant la prévalence des méthodes actives sur les méthodes passives et de penser l'espace dès la construction de nouveaux bâtiments dédiés à l'enseignement. Dans la même veine, il convient de penser l'inclusion de touches de pédagogies actives dans une approche programme, comme cela a été pointé par Jim Plumet et Jean-Charles Cailliez, rejoignant les propos de Marc Romainville [Romainville2007]. Il est également important d'apporter des éléments de pédagogie active de façon ponctuelle dans un programme ou dans un cours plutôt que de faire basculer l'ensemble d'un programme sous forme active, risquant alors de n'enseigner que par une seule méthode¹⁰.

⁹ Il est bon de noter qu'à l'UNamur, le projet PUNCH (Pédagogie Universitaire Namuroise en Changement) s'attèle à stimuler et accompagner les enseignants dans leur pédagogie innovante.

¹⁰ La réforme du bachelier en sciences physiques de l'UNamur peut être pensée en ces termes, avec des objectifs initiaux de rendre les étudiants plus actifs.

Evidemment, toutes les idées de nos innovateurs pédagogiques ne peuvent pas toujours être appliquées directement dans nos enseignements. Reprenons par exemple l'idée des « *focus groups* » de Stanford où ils recrutent des étudiants payés pour tester leur matériel de cours « en conditions réelles ». Nous devons rappeler que Carl Wieman a obtenu 11 millions de dollars sur 10 ans pour tester ses nouvelles pratiques. C'est totalement inatteignable pour la plupart des universités ou hautes écoles ailleurs dans le monde. Néanmoins, il est possible de s'inspirer de la pratique et de la tester, sur une base volontaire avec quelques assistants ou éventuellement quelques étudiants tuteurs qui pourraient conseiller les enseignants, à moindre coût.

De la même manière, concernant les problèmes de genre et de différences de background pointés par Derek Bruff, la solution d'avoir des étudiants tuteurs plus représentatifs de la diversité afin de devenir des « *role models* » est également intéressante. Nous noterons que la problématique raciale est plus prégnante aux Etats-Unis (mentionné par Derek Bruff et Carl Wieman), mais les problématiques de genre et d'origine sociale sont tout à fait pertinentes dans nos universités également, plus spécifiquement dans les filières STEAM. Une piste de solution pourrait être d'avoir des étudiants tuteurs reflétant mieux la diversité dans son ensemble. Cette initiative d'étudiant tuteurs proposée par Derek Bruff peut être rapprochée de l'initiative STEM4HER lancée en 2023 en Belgique qui vise à faciliter l'insertion et l'inclusion des femmes dans le secteur numérique, à construire de nouvelles images ainsi qu'à éliminer l'écart de genre dans les groupes cibles spécifiques [STEM4HER]. Le constat de départ d'écarts de niveaux liés à des considérations démographiques s'applique certainement chez nous également et doit être mis en relation avec les travaux de Bourdieu [Bourdieu1964] et décrit dans [Romainville2007]. Il est sans doute nécessaire de garder comme boussole une attention particulière à ce que les méthodes actives ne favorisent pas les favorisés, auquel cas le remède serait en réalité le poison.

Enfin, terminons avec la question-perspective posée par le prix Nobel de Physique, Carl Wieman, concernant ce qui est, selon lui, le plus grand défi d'un point de vue de la recherche en éducation : « Comment gérer au mieux l'éventail de préparations différentes des étudiants qui arrivent en classe ? » (« How to best deal with the range of student preparation that they come into class? »), avec sa question sous-jacente : « Comment optimiser [l'enseignement] de telle sorte à ce que ce soit le mieux pour tout le monde ? ». Sa réponse était limpide : « **We just really don't know how to do that** ».

Accumulé aux différences de background sociétaux et démographiques, cette différence de background au niveau des connaissances est un réel défi et les méthodes de pédagogie active en sont un bon révélateur au sens photographique : il y a tellement de compétences différentes qui sont travaillées avec les étudiants que les inégalités préalables à l'enseignement sont inéluctablement mises en lumière. Prenons par exemple les compétences en bricolage discutées par Jim Plumat, l'enseignant ainsi que les étudiants se rendent très vite compte de leurs compétences préalables suffisantes ou non. Le travail en groupe permet souvent de régler ce problème, tout comme dans l'instruction par les pairs. Sans doute que ces différences sont également présentes dans un enseignement ex cathedra, mais elles demeurent silencieuses plus longtemps, ne sont pas exposées au grand jour de par le mode d'enseignement. Derek Bruff et Carl Wieman ont un avis différent sur l'apport des méthodes actives pour résoudre ces différences de compétences, ce qui laisse la porte ouverte à de futures études incluant des variables portants sur les aspects démographiques et sociaux. Une

analyse plus poussée des travaux de Kelly Hogan est la porte d'entrée pour commencer de tels travaux futurs.

Gageons que la deuxième génération de recherche (et de chercheurs) sur les méthodes actives s'attèlera à ces questions d'optimisation de l'enseignement face aux différences de background, en tentant d'y apporter des réponses venant notamment du domaine de la psychologie cognitive, voire des neurosciences comme le suggère Carl Wieman.

Conclusions

Les conclusions de ce mémoire se déclinent en trois parties :

- Une partie portant sur le projet de recherche appliquée et les enseignements tirés des entretiens avec les innovateurs pédagogiques reconnus,
- Une partie revenant sur l'impact de ce projet de recherche appliquée sur mes pratiques professionnelles,
- Des conclusions plus personnelles.

✓ Conclusions sur le projet de recherche appliquée

Les perceptions des innovateurs pédagogiques reconnus concernant les possibilités d'échec des méthodes de pédagogie active constituaient le cœur de ce projet de recherche appliquée. Comme attendu, ces experts sont reconnus dans leur domaine car ils ont repoussé les limites de la recherche en sciences de l'éducation, dans l'enseignement de leur discipline (STEM dans notre cas). De facto, ils sont au faite des innovations pratiquées par leurs collègues et de la littérature y afférente. Ils ont complètement intégré à la fois les innovations et la littérature dans leurs pratiques et il n'est pas rare de voir des éléments novateurs décrits par l'un se retrouver dans les enseignements d'un autre. Un des conseils d'Eric Mazur était d'ailleurs « lis la littérature », celui de Jean-Charles Cailliez « inspires toi de ce que font les autres, mais ne reproduis pas à l'identique ». Dès lors, lorsqu'on leur demande les modes d'échecs et les limites des méthodes actives, il est logique de retrouver de grandes similitudes entre la littérature (cf. chapitre 7 de Declercq et al. [DeClercq2022]) et leurs perceptions. Leur pratique intensive ainsi que leur longue expérience et expertise du sujet renforcent bien évidemment cette connaissance et cette identification aisée des modes d'échec.

Il est intéressant de voir des perspectives émerger également. L'ouverture aux champs de la psychologie cognitive et des neurosciences comme outils pour sonder l'impact des pédagogies actives dans les domaines disciplinaires est une piste intéressante. L'approfondissement de l'impact des différences de background, que ce soit au niveau des connaissances ou incluant des critères sociologiques et démographiques, sur les méthodes de pédagogie active est une autre piste à creuser pour le futur.

Ces propos rejoignent totalement les conclusions de Freeman et al. [Freeman2014] qui indiquaient que la première génération d'études s'efforçait à démontrer le bien-fondé des méthodes actives face à l'enseignement traditionnel. La seconde génération d'étude devrait se concentrer sur la recherche, outillée de la psychologie de l'éducation et des sciences cognitives, afin de transformer, sur une base de données probantes, les cours. Cette deuxième génération de recherche est en marche avec, par exemple, des auteurs tels que Louis Deslauriers, Kelly Miller, Kelly Hogan ou encore Eric Burkholder et Derek Bruff.

✓ Impact sur mes pratiques professionnelles

Les principaux objectifs de ce mémoire étaient d'approfondir la thématique des méthodes de pédagogie active afin d'en comprendre les fondements théoriques, d'analyser l'état de l'art actuel et de comprendre les points bloquants pouvant surgir dans la pratique. Je pense que grâce à la revue de littérature, à la fois suite à mes recherches personnelles ou suggérées par les encadrants et les innovateurs pédagogiques, j'ai pu m'outiller sur le sujet et satisfaire ma curiosité. Je pense comprendre plus en profondeur le « tsunami pédagogique » que j'avais décrit dans la section correspondant à mes pratiques professionnelles. Je pense l'avoir transformé en une boîte à outils, avec différents modules ou expériences testées, qui pourront être ressortis au moment opportun dans la conception d'un cours, en fonction des objectifs pédagogiques et des compétences à développer. Cette diversité de techniques et de stratégies constitue une vraie richesse pour mes enseignements et devra être constamment remise à jour.

Je pense mieux décoder la conception et les différents ingrédients essentiels des méthodes de pédagogie active. J'avais intégré certains éléments ou bonnes pratiques dans mes enseignements (e.g. l'explication des objectifs du cours à la fois au premier cours et dans un syllabus explicatif), mais parfois sans avoir conscience de l'importance de ceux-ci. Je n'hésiterai, par exemple, plus à l'avenir à bien expliquer les objectifs, montrer des résultats d'études et surtout rappeler ces éléments à plusieurs moments du cours, lorsque je pourrais sentir que les étudiants décrochent. Autre exemple, j'ai bien intégré l'importance du feedback et la possibilité laissée aux étudiants de progresser « sans frais » au début d'un parcours pédagogique pour évoluer vers une maîtrise progressive du contenu. Ce point me semble capital, à intégrer de concert avec la congruence de l'évaluation. A refaire, je réinstaurerai le contrat demandé aux étudiants pour qu'ils formalisent leur mode de fonctionnement en tant que groupe (rôles, échanges de documents, moments de rencontre, ...) tel que le faisait Eric Mazur, contrat j'avais laissé tomber dans ma pratique. En effet, une telle façon de procéder permet d'éviter de tomber dans un mode d'échec bien identifié, à savoir celui relatif à la méconnaissance des règles de travail en groupe. Cela ne va pas de soi a priori.

Je m'aperçois aussi qu'en commençant mes premières expérimentations avec les méthodes actives, j'étais peut-être trop sensible aux critiques, que je n'avais pas appliqué à leur plein potentiels les méthodes et que j'avais en partie omis l'alignement entre objectifs, méthode d'enseignement et évaluation. Ces manques peuvent expliquer une partie des résultats « mitigés » présentés dans ma première implémentation dans le cours de « Physique Mathématique » décrit dans la section II.1.1. Toutefois, j'ai, en faisant cela, suivi le conseil de Derek Bruff (« Start small ») et donc commencé de façon progressive, sans me décourager au vu de l'investissement très chronophage. J'ai également suivi le conseil de Jean-Charles Cailliez qui est de s'inspirer d'un dispositif, mais de ne pas le reproduire à l'identique. C'est ce que j'ai fait concernant la transformation du cours d'« Applied Physics » d'Eric Mazur vers les cours de « Physique Mathématique » ou encore de « Conceptual Physics ». Ces cours peuvent encore évoluer dans le futur.

La « check-list » établie dans la section II.4.2 « Discussion des résultats » me permettra à l'avenir de vérifier que toutes les conditions sont bien remplies afin d'optimiser une séance de pédagogie active.

✓ Conclusions personnelles

Ce projet de recherche appliquée en pédagogie universitaire a été pour moi la découverte d'un nouveau monde. En effet, passer des sciences exactes aux sciences de l'éducation fut un changement assez radical. Le choix d'une approche exploratoire et qualitative était également très approprié au regard de mon développement personnel dans le domaine du SoTL. Etant rompu aux approches quantitatives, une approche qualitative telle qu'effectuée dans ce mémoire a été très formatrice, m'ouvrant à des méthodes de recherche en sciences humaines qui m'étaient jusqu'alors totalement inconnues et loin de ma zone de confort.

A refaire, je serais attentif à plusieurs points. Notamment, je suivrais mon guide d'entretien encore plus à la lettre. J'aurais peut-être dû me freiner dans l'enthousiasme des discussions stimulantes avec ces innovateurs pédagogiques reconnus. Les données étaient bien présentes dans les entretiens, mais le traitement des données fut plus difficile lorsque je faisais du « hors-piste ». S'il était possible rectifier le tir pour six entretiens, refaire ce genre d'entretiens semi-dirigés sur un plus grand nombre de personnes interrogées demanderait, je pense, une rigueur exemplaire. Le second point à améliorer serait de réaliser une séance d'accord inter-codage où j'aurais pu valider la grille de codage présentée en annexe. Cette pratique avait été conseillée en séminaire et constitue une bonne pratique à intégrer pour le futur. Enfin, de nombreux exemples de manière originales de présenter et discuter les résultats ont été suggérés en séminaire. Je garde ces exemples en tête pour de futurs travaux et comme piste d'amélioration du présent mémoire.

Ce mémoire n'est sans doute qu'un premier pas dans l'approche SoTL. Je suis convaincu de son importance pour mes enseignements et en vue de développer des projets de recherche en sciences de l'éducation. Le conseil d'Eric Mazur (encore lui !) à cet égard est sans doute le plus important **“Take data. Treat your classroom like a lab, and question your own hidden assumptions. That's what launched my career in education, the fact that I tend to be quantitative. And I tend to try to, you know, get to the bottom of things”**. Être aussi sérieux avec ma classe et mes enseignements que ce je le suis dans ma recherche en photonique, voici une belle gageure pour les années à venir.

Dans un premier temps, je pense que les lectures de [Jones2015] et [Lepage2021] proposées par Carl Wieman pourront nous servir de cadre théorique de référence pour discuter avec la communauté scientifique de la transformation du cours de « Physique Mathématique ». Après avoir présenté oralement ce dispositif plusieurs fois et après avoir approfondi la théorie dans ce projet de recherche, je pense être outillé pour tenter de publier ces travaux dans la littérature.

Par ailleurs, je pense être en phase avec la seconde génération de recherche sur les pédagogies actives, telles que décrites par Freeman et Wieman. J'ai beaucoup apprécié l'analogie entre l'enseignement et les directives de pratiques médicales qui conseillent l'arrêt des anciennes pratiques si l'échantillon d'essai est large et si les valeurs de P sont inférieures à 0.001. Etant totalement dans ce cas de figure, je pense qu'il est délétère de poursuivre exclusivement ces pratiques et qu'il est capital d'instaurer des méthodes actives par touches, là où c'est utile et pertinent au développement des compétences des étudiants.

Enfin, l'utilisation de Chat-GPT dans ce mémoire n'est pas anodine. Je pense qu'un champ des sciences de l'éducation va être révolutionné par l'impact de l'intelligence artificielle dans

l'enseignement. De nombreuses questions de recherches à ce sujet « dorment tranquillement » et ne demandent qu'à être explorées.

Références bibliographiques

- [Aksit2016] Aksit, F., Niemi, H., & Nevgi, A. (2016). Why is active learning so difficult to implement: The Turkish case. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 41(4), 94-109.
- [Alfieri2011] Alfieri, L., Brooks, P. J., Aldrich, N. J., & Tenenbaum, H. R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning? *Journal of educational psychology*, 103(1), 1.
- [Anderson1995] Anderson, M.H., Ensher, J.R., Matthews, M.R., Wieman, C.E. and Cornell, E.A., 1995. Observation of Bose-Einstein condensation in a dilute atomic vapor. *Science*, 269 (5221), pp.198-201
- [Bishop2014] Bishop, C. F., Caston, M. I., & King, C. A. (2014). Learner-centered environments: Creating effective strategies based on student attitudes and faculty reflection. *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 14(3), 46-63.
- [Bourdieu1964] Bourdieu, P., & Passeron, J. C. (1964). *Les héritiers: les étudiants et la culture* (Vol. 18). Éditions de Minuit.
- [Bruff2009] Bruff D., 2009 *Teaching with Classroom Response Systems: Creating Active Learning Environments* (Jossey-Bass).
- [Bruff2020] Derek Bruff, Vanderbilt University, *Active Learning in Hybrid and Physically Distanced Classrooms*, <https://cft.vanderbilt.edu/2020/06/active-learning-in-hybrid-and-socially-distanced-classrooms/>, Source du 3 avril 2023.
- [Bruff] Derek Bruff, *Agile Learning*, Derek Bruff's blog on teaching and learning, <https://derekbruff.org/>, Source du 3 avril 2023.
- [Bruff-Crypto] Derek Bruff, *Cryptography, The History and Mathematics of Codes and Code Breaking*, <https://derekbruff.org/blogs/fywscrypto/>, Source du 3 avril 2023.
- [Bullen2008] Bullen, M., Morgan, T., Belfer, K., & Qayyum, A. (2008, October). The digital learner at BCIT and implications for an e-strategy. In *Research Workshop of the European Distance Education Network (EDEN), Researching and promoting access to education and training: The role of distance education and e-learning in technology-enhanced environments*. Paris.
- [Buriak2023] Buriak, J. M., Akinwande, D., Artzi, N., Brinker, C. J., Burrows, C., Chan, W. C., & Ye, J. (2023). Best Practices for Using AI When Writing Scientific Manuscripts: Caution, Care, and Consideration: Creative Science Depends on It. *ACS nano*.
- [Burkholder-Physics41E] Burkholder E. et al., *PHYSICS 41E: Mechanics, Concepts, Calculations, and Context* [Diapositives et site web], <https://explorecourses.stanford.edu/search?q=PHYSICS+41E%3a+Mechanics%2c+Concepts%2c+Calculations%2c+and+Context&view=catalog&filter-coursestatus-Active=on&academicYear=20192020> , Source du 4 avril 2023.
- [Burkholder-Stanford] Stanford University, Stanford Engineering, Chemical Engineering, *Chemical Engineering colloquium*, <https://cheme.stanford.edu/events/chemical-engineering-colloquium/eric-burkholder> , Source du 3 avril 2023.

- [Cailliez] Cailliez, J.C., De la créativité à l'innovation, Un blog educpros, <https://blog.educpros.fr/jean-charles-cailliez/a-propos/>, Source du 3 avril 2023.
- [Cailliez2017] Cailliez, Jean-Charles, Charles Hénin, La classe renversée : l'innovation pédagogique par le changement de posture, Ellipses, 2017
- [Cailliez-Blog-CR] Cailliez, Jean-Charles Do it yourself et serious game pour une pédagogie innovante à l'université, <https://blog.educpros.fr/jean-charles-cailliez/2013/11/25/do-it-yourself-et-serious-game-pour-une-pedagogie-innovante-a-luniversite/>, Source du 4 avril 2023.
- [ChatGPT] OpenAI, Introducing Chat-GPT, <https://openai.com/blog/chatgpt>, Source du 21 avril 2023
- [Crouch2001] Crouch, C.H. and Mazur, E., 2001. Peer instruction: Ten years of experience and results. American journal of physics, 69(9), pp.970-977.
- [DeClercq2022] De Clercq, M., Frenay, M., Wouters, P., & Raucant, B. (2022) Pédagogie active dans l'enseignement supérieur, Peter Lang.
- [DeMol2014] De Mol, J. (2014, 4 novembre), Séminaire de recherche en sciences de l'éducation (LFOPM2007) [Diapositives], disponibles sur le Moodle du cours LFOPC2202 – Séminaire d'analyse des pratiques professionnelles et de supervision du travail de recherche.
- [Deslauriers2011] Deslauriers, L., Schelew, E., & Wieman, C. (2011). Improved learning in a large-enrollment physics class. science, 332(6031), 862-864.
- [Deslauriers2019] Deslauriers, L., McCarty, L. S., Miller, K., Callaghan, K., & Kestin, G. (2019). Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom. Proceedings of the National Academy of Sciences, 116(39), 19251-19257.
- [Doyle2008] Doyle, T. (2018). Helping students learn in a learner-centered environment: A guide to facilitating learning in higher education. Stylus Publishing, LLC.
- [Eison2010] Eison, J. (2010). Using active learning instructional strategies to create excitement and enhance learning. Jurnal Pendidikantentang Strategi Pembelajaran Aktif (Active Learning) Books, 2(1), 1-10.
- [Ericsson2018] Ericsson, K. A. (2018). The differential influence of experience, practice, and deliberate practice on the development of superior individual performance of experts.
- [Fixen2021] Fixen, M., & Wald, N. (2021). Obstacles Overcome: A Universal Guide to Active Learning. Journal of Higher Education Theory and Practice, 21(4), 106-110.
- [Freeman2014] Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., & Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proceedings of the national academy of sciences, 111(23), 8410-8415.
- [Guest2006] Guest, G., Bunce, A., & Johnson, L. ,2006, How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. Field methods, 18(1), 59-82.

- [Haak2011] Haak, D. C., HilleRisLambers, J., Pitre, E., & Freeman, S. (2011). Increased structure and active learning reduce the achievement gap in introductory biology. *Science*, 332(6034), 1213-1216.
- [Hake1998] Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American journal of Physics*, 66(1), 64-74.
- [Hannan2000] Hannan, A., & Silver, H. (2000). *Innovating in Higher Education: Teaching, Learning and Institutional Cultures*. Open University Press
- [Heron2017] Heron, P. (2017). Phys21: Preparing physics students for 21st century careers. *Bulletin of the American Physical Society*, 62.
- [Hestenes1992] Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The physics teacher*, 30(3), 141-158.
- [Jones2015] Jones, D. J., Madison, K. W., & Wieman, C. E. (2015). Transforming a fourth year modern optics course using a deliberate practice framework. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 11(2), 020108.
- [King1993] King, Alison (1993), From sage on the stage to guide on the side, *College Teaching*. 41 (1): 30–35.
- [Kirschner2013] Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. (2013). Do learners really know best? Urban legends in education. *Educational psychologist*, 48(3), 169-183.
- [Lepage2021] Lepage, G. P. (2021). Active learning in a graduate quantum field theory course. *American Journal of Physics*, 89(3), 317-323.
- [Nechkina1984] Nechkina, Militsa (1984), Increasing the effectiveness of a lesson, *Communist* (2): 51.
- [Openstax] Urone, P. P., & Hinrichs, R. (2012). *College Physics* (OpenStax), <https://openstax.org/details/books/college-physics>, Source du 4 avril 2023.
- [Plumat2017] Plumat, J., Dontaine, M. and Tirtiaux, J. (2017). Réseau 89 : Physique et défis. Oser l'approche par projet dès la première année ! Service de Pédagogie Universitaire.
- [Plumat-edX] edX, Bio, <https://www.edx.org/bio/jim-plumat>, Source du 3 avril 2023.
- [Plumat-Punch], Université de Namur, Pédagogie Universitaire Namuroise en Changement (PUNCH), <https://www.unamur.be/etudes/punch/projets/physique-defis>, Source du 3 avril 2023.
- [Punch] Université de Namur, Les projets PUNCH <https://www.unamur.be/punch/projets>, Source du 4 avril 2023.
- [Margaryan2011] Margaryan, A., Littlejohn, A., & Vojt, G. (2011). Are digital natives a myth or reality? University students' use of digital technologies. *Computers & education*, 56(2), 429-440.
- [Mazur1997] Mazur, Eric, *Peer Instruction: A User's Manual*, Prentice Hall (1997).
- [Mazur2006] Lorenzo, M., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2006). Reducing the gender gap in the physics classroom. *American Journal of Physics*, 74(2), 118-122.

[Mazur-LC] Pearson, Learning Catalytics, <https://www.pearson.com/us/higher-education/products-services-teaching/learning-engagement-tools/learning-catalytics.html>, Source du 6 avril 2023

[Mazur-Perusall] Perusall, <https://www.perusall.com/>, Source du 3 avril 2023.

[Mazur-Minerva] Eliza Grinnel, The Harvard Gazette, News & Announcements, <https://news.harvard.edu/gazette/story/2014/05/eric-mazur-wins-minerva-prize/>, Source du 3 avril 2023.

[Mazur-Scholar] Google Scholar, Eric Mazur, <https://scholar.google.com/citations?user=6-rjB04AAAAJ&hl=en>, Source du 3 avril 2023.

[Mazur-Web] Mazur, Eric, About Eric Mazur, <http://ericmazur.com/about.php>, Source du 3 avril 2023.

[Meirieu1992] Meirieu, P., & Develay, M. (1992). *Emile, reviens vite... ils sont devenus fous*, Paris ESF Editeur.

[Montori2005] Montori, V. M., Devereaux, P. J., Adhikari, N. K., Burns, K. E., Eggert, C. H., Briel, M., ... & Guyatt, G. H. (2005). Randomized trials stopped early for benefit: a systematic review. *Jama*, 294(17), 2203-2209.

[Piaget1926] Piaget, J. (2002). *The language and thought of the child* (Vol. 5). Psychology Press.

[Piaget1974] Piaget, J. (1974). *Adaptation vitale et psychologie de l'intelligence: sélection organique et phénocopie* (Vol. 1369). Hermann.

[Ruiz2011] Ruiz-Primo, M. A., Briggs, D., Iverson, H., Talbot, R., & Shepard, L. A. (2011). Impact of undergraduate science course innovations on learning. *Science*, 331(6022), 1269-1270.

[Roca2015] Roca Lefler, M., Puertas Molina, M., Domènech Mas, J. M., García-Almiñana, D., & Gassó Domingo, S. (2015). Improving the development of engineering projects through informational competence and the introduction of social web tools. In *Active Teachers-Active students: proceedings of the 13th International Workshop Active Learning in Engineering* (pp. 131-140). Aalborg University Press.

[Romainville2007] Romainville, M. (2007). *Ignorante du passé, la pédagogie universitaire est-elle condamnée à le revivre ? Quelques leçons de la longue histoire des méthodes actives*, Presses universitaires de Louvain, Louvain.

[Romainville2012] Romainville, M., & Michaut, C. (2012). *Réussite, échec et abandon dans l'enseignement supérieur*. De Boeck.

[Springer1999] Springer, L., Stanne, M. E., & Donovan, S. S. (1999). Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: A meta-analysis. *Review of educational research*, 69(1), 21-51.

[STEM4HER] STEM4HER, <https://stem4her.be/#home>, Source du 19 mai 2023

[Thiagi] The Thiagi group, Resources, <https://www.thiagi.com/resources> , Source du 3 avril 2023.

[Tobias2009] Tobias, S., & Duffy, T. M. (Eds.). (2009). Constructivist instruction: Success or failure?. Routledge.

[Vygotsky1978] Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). Mind in society: Development of higher psychological processes. Harvard university press.

[Wieman2019] Wieman, C. E. (2019). Expertise in university teaching & the implications for teaching effectiveness, evaluation & training. Daedalus, 148(4), 47-78.

[Wieman2020] Wieman, C., Price, A., & Kim, C. (2020). Instructional design based on the problem-solving decisions of scientists and engineers. ETH Learning and Teaching Journal, 2(2), 10-17.

[Wieman-AAPT], American Association of Physics Teachers, Oersted Medal, https://www.aapt.org/Programs/awards/oersted.cfm?csSearch=138338_1, Source du 3 avril 2023.

[Wieman-Cornell], Andrew D. White Professors-at-Large Program, <https://adwhiteprofessors.cornell.edu/professors-at-large/carl-wieman/>, Source du 3 avril 2023.

[Wieman-Initiative] Carl Wieman Science Education Initiative, <https://cwsei.ubc.ca/>, Source du 3 avril 2023.

[Wieman-PhET] PhET interactive simulations, <https://phet.colorado.edu/fr/>, Source du 3 avril 2023.

[Wieman-Nobel] The Nobel Prize, Carl Wieman Biographical, <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2001/wieman/biographical/>, Source du 3 avril 2023.

[Wieman-Scholar], Carl Wieman, Google Scholar, <https://scholar.google.com/citations?user=h24312AAAAJ&hl=en>, Source du 3 avril 2023.

[Wieman-Stanford], Carl Wieman, Stanford Profiles, <https://profiles.stanford.edu/carl-wieman> , Source du 3 avril 2023.

[Wieman-Yidan], Yidan Prize, Yidan Prize Laureates, <https://yidanprize.org/global-community/laureates/> , Source du 3 avril 2023.

[Writesonic] Writesonic, <https://writesonic.com/?via=tran-22> , source du 21 avril 2023

Annexes

Annexe 1. Syllabus explicatif du cours de Physique Mathématique	89
Annexe 2. Prompts demandés à ChatGPT et Writesonic.....	101
Annexe 3. Grille d'interview.....	111
Annexe 4. Exemples de transcription des entretiens.....	114
Annexe 5. Grille de codage.....	133

Annexe 1. Syllabus explicatif du cours de Physique Mathématique

SPHY B210 Physique mathématique *Bloc 2 bachelier en Sciences Physiques* *Année 2020-21*

A. Introduction

Bienvenue au cours de *Physique Mathématique* donné en bloc 2 Sciences Physiques. La physique mathématique se trouvant à la congruence entre les mathématiques et la physique, ce cours se veut être une boîte à outils dont le physicien se servira tout au long de son cursus et de sa carrière.

La matière couvre l'analyse vectorielle, l'algèbre tensorielle, la distribution Delta de Dirac, les transformées intégrales, la théorie de la réponse linéaire ainsi qu'une introduction à la théorie des groupes et à la notion de symétrie en physique. Ces outils mathématiques seront appliqués à des cas concrets de modélisation en physique. Dès lors, vous serez amenés à développer votre rigueur mathématique ainsi que votre sens physique afin d'utiliser les outils de la physique mathématique à bon escient.

Il n'y aura pas de cours magistral classique ni d'examen dans ce cours. Le cours sera composé de trois parcours pédagogiques, remplis de différentes activités d'apprentissage pendant lesquelles vous travaillerez en groupe.

En tant qu'enseignants pour ce cours, nous nous engageons à vous aider à apprendre à bien utiliser les outils de la physique mathématique en physique ainsi qu'à développer des compétences qui vous seront utiles tout au long de votre carrière. Notre but est de promouvoir l'apprentissage autonome, d'améliorer vos compétences en communication sans oublier votre capacité à travailler en équipe. Ces compétences, même si elles sont transversales sont primordiales dans tous les projets que vous mènerez durant votre vie professionnelle.

Nous nous réjouissons d'apprendre à vous connaître tout au long de ce quadrimestre et de vous guider à travers les différents parcours pédagogiques proposés. Nous sommes disponibles autant que possible pour répondre à vos questions à propos du cours. Pour ce faire, vous trouverez nos coordonnées ci-dessous. N'hésitez jamais à nous contacter !

Bon cours et bon quadrimestre à tous !

Michaël Lobet
081/72.47.21, local 151b
michael.lobet@unamur.be

Pauline Castenetto
081/72.47.11
pauline.castenetto@unamur.be

Xavier Delvaux
081/72.52.33
xavier.delvaux@unamur.be

Teams :<https://teams.microsoft.com/l/team/19%3a42a2b839bea9456495fe94d9ef43610b%40tthead.skype/conversations?groupId=5ebf6215-b3a1-4a55-b42f-fd8ea450c260&tenantId=5f31c5b4-f2e8-4772-8dd6-f268037b1eca>

B. Objectifs du cours

A la fin de ce cours, vous aurez développé diverses compétences :

1. Engagement dans une **démarche d'auto-apprentissage (AA)** via :
 - L'identification de vos besoins éducatifs dans un monde en perpétuel changement, en identifiant vos forces et vos faiblesses,
 - L'utilisation de différentes ressources pédagogiques,
 - La planification du travail à accomplir et la gestion du cours en mode projet en respectant les échéances fixées,
 - Une étude autonome visant à résoudre des problèmes concrets,

2. Démontrer une **maitrise du contenu (MC)** en appliquant correctement les outils de la physique mathématique :
 - En respectant la **rigueur mathématique**,
 - En démontrant une maitrise du **sens physique**,
 - En développant votre capacité de **modélisation** via le développement d'une pensée critique face à un problème, l'évaluation de son exactitude ainsi que l'explication des hypothèses faites face à la résolution d'un problème.

3. S'engager dans un **travail d'équipe (TE)** productif en contribuant activement aux discussions de l'équipe.
4. Développer ses capacités en **communication efficace** afin de formuler ses idées ou concepts étudiés en utilisant des moyens de communication écrits, oraux, visuels, graphiques ou numériques.
5. Démontrer une **attitude professionnelle (P)** par un comportement respectueux envers ses collègues et l'équipe pédagogique, une ponctualité exemplaire, une participation active aux activités en classe et conforme aux standards éthiques acceptés.

C. Logistique

1. Prérequis

Le cours de *Physique Mathématique* [SPHYB210] a comme prérequis les cours suivants :

- *Analyse réelle I* [SMATB103],
- *Analyse réelle II* [SMATB102],
- *Algèbre linéaire I* [SMATB101],
- *Algèbre et géométrie analytique* [SMATB107],
- *Equations différentielles ordinaires* [SMATB108],
- *Physique générale : Electricité* [SPHYB126],

ainsi qu'en corequis le cours *Analyse complexe* [SMATB203].

2. *Date et lieu des activités*

Le cours aura lieu en BN02, les

- Lundi de 10h40 à 12h40
- Mardi de 08h30 à 10h30
- Vendredi de 14h à 16h (une semaine sur deux)

Les séances de travaux dirigés numériques sont prévues au pool.

+ Voir document « *Agenda du cours* »

3. *Syllabus*

Le syllabus du cours est disponible sur le site Webcampus lié au cours. Une version électronique du syllabus, divisée selon les trois parcours pédagogiques, se trouve sur la plateforme sociale et collaborative *Perusall* (<https://perusall.com/>). Les parties du syllabus seront uploadées progressivement.

Afin d'utiliser correctement Perusall,

- I. Rendez-vous sur <https://app.perusall.com/accounts/register> et connectez-vous soit via un réseau social ou en créant un compte à partir d'une de vos adresses emails.
- II. Sélectionnez « *Create or enroll in a course* ».
- III. Sélectionnez « *Je suis un étudiant* » et entrez le code d'accès **MLOBET-FY28J**.

Vous avez dès lors accès au cours **SPHY B210**. Sur le menu de gauche, vous aurez la possibilité de naviguer entre :

- *Course home* : la page d'accueil du cours. C'est dans la partie supérieure de cette page que vous pourrez consulter les documents du cours, par exemple les différentes parties du syllabus, ainsi que les travaux qu'il vous faut accomplir.
- *My scores* : la page où apparaîtra les notes des travaux déjà accomplis.

- *Notifications* : là où apparaîtront les notifications si quelqu'un répond à une question que vous auriez posé dans les documents ou si quelqu'un vous identifie dans un commentaire (possible à l'aide de la mention @).
- *Annotations* : une page où vous pouvez laisser des notes pour vous-même ainsi que les télécharger ou les partager.
- *Add to my calendar* : une page vous permettant de synchroniser le calendrier de Perusall avec une autre application de calendrier ainsi que les instructions pour y parvenir (en anglais mais si vous avez besoin d'aide pour y parvenir, vous pouvez nous contacter).
- *Unenroll from course* : vous permet de vous désinscrire du cours.
- *Chats* : ceci est une section regroupant les différents chats auxquels vous participez. Ces chats sont eux-mêmes regroupés en deux sections : « *Groups* » pour les conversations regroupant plus de deux personnes et « *One-on-One* » pour les conversations entre vous et une autre personne uniquement. Ces chats sont totalement privés et seules les personnes explicitement invitées peuvent en voir le contenu. Pour créer un nouveau chat, cliquez sur le + grisé à droite de « *Groups* » ou « *One-on-One* ». Pour participez à un chat, cliquez sur son nom puis sur le bouton « + *New conversation* ». Si vous souhaitez recevoir une notification quand de nouvelles conversations sont créées dans un chat, allez tout d'abord sur le chat en question puis cochez la case « *Notify me when new conversations are started in this group chat* »
- *Hashtags* : une section qui vous permet de rechercher directement tous les commentaires ou questions faisant mention à un #. Il est possible de créer un nouvel hashtag en cliquant sur le + grisé à côté du nom de la section.

Cliquer sur le logo reprenant vos initiales en haut à droite vous permet d'accéder aux réglages plus classiques tels que : éditer son profil, changer son mot de passe et se déconnecter.

4. Technologie

Bienvenue dans un enseignement résolument tourné vers le XXI^e siècle. Vous aurez donc besoin d'un ordinateur ou d'une tablette pour ce cours. Tout d'abord, vous aurez besoin de vous connecter au Webcampus du cours ou encore à la plateforme *Perusall*. Ensuite, une série d'activités d'apprentissage nécessitent un appareil capable de se connecter à Internet pour utiliser des outils de questions/réponses. Pensez donc à apporter votre appareil et son chargeur pour chaque activité en classe. Vous pouvez éventuellement utiliser un smartphone, mais vous risquerez assez vite d'être limité. Si vous ne disposez pas d'un appareil adéquat, n'hésitez pas à nous contacter et nous chercherons une solution pratique avec vous.

Vous aurez également besoin d'un logiciel de programmation tel que Matlab ou Octave (<https://www.gnu.org/software/octave/>).

5. Obtenir de l'aide

Vu que ce cours n'est pas un cours classique, nous prenons le temps pour être à votre disposition, à la fois pendant les classes ou en dehors. N'hésitez jamais à nous contacter en cas

de besoin avec nos coordonnées postées plus haut, et n'oubliez pas que vous ne nous dérangez pas ! Nous essayerons de vous trouver un rendez-vous au moment le plus opportun.

Par ailleurs, vous et votre équipe aurez un *mentor* qui vous sera attribué tout au long de chaque parcours pédagogique. Cette personne est le membre de l'équipe pédagogique de référence pour votre groupe, qui vous aidera avec tous les aspects relatifs au cours.

D. Activités d'apprentissage

Nous vous rappelons que nous ne vous donnerons pas de cours magistral durant ces séances. A la place, vous aurez l'opportunité de travailler en équipes tout au long de *trois parcours pédagogiques*, couvrant plusieurs chapitres du syllabus. Les activités d'apprentissage sont conçues pour vous aider à maîtriser les outils clés de la physique mathématique. Le détail de ces activités vous est présenté ci-dessous et le document « *Mode d'emploi rapide de SPHY B210* » résume ces activités. Les lettres **AA**, **MC**, **TE** et **P** correspondent à Apprentissage Autonome, Maîtrise du Contenu, Travail d'Equipe et Professionnalisme, compétences développées durant ces activités d'apprentissages et dont l'évaluation est décrite au point « *Evaluation* » plus bas.

1. Perusall : lecture

But : Se familiariser avec le contenu du cours afin de réserver le temps passé en classe pour réaliser des activités qui aident à améliorer la compréhension et approfondir les concepts.

A faire : Lire les chapitres correspondant au calendrier du cours et noter vos questions, commentaires, réponses aux questions de vos collègues dans le logiciel Perusall.

Evaluation : Vos annotations seront évaluées sur leur qualité, leur quantité, leur répartition au travers du parcours pédagogique, la répartition de l'effort et leur ponctualité. Voir la section *Evaluation* pour plus de détails. (**AA, TE,P**)

La première phase d'apprentissage se déroule en amont de la classe afin de libérer le temps présentiel pour ce qui compte réellement : la compréhension des concepts. Vu qu'il n'y a pas de cours magistral, vous êtes responsables d'effectuer une première approche autonome des outils mathématiques et concepts physiques exposés dans le cours de *Physique Mathématique*. Cela se réalise par une *lecture active* du syllabus avant d'arriver en classe. L'agenda du cours vous indique les échéances à respecter ainsi que la matière abordée. Vous êtes libres d'étudier à l'avance, mais l'agenda du cours permet que vous arriviez préparés pour les activités se déroulant en classe.

Un petit conseil : lorsque l'on dit « lire », on ne veut pas dire juste scanner le texte. Comprenez-le. Etudiez-le. Apprenez-le. Prenez le contrôle sur votre connaissance. A l'extrême, nous ne vous demandons pas non plus de l'étudier jusqu'à ce que vous maîtrisiez chaque petit détail.

Les activités d'apprentissage successives sont prévues pour renforcer votre compréhension des concepts importants et leur mise en pratique. Et nous ne vous demanderons certainement pas de mémoriser par cœur quoi que ce soit puisque nous ne vous empêcherons jamais d'avoir accès à votre syllabus ou même à Internet. L'objectif de cette 1^e activité pédagogique est que vous acquériez suffisamment de connaissances pour être capable de participer de façon active aux autres activités.

Nous vous encourageons également à vous aider les uns les autres afin d'apprendre en profondeur le contenu du cours. Consultez les membres de votre équipe et votre mentor si besoin. Annotez le texte dans *Perusall* afin d'interagir de manière asynchrone avec vos collègues et obtenez de l'aide quand ils ne sont pas à proximité. Annoter le texte va à la fois vous aider et nous aider.

En effet, premièrement, vous allez vous exercer à découvrir du contenu technique nouveau via un ouvrage de référence. Deuxièmement, en lisant avec attention, vous vous appropriez la maîtrise du contenu. Enfin, troisièmement, vos annotations vont nous permettre d'ajuster au mieux les activités d'apprentissage afin de vous aider dans votre progression de la maîtrise du contenu.

2. *Check-up*

But : Vérifier la maîtrise des contenus.

A faire : Préparer ses questions à l'avance via *Perusall* et participation active en classe.

Evaluation : Votre participation active et votre professionnalisme seront évalués. Voir la section *Evaluation* pour plus de détails. (**TE, P**)

À la suite de la première phase de lecture active via le logiciel *Perusall*, des points de matière plus techniques ou des passages/concepts compliqués peuvent apparaître. Cette activité d'apprentissage dite de « **Check-up** » permet de partir de vos questions et discussions de l'activité *Perusall* et d'y répondre ensemble en classe.

Comme vous l'aurez compris, votre participation est essentielle : la durée de la séance sera donc variable en fonction de votre questionnement.

3. *Learning catalytics*

But : Tester et approfondir la maîtrise des contenus.

A faire : Apporter son objet connecté, répondre aux questions posées en groupe.

Evaluation : Bien que vos performances à ces questions puissent être enregistrées, l'exactitude de vos réponses ne sera pas évaluée. Votre participation active aux activités du groupe sera en revanche évaluée à la fois par le staff pédagogique et par les membres de votre groupe. Voir la section *Evaluation* pour plus de détails. (**TE, P**)

Durant cette activité d'apprentissage, l'enseignant vous posera des questions courtes ou des petits exercices à résoudre. Tout d'abord, vous y répondrez individuellement, soit en encodant la bonne réponse sur votre ordinateur, soit en résolvant l'exercice sur papier. La deuxième phase consiste en une discussion avec les membres de votre groupe pour répondre aux mêmes questions. S'il reste des difficultés, les membres du staff pédagogique seront là pour vous aiguiller.

4. Travaux dirigés

But : Apprendre à modéliser et mettre en équations un problème physique, surmonter des difficultés conceptuelles du cours, développer vos capacités analytiques.

A faire : Participer activement au travail de groupe.

Evaluation : L'exactitude de vos réponses ne sera pas évaluée mais votre participation active aux activités du groupe sera en revanche comptabilisée à la fois par le staff pédagogique et les membres de votre groupe. Voir la section *Evaluation* pour plus de détails. **(TE, P)**

Durant cette activité d'apprentissage, vous serez confrontés avec les membres de votre équipe à une situation problème. Vous devrez la modéliser et la mettre en équation. Ensuite, vous utiliserez votre modèle pour répondre aux questions posées et évaluer les limites de ce modèle. L'équipe éducative vous aidera dans vos discussions. Vous aurez pour responsabilité de vérifier que vous avez bien compris toutes les étapes de l'exercice proposé avant la fin de l'activité pédagogique.

5. Travaux dirigés numériques

But : Apprendre à modéliser et mettre en équations un problème physique, approfondir des notions clés du cours, développer vos capacités numériques.

A faire : Participer activement à l'activité.

Evaluation : Votre participation active à l'activité sera évaluée ainsi que la remise du code et des résultats demandés. **(AA, MC, P)**

Cette activité numérique vous permettra de vous familiariser avec les outils de la physique mathématique d'un point de vue pratico-pratique. Vous serez confrontés aux exercices numériques principalement seuls, même si vous aurez l'occasion de discuter avec les membres de votre équipe et du staff pédagogique. Cette activité est une étape dans votre maîtrise des connaissances, en autonomie. Nous vous demanderons donc de d'abord réfléchir seul avant de faire appel à l'équipe. Vous exercerez également vos compétences d'analyse, de modélisation et de résolution de problèmes.

Ces séances de travaux dirigés numériques se passeront au pool où le logiciel Matlab est installé.

6. Devoir

But : Développer vos compétences en résolution de problèmes et en modélisation, juger de votre niveau de maîtrise du contenu du cours.

A faire : *Avant l'activité en classe :* résoudre tous les problèmes posés, faire son maximum et suivre les instructions posées dans les problèmes. *En classe :* travailler en équipe afin de corriger votre solution initiale, résoudre vos difficultés conceptuelles et identifier les points de matière à revoir individuellement.

Evaluation : Votre travail est évalué sur l'effort que vous mettrez dans la résolution des problèmes. Vous devrez suivre une méthode particulière (voir document *Résolution des devoirs*). Vous serez noté sur le bon respect de ces consignes ainsi que sur votre participation à l'activité en classe, à la fois par le staff pédagogique et vos collègues de groupe. (**AA, MC, TE, P**)

La résolution de problèmes, avec une bonne maîtrise des outils de la physique mathématique ainsi qu'une interprétation correcte des résultats est un objectif important de ce cours. Une bonne résolution d'un problème comporte plusieurs étapes :

1. Identifier la problématique, la schématiser et poser des hypothèses pour la résolution ;
2. Découper le problème en petites parties plus faciles à traiter ;
3. Résoudre le problème suivant le plan établi ;
4. Vérifier la solution proposée en justifiant sa vraisemblance, en évaluant ses cas limites ou particuliers, en mettant en perspective la solution par rapport au problème global, en comparant la solution trouvée avec d'autres situations ou problèmes connus, en vérifiant les unités et les dimensions de la solution, en vérifiant l'ordre de grandeur de la solution finale...

Vous exercerez ces différentes étapes sur le problème posé. L'activité d'apprentissage se déroule en deux phases :

1. Vous travaillez d'abord sur le devoir **SEUL**, avant d'arriver en classe (en couleur noire ou bleue si vous utilisez une version papier, en laissant suffisamment d'espaces). Vous donnez le meilleur de vous-même pour résoudre le problème avec les différentes étapes expliquées ci-dessus. Vous devrez poster la version 1.0 de votre devoir sur Webcampus en temps et en heure.
2. Vous travaillez ensuite en équipe sur le même problème. Vous corrigez alors votre travail en rouge d'abord en discutant en groupe, ensuite en comparant avec la solution fournie par le staff pédagogique. Vous devrez évaluer votre propre niveau de compréhension et identifier les points de blocage. Cette étape vous permettra de remédier à vos lacunes individuelles éventuelles.

Vous devrez traiter le problème comme un examen à cours ouvert, à domicile. Vous ne serez pas évalué sur l'exactitude de votre réponse mais l'on jugera :

- L'effort que vous avez réalisé avant la classe en suivant les différentes étapes de résolution,
- L'évaluation correcte de votre niveau de compréhension.

Il est bon de noter que compléter en classe la partie individuelle (qui devait être faite avant la classe) sera considéré comme malhonnête. Votre note de professionnalisme sera dès lors affectée.

7. Questions-réponses

But : Développer votre capacité à communiquer par rapport à un point de matière ponctuel et technique, savoir expliquer oralement un concept de physique mathématique, comprendre la matière en profondeur.

A faire : Poser des questions, écouter la réponse, guider- réexpliquer ou répondre à la question posée.

Evaluation : Vous serez noté sur votre participation à l'activité en classe, à la fois par le staff pédagogique et vos collègues de groupe. (**TE, P**)

Après avoir passé plusieurs semaines à vous approprier la matière du parcours pédagogique, cette activité d'apprentissage sert de dernière vérification avant le test. Nous vous fournirons une liste de questions qui seraient susceptibles d'être posées au test de fin de parcours pédagogique (phase 2, partie orale). Cette activité se présentera en binôme au sein du groupe : l'un posera la question et jouera le rôle du professeur, l'autre répondra à la question et jouera le rôle de l'élève. Le professeur aura son cours et ses notes à disposition et pourra guider son élève si nécessaire. Ensuite, à la fin de la réponse à la question, les rôles s'inverseront. Le staff pédagogique sera également disponible pour éclaircir les éventuels points obscurs. Cette activité permet de vérifier les acquis et la maîtrise de la matière avant le test de fin de parcours pédagogique.

8. Test de fin de parcours pédagogique

But : Développer votre capacité à vous exprimer par rapport à un point de matière ponctuel et technique, savoir expliquer un concept de physique mathématique, vérifier la maîtrise des outils de la physique mathématique.

A faire : Apporter son objet connecté, répondre aux questions posées d'abord seul puis en groupe dans la phase 1 et puis répondre aux questions orales dans la phase 2.

Evaluation : Votre note au test est composée de votre score individuel et de groupe de la phase 1 ainsi que de votre note de réponse à la question orale de la phase 2. (**AA, MC, TE, P**)

Ce test de fin de parcours pédagogique permet de vérifier que vous maîtrisez bien les concepts étudiés tout au long du parcours. Il se déroulera en deux phases :

Phase 1 : Résolution de petites questions (comme lors de l'activité de Learning Catalytics)

Phase 1a (25%) : vous aurez plusieurs petites questions auxquelles vous devrez répondre individuellement, avec votre objet connecté.

Phase 1b (25%) : nous vous reposerons les mêmes questions avec un questionnaire papier, mais cette fois, vous devez vous concerter en équipe et fournir une réponse commune.

Phase 2 : Réponse aux questions orales (50%)

Un membre de l'équipe éducative vous posera une question tirée au sort parmi la liste des questions données pendant l'activité 7 « Questions-réponses ». Vous expliquerez alors le concept de physique mathématique associé lors d'une courte discussion.

E. Travail d'équipe

Le travail d'une équipe efficace est significativement plus important que la somme des efforts individuels menés par les différents membres. Une équipe peut dès lors s'attaquer à des problèmes plus ambitieux que si les individus travaillaient séparément. Dans un milieu professionnel, le travail d'équipe est quotidien. Ce travail d'équipe occupe donc une place centrale dans le cours SPHY B210. Vous développerez vos compétences collaboratives afin de maximiser votre apprentissage des outils de la physique mathématique. Comme dans un milieu professionnel, trois caractéristiques importantes vont affecter la productivité et le succès d'une équipe : vos efforts individuels, les efforts des personnes dont vous dépendez et la façon dont vous allez travailler ensemble.

Tout au long du quadrimestre, vous travaillerez en étroite collaboration avec quatre ou cinq collègues de classe que vous ne connaissiez peut-être pas (bien) à la base. Ces équipes changeront à la fin de chaque parcours pédagogique. Cela vous permettra de mieux connaître plusieurs membres de votre classe et de développer des compétences interpersonnelles importantes dans le milieu professionnel où vous serez confrontés à l'obligation de travailler avec un ensemble de personnes aux personnalités diversifiées.

Les activités pédagogiques sont conçues de telle sorte qu'elles favorisent le travail d'équipe et la collaboration. Il y a très souvent une partie individuelle et une partie collective. Pour bien réussir ce cours, vous devez donc vous investir de votre mieux dans ces différentes parties.

Les recherches sur le travail en équipe suggèrent les bonnes pratiques suivantes :

- Venez en classe préparés ;
- Participez activement et contribuez à toutes les activités pédagogiques en tant qu'équipe ;
- Soyez prêts à échanger avec les membres de votre groupe à propos de l'approche que vous avez choisi personnellement, pourquoi vous avez choisi cette approche là et votre propre confiance dans l'approche choisie ;
- Soyez respectueux, écoutez les points de vue différents de vos collègues ;
- Concertez-vous et échangez le temps nécessaire.

Il est important de donner un feedback constructif aux personnes qui ont véritablement travaillé dur pour le bien de l'équipe ou de faire des suggestions aux membres qui ne semblent pas avoir travaillé efficacement au travail d'équipe. Pour cette raison, à la fin de chaque parcours pédagogique, vous juger de la contribution des autres membres de votre groupe aux activités pédagogiques, suivant une grille prédéfinie.

Les critères sont les suivants :

- Préparation : votre collègue est-il venu suffisamment préparé en classe ?
- Contribution : votre collègue a-t-il contribué constructivement au travail de groupe et aux discussions ?
- Respect : votre collègue s'est-il montré respectueux des idées différentes des siennes ?
- Flexibilité : votre collègue s'est-il montré flexible lorsqu'il y avait des désaccords au sein de l'équipe ?

F. Evaluation

Comme annoncé précédemment, il n'y aura pas d'examen en session pour ce cours. Par contre, l'ensemble des activités d'apprentissage (numérotées de 1 à 8), renouvelées lors de trois parcours pédagogiques différents, entre en compte lors du calcul de la note finale. C'est donc une évaluation continue.

Les compétences décrites dans les objectifs du cours et travaillées lors des activités d'apprentissage sont évaluées dans la note finale suivant la pondération suivante :

<i>Compétence</i>	<i>Pondération</i>	<i>Activités</i>
<i>Apprentissage autonome</i>	20%	1/5/6
<i>Maitrise du contenu :</i> - Rigueur mathématique - Sens physique - Modélisation	50%	5/6/8
<i>Travail d'équipe</i>	20%	1-8
<i>Professionalisme :</i> - Participation - Ponctualité - Ethique	10%	1-8

Détail :

- *Apprentissage autonome (AA)*

- Annotations dans *Perusall* (1) : Vos annotations seront évaluées sur leur qualité, leur quantité, leur répartition au sein du parcours pédagogique, votre répartition de l'effort et leur ponctualité. Par ponctualité, on entend le respect de l'échéance fixée pour la remise des annotations sur *Perusall*. Concernant la « répartition de l'effort », on considère que vous apprenez mieux si vous saucissonnez votre apprentissage en plusieurs petits blocs plutôt qu'une lecture en un seul coup.
 - Capacité à s'attaquer de façon autonome à la résolution d'un problème (5/6). Nous vérifierons que vous avez bien fournis les résultats attendus et le code développé lors des TDs numériques (5) et que vous avez bien réalisé la partie individuelle des devoirs (6).
- *Maitrise du contenu (MC)*
- La vérification de la bonne interprétation/compréhension lors des TDs numériques (5)
 - La vérification de la compréhension lors des devoirs (6)
 - Le test de fin de parcours pédagogique (8)
- *Travail d'équipe (TE)* : cette partie est jugée par vos pairs, membres de votre groupe suivant une grille bien spécifique (Voir document « *Grille d'évaluation par les pairs* »).
- *Professionnalisme (P)* :
- Votre participation aux activités pédagogiques (1-8) est évaluée par les membres de votre groupe ainsi que par votre mentor ;
 - Votre ponctualité se vérifie via la remise des documents attendus en temps et en heure (1,5,6) suivant l'agenda du cours ;
 - Votre respect des standards éthiques classiques repris dans le règlement des études et des évaluations de l'université.

Pour bien commencer le cours *SPHYB210 Physique mathématique* :

1. Créez un compte étudiant sur Perusall
2. Connectez-vous sur Perusall et entrez le code d'accès **MLOBET-FY28J**
3. Dans Perusall, annotez les chapitres 1 et 2 pour le 25/09.

Annexe 2. Prompts demandés à Chat-GPT et Writesonic

Prompts Chat-GPT (Model GPT 3-5), émis le 13/04/23

- Bonjour. Pourrais-tu me décrire, de manière académique, ce que sont les méthodes de pédagogie active?

- Bonjour! Les méthodes de pédagogie active sont un ensemble de stratégies et de pratiques éducatives qui mettent l'accent sur l'implication et la participation active des apprenants dans le processus d'apprentissage. Au lieu de se concentrer sur **l'enseignement direct** de l'enseignant, ces méthodes visent à créer des environnements **d'apprentissage interactifs et collaboratifs** qui permettent aux apprenants de construire leur propre compréhension des concepts et des sujets étudiés.

Les méthodes de pédagogie active incluent une variété de techniques et d'approches, telles que les discussions en groupe, les projets de recherche, les simulations, les jeux de rôle, les études de cas, les activités pratiques et les exercices d'autoévaluation. Elles cherchent à ***stimuler l'engagement des apprenants en les impliquant activement dans leur propre apprentissage et en les encourageant à participer à des activités qui leur permettent de découvrir, d'explorer et de créer de manière autonome.***

Les avantages des méthodes de pédagogie active comprennent l'amélioration de la rétention et de la compréhension des informations, l'augmentation de la motivation et de l'implication des apprenants, et le développement de compétences telles que la pensée critique, la résolution de problèmes et la collaboration. Les enseignants peuvent utiliser ces méthodes dans une variété de contextes éducatifs, des écoles primaires et secondaires aux universités et aux formations professionnelles.

En somme, les méthodes de pédagogie active mettent l'accent sur la participation active des apprenants dans leur propre apprentissage, en créant des environnements d'apprentissage interactifs et collaboratifs qui encouragent les apprenants à construire leur propre compréhension des concepts et des sujets étudiés.

- Merci, c'est très intéressant. Tu sembles opposer "enseignement direct" et ces méthodes qui "créent des environnements d'apprentissage interactifs et collaboratifs qui permettent aux apprenants de construire leur propre compréhension des concepts et des sujets étudiés". Pourrais-tu développer ? Qu'entends-tu par enseignement direct ? Ils ne favorisent pas la compréhension des concepts ?

- Je m'excuse si ma réponse précédente a pu donner l'impression que les méthodes de pédagogie active sont opposées à l'enseignement direct. En réalité, il existe de nombreuses approches pédagogiques différentes qui peuvent être utilisées pour soutenir l'apprentissage des élèves, et l'enseignement direct peut être un élément important de l'enseignement.

L'enseignement direct se réfère à une méthode d'enseignement dans laquelle l'enseignant transmet des informations ou des compétences à l'élève de manière explicite, en utilisant des techniques telles

que la lecture de textes, la présentation orale, la démonstration ou la modélisation. Cette méthode est souvent utilisée pour introduire de nouveaux concepts ou compétences et pour fournir des informations de base sur un sujet.

Les méthodes de pédagogie active ne sont pas nécessairement en opposition à l'enseignement direct, mais elles peuvent compléter cette méthode en créant des environnements d'apprentissage interactifs et collaboratifs qui permettent aux apprenants de construire leur propre compréhension des concepts et des sujets étudiés. Ces méthodes encouragent les élèves à participer activement à leur propre apprentissage, à poser des questions, à collaborer avec leurs pairs et à appliquer les concepts appris à des situations réelles.

Les méthodes de pédagogie active peuvent également favoriser la compréhension des concepts en fournissant aux élèves des opportunités de réflexion critique, de résolution de problèmes et d'application des connaissances dans des contextes pratiques. Ces méthodes peuvent également aider les élèves à développer des compétences telles que la communication, la collaboration et l'autonomie.

En résumé, l'enseignement direct et les méthodes de pédagogie active peuvent être utilisés ensemble pour soutenir l'apprentissage des élèves. L'enseignement direct peut être utile pour introduire de nouveaux concepts ou compétences, tandis que les méthodes de pédagogie active peuvent aider les élèves à construire leur propre compréhension des concepts et à développer des compétences pratiques.

- Ok, merci pour la clarification. Peux-tu me donner quelques pistes concrètes, quelques exemples d'implémentation de pédagogie active dans un cours ? Si je devais implémenter de la pédagogie active dans ma classe, comment dois-je m'y prendre ?

- Bien sûr, voici quelques exemples concrets d'implémentation de la pédagogie active dans un cours :

1. Discussions en groupe : Divisez les élèves en petits groupes et donnez-leur un sujet à discuter ou un problème à résoudre en équipe. Encouragez-les à partager leurs idées, à écouter les autres, et à travailler ensemble pour trouver une solution.
2. Projets de recherche : Demandez aux élèves de travailler sur un projet de recherche individuel ou en groupe, en leur donnant la liberté de choisir un sujet qui les intéresse. Encouragez-les à chercher des informations auprès de différentes sources et à utiliser des méthodes de recherche créatives pour présenter leurs résultats.
3. Simulations : Utilisez des jeux de rôle ou des simulations pour immerger les élèves dans une situation réelle, en leur donnant des rôles spécifiques à jouer et des problèmes à résoudre. Cela peut aider les élèves à comprendre comment les concepts théoriques s'appliquent dans la pratique.
4. Études de cas : Utilisez des études de cas réels pour aider les élèves à appliquer les concepts théoriques à des situations réelles. Encouragez-les à travailler en équipe pour identifier les problèmes, à proposer des solutions, et à discuter des implications éthiques et sociales de leurs décisions.
5. Activités pratiques : Utilisez des activités pratiques telles que des expériences scientifiques, des projets artistiques, des travaux manuels, ou des jeux interactifs pour aider les élèves à

appliquer les concepts appris en classe. Encouragez-les à expérimenter, à échouer, et à apprendre de leurs erreurs.

Pour implémenter de la pédagogie active dans votre classe, voici quelques conseils :

1. Commencez petit : Commencez par intégrer quelques activités de pédagogie active dans votre enseignement, puis ajoutez-en progressivement davantage au fur et à mesure que vous vous sentez plus à l'aise avec les techniques.
2. Établissez des règles claires : Donnez des instructions claires aux élèves sur ce que vous attendez d'eux, et expliquez comment les activités de pédagogie active seront évaluées. Assurez-vous que les élèves comprennent les objectifs pédagogiques de l'activité.
3. Encouragez la participation active : Encouragez les élèves à poser des questions, à partager leurs idées, et à travailler en équipe. Évitez de monopoliser la discussion ou de donner des réponses directes aux questions.
4. Soyez flexible : Soyez prêt à ajuster vos plans en fonction des besoins des élèves et des situations imprévues qui peuvent survenir.

En résumé, la pédagogie active peut être mise en œuvre de différentes manières, en fonction des besoins et des intérêts des élèves. Il est important de commencer petit, d'établir des règles claires, d'encourager la participation active et d'être flexible dans votre approche.

- Merci pour ces bons conseils et ces exemples pertinents. Pourrais-tu me donner des sources pour les exemples que tu cites ? Si je souhaite aller plus loin, quelles ressources ou quels auteurs puis-je consulter par rapport à ces exemples ?

- Certainement, voici quelques sources pour vous aider à en savoir plus sur les exemples d'implémentation de la pédagogie active que j'ai mentionnés :

1. Discussions en groupe : "Collaborative Learning: Group Work and Study Teams" de Barbara Gross Davis (University of California, Berkeley) est une référence classique sur la mise en place de discussions en groupe en classe. [OK, existe citée 184x]
2. Projets de recherche : "Project-Based Learning Handbook" de John Larmer, John R. Mergendoller, et Suzie Boss est un guide pratique pour la mise en place de projets de recherche en classe. [OK, existe citée 1631x]
3. Simulations : "Teaching with Simulations" de David H. Jonassen (University of Missouri) propose une approche théorique et pratique pour l'utilisation de simulations dans l'enseignement. [Référence inconnue, même si l'auteur existe et travaille dans le domaine de l'éducation]
4. Études de cas : "The Case Method in Education" de William Ellet (Harvard Business School) explique comment utiliser les études de cas pour l'enseignement dans différents domaines [La citation exacte n'existe pas, mais l'auteur a bien écrit un bouquin sur l'étude de cas aux Harvard Business Review Press cité 704x]
5. Activités pratiques : "The Power of Experiential Learning" de Colin Beard (Sheffield Business School) explore les avantages de l'apprentissage expérientiel et propose des exemples pratiques pour sa mise en place [Ok, référence existe mais pas complète, livre cité 589x].

En ce qui concerne les ressources supplémentaires pour la pédagogie active, voici quelques auteurs et organisations à consulter :

- Carl Rogers, un psychologue humaniste qui a développé une approche centrée sur l'apprenant en pédagogie [OK]
- Paulo Freire, un éducateur brésilien qui a proposé une approche critique de l'enseignement appelée "pédagogie de la libération" [OK]
- John Dewey, un philosophe et éducateur américain qui a promu l'apprentissage expérientiel et la réflexion sur l'action [OK]
- L'Association internationale de pédagogie active (International Association of Active Learning) [?] et le Réseau européen d'enseignement supérieur actif (European Network for Active Higher Education) [?] sont des organisations qui soutiennent la pédagogie active et fournissent des ressources et des événements pour les enseignants.

Enfin, il y a également de nombreuses ressources en ligne, telles que des blogs, des forums de discussion et des vidéos TED, qui peuvent vous aider à en savoir plus sur la pédagogie active.

- Ok d'accord, je vais vérifier tout cela. Tu parlais tout à l'heure "des avantages des méthodes de pédagogie active". Pourrais-tu les détailler d'avantage? Sont-ils prouvés scientifiquement ?

- Oui, il y a plusieurs avantages avancés pour l'utilisation des méthodes de pédagogie active, et de nombreuses études ont en effet montré qu'elles sont bénéfiques pour l'apprentissage.

Voici quelques avantages courants :

1. Amélioration de la compréhension des concepts : Les méthodes de pédagogie active favorisent l'engagement actif de l'apprenant dans le processus d'apprentissage, ce qui peut aider à renforcer la compréhension des concepts.
2. Développement de compétences transversales : Les méthodes de pédagogie active encouragent la collaboration, la communication, la résolution de problèmes, l'analyse critique et la créativité, qui sont toutes des compétences transversales importantes pour la réussite professionnelle et personnelle.
3. Stimuler l'intérêt et la motivation : Les méthodes de pédagogie active sont souvent plus stimulantes et interactives que les méthodes traditionnelles d'enseignement, ce qui peut aider à maintenir l'intérêt et la motivation des apprenants.
4. Apprentissage autonome : Les méthodes de pédagogie active donnent aux apprenants un certain degré de contrôle sur leur propre apprentissage, ce qui peut les aider à développer des compétences en matière d'apprentissage autonome.
5. Mémorisation et rétention : Les méthodes de pédagogie active peuvent aider à renforcer la mémorisation et la rétention de l'information en offrant des occasions de pratique et de répétition, ainsi qu'en utilisant des techniques de rappel.

Il convient de noter que les avantages de la pédagogie active sont souvent basés sur des preuves empiriques, avec de nombreuses études de recherche montrant une amélioration significative des résultats d'apprentissage par rapport aux méthodes traditionnelles d'enseignement. Par exemple, une

étude de 2014 publiée dans le Journal of Educational Psychology a montré que l'apprentissage collaboratif avait des effets positifs sur la performance des étudiants en mathématiques.

Cependant, il est également important de noter que la pédagogie active ne convient pas à tous les sujets d'apprentissage ou à tous les apprenants. Les enseignants doivent prendre en compte les besoins et les préférences individuels des apprenants, ainsi que les objectifs d'apprentissage spécifiques de leur cours, lorsqu'ils décident d'utiliser des méthodes de pédagogie active.

- Merci. Pourrais-tu me donner la référence complète de cette étude de 2014 dont tu me parles? Concernant le point 5 dont tu parles ci-dessus, as-tu des données chiffrées scientifiquement pour appuyer ton propos?

Bien sûr, voici la référence complète de l'étude de 2014 que j'ai mentionnée :

Cai, Z., Wang, C., & Zhu, E. (2014). The effectiveness of collaborative learning for math achievement: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(2), 385-399. → [n'existe pas → je ne traite pas ces informations par conséquent]

En ce qui concerne le point 5, il y a effectivement des données scientifiques qui suggèrent que les méthodes de pédagogie active peuvent aider à renforcer la mémorisation et la rétention de l'information. Par exemple, une étude de 2013 publiée dans la revue *Memory* a montré que la pratique active de la récupération (c'est-à-dire, récupérer de l'information de la mémoire à partir de signaux de rappel, tels que des indices ou des questions) était plus efficace pour améliorer la mémoire à long terme que la simple relecture de l'information.

De plus, une étude de 2011 publiée dans le *Journal of Educational Psychology* a montré que la pratique de la récupération avait des effets positifs sur la rétention à long terme de l'information, même lorsque les participants ne recevaient pas de commentaires sur leur performance.

Il convient toutefois de noter que ces résultats ne sont pas spécifiques aux méthodes de pédagogie active en elles-mêmes, mais plutôt à des techniques d'apprentissage spécifiques telles que la récupération active. Les méthodes de pédagogie active peuvent offrir des occasions de pratique et de répétition qui peuvent faciliter l'utilisation de ces techniques d'apprentissage efficaces.

- La référence Cai, Z., Wang, C., & Zhu, E. (2014). The effectiveness of collaborative learning for math achievement: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 106(2), 385-399 n'existe pas d'après Google.

- Je suis désolé pour cette erreur, il semble que j'ai commis une faute de frappe dans la référence que j'ai fournie. La référence exacte est la suivante :

Cai, Z., Wang, C., & Zhu, E. (2015). The effectiveness of collaborative learning for math achievement: a meta-analysis. *Educational Research Review*, 16, 46-58. [Cette référence n'existe pas non plus].

Je vous prie de m'excuser pour la confusion.

- Merci, je vais réfléchir à tout ça.

- De rien, n'hésitez pas à me poser d'autres questions si vous en avez besoin. Bonne réflexion !

Prompts Chat-GPT (Model GPT 3-5), émis le 14/04/23

- Bonjour. Merci pour ces discussions d'hier. Je suis en train d'écrire mon mémoire de master en pédagogie universitaire sur le sujet des méthodes de pédagogie active. Pourrais-tu me donner un plan pour le cadre théorique de référence ? Celui-ci inclurait certains éléments dont nous avons discuté hier.

- Bien sûr, je serais ravi de vous aider à élaborer un cadre théorique pour votre mémoire de master en pédagogie universitaire. Voici un plan de base pour votre cadre théorique :

I. Introduction

A. Présentation de la problématique

B. Justification de l'étude

C. Objectifs de l'étude

D. Plan de la dissertation

II. Les bases théoriques de la pédagogie active

A. Définition de la pédagogie active

B. Les fondements théoriques de la pédagogie active

1. Constructivisme

2. Théorie de l'apprentissage social

3. Théorie de l'apprentissage expérientiel

4. Théorie de la cognition située

C. Les caractéristiques de la pédagogie active

1. Interaction et collaboration

2. Apprentissage expérientiel

3. Rôle de l'enseignant et de l'apprenant

4. Importance de la rétroaction

III. Les avantages des méthodes de pédagogie active

A. Résultats de la recherche sur les avantages de la pédagogie active

B. Avantages pour les apprenants

1. Meilleure compréhension et mémorisation des concepts
2. Développement de compétences de pensée critique et de résolution de problèmes
3. Engagement et motivation accrue
4. Développement de compétences sociales et de collaboration

C. Avantages pour les enseignants

1. Amélioration de la satisfaction et de la motivation de l'enseignant
2. Développement de compétences pédagogiques
3. Augmentation de la satisfaction et de la motivation des étudiants
4. Réduction des problèmes de discipline en classe

IV. Les limites et les défis de la pédagogie active

A. Limites de la recherche

B. Limites pratiques de la mise en œuvre de la pédagogie active

1. Besoins de temps et de ressources supplémentaires
2. Réaction des étudiants et des enseignants
3. Disponibilité de la technologie et de l'espace

C. Les défis à la mise en œuvre de la pédagogie active

1. La formation des enseignants
2. Les politiques institutionnelles
3. Les barrières culturelles

V. Conclusion

A. Résumé des résultats

B. Réflexions sur les implications pour la pratique

C. Suggestions pour les recherches futures

Ce plan devrait vous aider à élaborer un cadre théorique cohérent pour votre mémoire de master en pédagogie universitaire. N'hésitez pas à l'adapter en fonction de vos besoins et de la structure de votre mémoire. Bonne chance avec votre recherche !

- Pourrais-tu développer un peu sur les fondements théoriques de la pédagogie active, les point II B que tu décris ci-dessus?

- Bien sûr, je peux vous fournir plus de détails sur les fondements théoriques de la pédagogie active. Les points II B que j'ai mentionnés auparavant se concentrent sur les théories constructivistes et sociocognitives, qui sont au cœur de la pédagogie active.

Les théories constructivistes considèrent que les apprenants sont des constructeurs actifs de leur propre connaissance. Selon cette théorie, les apprenants ne peuvent pas être de simples récepteurs passifs de connaissances, mais doivent être actifs dans le processus d'apprentissage. Ils construisent leur compréhension des concepts en reliant les nouvelles informations à leurs connaissances antérieures. Les enseignants ont donc pour rôle de fournir un environnement propice à l'apprentissage, de guider les apprenants dans la construction de leur propre compréhension et de créer des activités qui encouragent les apprenants à réfléchir et à résoudre des problèmes par eux-mêmes.

Les théories sociocognitives mettent l'accent sur l'importance de l'interaction sociale dans l'apprentissage. Selon cette théorie, les interactions sociales jouent un rôle crucial dans le développement cognitif des individus. Les apprenants construisent leur compréhension des concepts à travers les interactions sociales, les échanges de points de vue, la négociation et la collaboration. Les enseignants ont donc pour rôle de favoriser les interactions sociales et de créer un environnement de collaboration.

Ces deux théories sont souvent combinées dans la pédagogie active, où les enseignants sont encouragés à créer des environnements d'apprentissage interactifs et collaboratifs qui permettent aux apprenants de construire leur propre compréhension des concepts et des sujets étudiés. Les activités d'apprentissage sont centrées sur l'apprenant, ce qui signifie que les apprenants sont encouragés à être actifs et à participer activement au processus d'apprentissage. Les enseignants ont donc un rôle de facilitateur plutôt que de transmetteur de connaissances, en créant des situations qui encouragent les apprenants à réfléchir, à résoudre des problèmes et à construire leur propre compréhension.

Prompts Writesonic (Model GPT 3.5), émis le 14/04/23 – Limité à 2500 mots

- Bonjour. Pourrais-tu me décrire, de manière académique, ce que sont les méthodes de pédagogie active?

- Bonjour. Les méthodes de pédagogie active sont des approches éducatives centrées sur l'apprenant, qui encouragent l'engagement actif et la participation de l'apprenant dans le processus d'apprentissage. Ces méthodes incluent l'apprentissage par projet, l'apprentissage coopératif, l'apprentissage par découverte et l'apprentissage par résolution de problèmes. Elles sont souvent considérées comme plus efficaces que les méthodes d'enseignement plus traditionnelles, car elles encouragent les apprenants à s'impliquer activement dans leur propre développement et à devenir des apprenants plus autonomes et plus motivés.

- Ok, merci pour la réponse. Peux-tu me donner quelques pistes concrètes, quelques exemples d'implémentation de pédagogie active dans un cours ? Si je devais implémenter de la pédagogie active dans ma classe, comment dois-je m'y prendre ?

- Bien sûr ! Pour implémenter la pédagogie active dans votre classe, vous pouvez commencer par :

7. Utiliser des projets et des activités de groupe : Encouragez vos élèves à travailler ensemble sur des projets qui les intéressent. Cela favorisera leur collaboration et leur permettra de développer des compétences sociales importantes.
8. Introduire des discussions en classe : Stimulez la réflexion et la participation en encourageant les élèves à poser des questions et à participer à des débats. Cela les aidera à développer leur pensée critique et leur expression orale.
9. Donner des tâches à résoudre en équipe : Encouragez vos élèves à travailler en équipe pour résoudre des problèmes concrets, cela les aidera à développer leurs compétences de résolution de problèmes.
10. Offrir des opportunités d'apprentissage autonome : Donnez à vos élèves des tâches autonomes qui les encouragent à explorer et à apprendre par eux-mêmes. Cela les aidera à développer leur autonomie et leur motivation.
11. Utiliser des jeux et des simulations : Utilisez des jeux et des simulations pour faciliter l'apprentissage des élèves et rendre le processus plus amusant et engageant.

En utilisant ces méthodes, vous pourrez transformer votre classe en un environnement d'apprentissage actif et participatif, qui aidera vos élèves à atteindre leur plein potentiel.

- Merci pour ces bons conseils et ces exemples pertinents. Pourrais-tu me donner des sources pour les exemples que tu cites ? Si je souhaite aller plus loin, quelles ressources ou quels auteurs puis-je consulter par rapport à ces exemples ?

Bien sûr, voici les sources que j'ai utilisées pour vous fournir ces informations:

- [1] Source : "L'enseignant est un expert et un modèle qui utilise une série d'astuces pour garder le contrôle sur les élèves. Un exemple de ceci est un..."(source non disponible).

- [2] Source : "Les neuf principes pour enseigner ces compétences : (1) rendre l'apprentissage pertinent dans le contexte global ; (2) enseigner par le biais des..." (source non disponible).
- [3] Source : "Dans cet ouvrage, les auteurs prônent les pédagogies actives comme moyen de fortifier l'autonomie des élèves, qu'elle soit morale ou affective..." (source non disponible).

Si vous souhaitez en savoir plus sur les pédagogies actives, voici quelques auteurs et ressources que vous pourriez consulter :

- Freinet, Célestin : fondateur de la pédagogie Freinet, qui met l'accent sur l'expression libre et la coopération entre élèves.
- Montessori, Maria : créatrice de la méthode Montessori, qui permet à l'enfant de devenir autonome et responsable de son apprentissage.
- Decroly, Ovide : créateur de la méthode Decroly, qui prône l'apprentissage à partir des centres d'intérêt de l'enfant.
- Perrenoud, Philippe : spécialiste de la formation des enseignants, il a développé la notion de compétences et prône une pédagogie centrée sur l'élève.
- La revue Pédagogie Collégiale : cette revue québécoise publie des articles sur les innovations pédagogiques, dont les pédagogies actives.

J'espère que cela vous sera utile !

References: [1] Les idées clés de la pédagogie traditionnelle [2] Les Apprentissages de demain 3: quel type de pédagogie ... [3] rendre l'élève acteur de ses apprentissages - Dumas

- Pourrais tu me donner les avantages de ces méthodes de pédagogie active?

- Les méthodes de pédagogie active offrent de nombreux avantages pour les apprenants, tels que la possibilité de participer activement au processus d'apprentissage, de développer des compétences de collaboration et de communication, de favoriser la créativité et la pensée critique, et de renforcer la motivation et l'estime de soi. Les enseignants peuvent également bénéficier de ces méthodes en étant en mesure de mieux suivre les progrès des élèves, de faciliter la gestion de classe, et de mettre en œuvre une approche plus personnalisée de l'enseignement. En outre, les méthodes de pédagogie active peuvent aider les élèves à mieux se préparer pour le monde réel en leur apprenant des compétences pratiques et en les encourageant à appliquer leurs connaissances dans des situations concrètes.

- Peux-tu me définir ce qu'est une théorie constructiviste?

- Bien sûr! Une théorie constructiviste est une approche de l'apprentissage qui considère que les apprenants construisent activement leur propre compréhension du monde qui les entoure à travers leur expérience et leur réflexion. Selon cette théorie, l'apprentissage n'est pas simplement une transmission de connaissances, mais plutôt une construction active de connaissances par l'apprenant. Les enseignants qui adoptent cette approche cherchent à créer des environnements d'apprentissage qui encouragent les apprenants à explorer, expérimenter et interagir avec leur environnement pour construire leur propre compréhension.

Annexe 3. Grille d'interview

Travail préliminaire à l'interview : analyse/lecture d'un dispositif de pédagogie active – une activité de pédagogie active – développée par un acteur de l'enseignement supérieur (AES), dans l'orientation A (STEM).

Conduite de l'interview/questions

a. Introduction des objectifs

Résumé de l'objectif du mémoire présenté à l'interviewé.

Partant d'un *constat d'amélioration des performances* des étudiants en utilisant les méthodes de pédagogie active [Freeman et al., 2014], ce projet de recherche a pour but d'étudier les *limites de telles méthodes*.

L'objectif est d'analyser quelques pratiques d'acteurs clés dans le domaine, pointer les failles des dispositifs précédents et d'étudier les pistes actuelles de solution.

Par ailleurs, une attention sera portée sur les blocages préalables des étudiants quant à ces pratiques et la conscience (ou non) des enseignants à cet égard.

b. Clarification du dispositif

Ce 1^e temps vise à clarifier le dispositif de pédagogie active, être sûr d'avoir bien compris les documents transmis (si présents).

S'il n'y a pas de documents préalables disponibles (non conseillé), l'AES explique son dispositif durant ce 1^e temps.

Questions typiques/possibles

- "What is the *scenario* of your activity? Could you briefly explain what you are doing in the classroom with the students?"
- "What are the students instructed to do? *What are the students doing?*"
- "What is the *timing* of your activity?"
- "Do you provide any *materials* to your students?"

c. Motivations et raisons du dispositif

Ce 2^e temps vise à mettre en lumière les motivations du dispositif et les raisons du changement de méthode.

Questions typiques/possibles

Goals

- “If I understand properly **your activity aims** at...”
- “May I clarify the **purpose of your activity**? If I had to summarize your activity with the students ...”
-

Purpose of change (compared to magistral/classic lectures)

- “**Why** did you come to have such an **activity** in your lecture?”
- “What did you **want to change** by proposing this activity to your students?”
- “What was the **trouble with the previous situation**?”

d. Perceptions des limites et failles du dispositif

Ce 3^e temps est le cœur du sujet qui nous occupe. Il vise à identifier les limites et failles du dispositif pédagogique mis en place.

Questions typiques/possibles

Goals

- “Was the developed strategy efficient?”
- “Did you reach the expected learning outcome? Can you provide a measure of this achievement?”
- “What is the impact of the new strategy? Does it have consequences on other learning goals?”
- “What are your impressions after the implementation?”

Progress of the lecture

- “Did the lecture progressed as expected?”
- “Everything went smoothly?”

Students reactions

- “How did the students react to this new activity? Were they enthusiastic /skeptical before/after the activity?”
- “Were the reactions of your students expected? Or very different?”

Students troubles

- “Did you perceive any blocking point coming from the students before or during the activity?”
- “What was the major trouble for students to perform the activity?”
- “Were there any unexpected difficulties?”

e. Pistes de solutions

Ce 4^e temps vise à évoquer des pistes de solutions face aux lacunes éventuelles perçues par les AES.

Questions typiques/possibles

- “What would be your advice to any teacher trying a similar activity in class?”
- “What would you change for next time?”
- “In an ideal world, without financial or time constraints, would your activity be different? What would be the supplementary expected outcome?”

Annexe 4. Exemples de transcription des entretiens

✓ Transcription de l'entretien avec Carl Wieman (Stanford)

Carl Wieman: Okay, so. Back to what I was talking about how I got involved in this, and so. Say it was really due to my puzzlement as to how why graduate students coming to work in my atomic physics lab how little connection there was, if anything an anti-correlation between how well they did in courses and how well they were as physicists. So that made me start to, after I saw this over and over again, it's made me start to just decide, there was a basic science question here and doing research on you know, reading the literature, reading the physics education research literature seeing the results from Eric and peer's instruction and seeing the University of Washington studies, etc. And that got me basically interested in enough in this that, then I started collecting data and some of my own courses that I was teaching and seeing you know measure that they weren't you know I tell them something and lecture and they wouldn't learn it and so you know, making it clear, there was a basic failure there. Then basically that was 35 years ago when I then had parallel research groups for some time. Bigger group doing atomic physics, but then also a smaller education and research group, and I think one thing that I've done a bit more of than most of the physics education research community is looking more the cognitive psychology studies of both expertise and basic learning on this and understanding how well actually the things that are being done in physics education research, how the ones that really make the most effect how consistent they are with the studies on cognitive psychology.

Michael Lobet: Right yeah. Maybe I would like to go to the really main part of my master thesis. What are, according to you, the potential troubles or pitfalls or limits of those active methods? Actually I read something which is really interesting in your Daedalus paper, you said, I will quote you: " A vital skill is also knowing where the way things can fail and the trainee anticipate and avoid such failure." So that's really exactly the core of my master's thesis. Could you provide me some examples of stuff that typically fails?

Carl Wieman: So there's two different aspects of this. There's one of the, I'd say the more fundamental, from a research and a learning standpoint, is the fundamental things.

And then there's just the things that the way if you don't know enough you'll just do mistakes that are kind of known mistakes. That's really a big part of what I was looking at these kind of

known established failure modes. A big part of what we did in our work transforming many faculty and courses in British Columbia was kind of providing people with advanced training. Here's how to adopt these things and here's kind of key things that can fail. Learning to be a good research scientist, we don't really talk about that so much, but that's an enormous part of the learning process. It is you have to learn all the different ways, you know, an experiment won't work or a theoretical approach won't work or how you can get wrong, you know in misinterpret data wrong.

So let me talk about the second one, that the kind of known failure modes and then get back at where we think of where I see as some of the basic limitations that we're still struggling with an active learning. So like in any complex tasks there's an enormous number of ways, people can fail in it and, just like in science, the most of these things are what people do when they have heard of a method, but they don't understand the underlying principles behind that method. You just have to have those things, because otherwise we talked about that the methods are just too brittle you know that the situation changes, a little bit and you have to understand "oh okay sure that I want these principles to apply, I have to make this adaptation" and people don't make that adaptation. So you know some of the really basic things are first getting the student buying or accepting the teaching methods. The students completely misinterpret what's being done to them, you know they think it it's some strange experiment that the Faculty instructors doing to them as opposed to well known that teaching them in different way, but here it's because there's all this research showing that will be better for the students.

Michaël Lobet: Just to have a specific example, that's probably the reason why you showed the slides, at the beginning of the lecture saying that "trust us it works"?

Carl Wieman: But not just saying, trust is showing here, is why we believe here's the data from other places that show that this will work and why this is being done for your benefit not for my particular interest. Yeah so that's a really critical one that people can make a mistake they make.

A second mistake that instructors are really prone to make is they are very, very you know, and this is sort of human nature but it's still important, they're very sensitive to complaints. And so, if one student comes up and says "Oh, they don't like this, as it's bad for them, or something", the instructors tend to grossly overweight that response and assume "Oh, this is

really terrible all the students are hating it etc", whereas in fact usually it can be a tiny fraction and it's just so they're greatly inflating sort of the concerns.

So then there's things about I think another mistake and it's connected with this as motivation, the fact that you know if you want people to learn things you have to think hard about their the motivation for them, and why they do things and kind of present your grading, your assessment, your grading has to be consistent with what you want them to learn and what you want to do very. And this is, again, is something where people can have very again sort of not thinking through the principles but having big misalignment between what you're telling them you want to learn, and then, once you're grading or they come for.

Michael Lobet: We say "the triple concordance" between the the goals, the lecture and then the exam.

Carl Wieman: Yeah yes here what's really important is as you're trying to teach students, so you have to think about how the students will respond and have the students will think about it, and so failure that can play out in multiple ways is the instructor kind of doing things because of how their opinions, their experience, rather than what you know what the student that it's what has to go on in the students mind. And so that's a failure mode.

A common failure mode is the lack of deliverables. So that you know you, you have the students and so lots of people have heard "oh having the students discuss something in class is valuable" so they'll sort of sense things up to talk about the subject but they don't really have a clear goal of what the students are supposed to be doing the students aren't supposed to they don't have a deliverable that the students have to produce whether that's going to be an answer to a clicker question or working writing something out on a worksheet. So that's a that's a failure mode, because you know they just send them office to talk for a while. That's one.

One another very common failure mode is not having the follow up feedback to the discussion where you kind of review the thinking and what's right. And well so not having any feedback follow up that's that's bad. If you're familiar with the University of Washington and their tutorials, they have this, what I think is sort of bizarre and it's certainly not supported by research at all, and it's causing a lot of student unhappy as for no good reason. They insist you shouldn't tell the students, the answer you know after they've worked through these problems. You shouldn't tell them if they're right or wrong. Their rational is "Well the students should be learning to do

that on their own", but that's just so naive, I mean, these are first year university students they've been 12 years of schooling or anything was to get an answer that was told you're right or wrong. It is something that just makes students unhappy and from a learning perspective it's certainly not valuable.

Michael Lobet: You always provide them with an handout sheet at the end of the tutorial, for example, with the solutions?

Carl Wieman: Either that, or even better, is to sort of talk, you know the instructor should talk through the solution. Here's another failure mode: the instructors go over you know. A good instructors monitoring what's happening, with what the students are doing. So that's a common failure mode is just let the students go off and work and I just sit there and wait.

As opposed to listening, in looking at what they're doing and finding out what they're struggling with and not struggling with because by monitoring what they're doing, then you can provide much more helpful targeted feedback at the end, and so you can avoid repeating things that everybody understand to enhance, you can really focus on the key things they're struggling with and helping them understand how to do that correctly.

Michael Lobet: But don't you have sometimes ,you are sometimes running out of time, I mean it's definitely happened a couple of times with Eric and I'm doing it also and nearly all the time you are running out of time.

Carl Wieman: Absolutely yeah and so it's always a trade off of how much you do and so yeah very often I'll have, I mean, I'll always have handouts, that I provide with the correct answers that they can go back and review, but then I'll at least try and spend a little bit of time touching on key features that make sure that draw attention to. Sure, anyway, but those are details, you know there's one kind of interesting failure mode, which again is really common, which is that instructors will just go over what the correct answer is, and they won't discuss what some of the incorrect reasoning was. This is a place where I've learned a lot from cognitive psychologists, because they show how the feedback on what you did wrong is where most learning happens actually. Finding out how to change your thinking in response to negative, they talk about is negative feedback ,but it's really feedback on errors how that's actually quite a bit more important than just hearing the right answer

Michael Lobet: This is happening in the peer instruction right?

Carl Wieman: Yeah but it's also happening in any form of active learning, there needs to be this feedback aspects on correcting and improving.

Other failure modes. There's the aspects about the feedback, giving me answers, giving clear deliverables...

So another failure mode is not establishing, when you have people interacting in small groups, not establishing the kind of norms of behavior and discussion in those groups.

If you don't have kind of established ways, people are supposed to behave in the small groups, you can have very unpleasant and unhelpful interactions between the students. So that's just another way these kind of instruction could go wrong.

You know, again, if a person is just kind of thinking hard about, this from a student's point of view, because everybody's been in that situation and you realize you want the things that work well and so it's so many of these things that are all related to not thinking hard about how it's what it's like to be a learner in this situation and kind of overlooking things that are important.

Michael Lobet: Maybe I can connect with what Eric Burkholder told me last week. He told me about an activity about battery, energy and units and specifically about kWh.

That was probably you one step that you just mentioned, probably, you were not at the level of your students at that time.

Carl Wieman: Yeah so you know that's clearly an important issue of knowing what the students know and properly connecting up to it. You can sometimes make it too simple and they think they already know and then other things it's too hard and too challenging.

To some extent I look at that is not so much a failure mode, just because whenever when you introducing some new active learning tasks it's just impossible to know, if you haven't done it before, what works for the students and what doesn't. So that makes activities not work so well, but you kind of just have to be expecting that and adjust things as you go along, and then the next time you do it, you get better. That's just a very common and typical thing. Actually, this brings up another failure mode, which is that introducing these active learning things, people plan everything out they think "okay they're going to have them do this, it's going to

take up this much time" and they're just determine, in the same way, they prepare a lecture and then just make sure and go through it exactly they go through the active learning. It doesn't work that way, it has to be kind of "Okay, what are these students struggling with, how long is it going to take them". So you just have to be ready to adjust in real time and being rigid and not being willing to adjust is again kind of a common failure so.

Michael Lobet: Right. So it's quite of reassuring what you are saying. It is that's okay, we make mistakes also.

Carl Wieman: The thing that I'm trying to explain to faculty that should to reassure them more is, if you look at how often when you're doing this, you realize the way you explain something, the way you presented something, the assumptions you made about what students knew already, how wrong they were, if you just think about if you think of a teaching it in the alternative mode of giving a lecture, you realize how much of that lecture is just completely wrong, being missed. There's no corrective action there, you have no idea whereas at least in active learning that's the most mismatched you still actually there's a whole bunch of possibilities of corrections, students could talk to each other and try and make some sense out of it it's still way ahead of the kind of the best lecture in this regard.

This takes me, I'm going to good jump now to sort of some, in some ways, the bigger failure modes, the bigger challenges, I would say from the education research standpoint.

And the biggest of those is "How to best deal with the range of student preparation that they come into class?" Because in any institution, at any level, there's a substantial difference in the background of the students and in the experiences. How to optimize that so that is best for everybody. We just really don't know how to do that and Eric might have talked to you about that because a lot of what he's been working with is taking standard students and I, you know, to be honest, I've paid in lot more attention to this, since I came to Stanford. Because before you know, I was at large public universities and it's easy to see there's some fraction of the students who, you know they're here because their parents kick them out of the house and that paid for them to go live at college, instead of home. It's kind of relatively easy to take, so there's going to be some fraction it's just pointless for me to be worrying about. But it's Stanford you know it's extremely, like Harvard, it's extremely selective. You know I came into Stanford and I just felt "Okay, all of these students should be highly successful in introductory physics, compared to students from British Columbia, or even more Colorado". Their backgrounds look like among the better students so, why are they not succeeding. And so trying to understand

why they're not successful, which they aren't, you know there's a big chunk of them that do poorly and can't go into science and engineering degree programs because of it. Trying to understand why they're successful and unsuccessful, and then, how do you most effectively support the entire population to be successful. Yes, active learning for those students, they would do probably worse than they would, if they didn't have active learning but they're still not really you know successful in the course and mastered the course. And so it's a question I, and I don't know the answer, yeah it's one I'm still struggling with. We've tried a bunch of experiments it didn't work. I mean I started out first by they had this program at Stanford right, I had sort of supplemental instruction. But the data and it just didn't work and it wasn't making any difference. We've tried other things where that didn't work with different kinds of instruction more active learning. Our last iteration with Eric Burkholder may make some progress, maybe, but then COVID hit, the data wasn't really very good. So I would say that's a big unsolved question mark right now.

I would say the other thing that much more people are focusing on now than have traditionally, and in the active learning studies, is looking at various social psychological factors and how they come into play in active learning. I think that the studies and data on them are very much kind of based around traditional teaching and both of the lectures, but even more than that, that a few high stakes exams, and then the issues of social, psychological stress and mindset come into play there. I think if people were still really kind of struggling and I've seen very conflicting data on this and you know, in terms of whether different kinds of teaching make gender gaps between male and female students bigger or smaller, under what conditions and so on. You can get data where people will claim almost anything and, in some ways, their data is broken that because it's just you know we don't know all the factors and it's not been really very well understood.

That's also related to the underlying question of active learning works in general, but how can you make it work so that every student is highly successful as opposed to moving the distribution up, I want to also compress that distribution to the top. You know Eric has this paper showing them doing that, but it's not really fair because that's just because he's taking too simple, the force concept inventory, and that's too simple for Harvard students.

They're just saturating it, so anyway.

The other aspect, for you have kind of the future of this is, is this idea of looking at active learning kind of across the spectrum of courses. I mentioned that we've done this now up through graduate courses. I'm convinced that works there, but in terms of the amount of data and the demonstrations of exactly what goes, how you design a much more active learning

and a more advanced course and implemented that's something that I think that field needs to work more on and understand what the subtle differences are at the different levels.

Michael Lobet: I see, a bit like the paper you send me from Lepage in a quantum field theory course, right?

Carl Wieman: Yes. There was another point I was just thinking of.

I guess this is connected with what I was saying before but it's just a more general issue of more systematically understanding kind of what's a reasonable amount for people to learn within a given time. Right now people have textbooks and they base it on the textbook but the textbooks are not based in any reasonable way about Okay this population of students is starting out at that point, what really is appropriate, you know, in a given amount of class time and a good amount of study time, what's reasonable to where you can get them to. I mean, I see that in some of the Stanford courses where they've switched active learning it's getting better but it's also for some cases it's just clearly quite inappropriate, you know they're just trying to cover way too much material and a lot of the students just can't be successful.

Michael Lobet: That actually comes to one of the question I had when I was reading your papers. You said that you were able to cover let's say 90% of the same material or the same table of contents right, you mention this in your Physical Review paper.

But, I mean that's also something I experienced. You definitely need to make choices, you're not covering everything. Is there any frustration there? Or is it Okay? Or do you say to the students okay just read the book and we do not make activities on everything. But it still will be at the exam? Isn't it a bit conflictual there? I mean I'm still a little bit embarrassed by doing this, like you have to read, we maybe won't make any activities on that, but it might be at the exam.

Carl Wieman: Yeah so you know, I don't believe you should have something where you have it the first time anybody sees it is on the exam, you might not covered in class, but then you cover it in homework for example, and if it's consistent and it's reasonable then yes. It helps that in my classes I have very detailed explicit learning objectives saying quite precisely what they're going to be able to do. And so any exam question I can relate that directly back to some learning objectives they were given at the start of the course. I think if you if you go to in lots of courses students will say "Well the exam I thought I knew this material but for the exam

seem to be testing me on things that no idea how to do it and seemed completely unrelated and wasn't really measuring anything". My case that never happens because it's such a direct reflection. I do that partly because I've done certain amount of research on looking at what the exams really measure, and taking and seeing how students will do on exams and then kind of doing more detailed interviews with students and realizing how are our exams are just, in general, exams are just such flawed instruments. I just make sure that that students know exactly what's going to be on the exam and. That's the best hope you have of making you know, mean something.

But there's actually I'll just tell you a research question that I'm still starting to worry about just recently, because my own group starting to look into this more. And that is "What makes for good homework problems?" And but then involves what the problem is, what the student has to do as a solution, how they're graded etc. That this has come about just because we started doing some more careful analysis of the correlation between what students do on homework and what students do an exams and what they do another class activities. At least in the introductory courses, finding a whole lot less correlation than what I would have thought and then less correlation with any measures of learning that we have and what they were doing on the homework. This is something where I just can't think of any physics education research, that's really look seriously at this. We all just take for granted that going off and studying these things doing homework problems will be beneficial. But now I'm really wondering how that's working and so trying to look at this at some different course levels and see okay are different ways of handling it make a difference. I think there are some studies I've looked at across teaching in general and that show that in controled comparison having graded homework versus no homework makes an improvement in learning outcomes, but beyond that I don't think anything in terms of how do we really best integrate homework in with active learning in class to optimize. The question I still have is "What's the design of homework that's really better?" I'm tending to lean more and more towards this idea of really looking at expert decision making in solving problems and trying to have homework and questions sort of more based on these kinds of making decisions, as opposed to getting answers. But that's still early stages.

Okay, I better wrap this up, do you have any last questions urgent?

Michael Lobet: Right, maybe, if there are any blocking points that you see from the students and if there were any trouble for the students to perform the activities. That might be the last question I will ask you, the reaction of the students in front of this activity and if you could see stuff coming from them preventing to do the activity properly.

Carl Wieman: So I think when I was listening all those failure modes, those all involved not adequately addressing student issues and though all of those where we're kind of needing to address ways that students would be uncomfortable or misunderstand. I can't think of any others beyond that. I will say it's been raised a number of times. When I talk about this, particularly in Middle East or Far East, the active learning won't work, because the students don't believe in talking to each other, talking in class. And again that was just a question of making it clear what the norms of the class or more, and what the expectations. I did some demonstrations in Japan with students there, and you know as long as you made it clear that they were supposed to be talking to each other, they were more than happy to talk to each other. As soon as they got out of class they'll talk to each other.

So the Faculty were telling me the students wouldn't talk to each other, whereas I'd run a class with students, where we sort of make it clear, now you're supposed to be talking to each other now and then they were completely happy to do it.

So it's just kind of amusing to realize that no, you set up norms and it's not like people in other cultures don't believe in talking to each other. Of course they do. It's just what the expectations of your classroom are. I guess I did do remember you started out okay i'm not gonna i'm not going to answer this now, and why your ideas on how to do it and I, that you might have to stand there for two minutes, but after that they start to believe "Oh, they really are waiting for me to talk" and sometimes I'll even can call individual and once you kind of got over that to really establish now that's the way it's going to be then, then they do it.

It's also the reading ahead to prepare for class, I mean a lot of this instructors they'll say "hello, my students I tell them to do and they never do it", but you look at what those instructors do they almost always say okay you're supposed to read this before class and then they come into class and they say "Well you're supposed to read this, but I know a bunch of it didn't do it, so here's what was in the reading".

So you then just punished all the students who did it because you wasted their time your reward all the students didn't do it. So, of course, from that day on no students going to prepare ahead of time. Why waste, nobody likes to loose their time.

✓ Transcription de l'entretien avec Eric Mazur (Harvard)

Yeah, just to probably provide you a bit of background of why I would like to interview you. So I'm... I think I told you, right, I'm doing a master's thesis. I'm going... I am following a master in pedagogy of higher education and university pedagogy. And ... okay, you probably know it, but one of the key moments in my ... the beginning of my career was that experience that I lived with you there at Harvard with AP50. That definitely changed my mind. And if I have to use some vocabulary, I think now I'm a generation 2.0. and ... so, for me, it's really difficult to ... when I'm preparing a new course, it's nearly impossible for me to find any motivation to do it, ex cathedra. Right. So that's kind of the ... the starting point of my reflections, my thought and ... so, I would say, the goal of my master's thesis, and it's just a small work, but I read the work from Freeman et al, in the PNAS paper in 2014, which was, you know, this meta-analysis of a lot of active pedagogy in STEM, and showing that there was a significant improvement over active learning compared to more traditional lecturing. And my goal is, okay, we start from that. So let's say, we know what generation 1.0 did. And my goal would be to study the limits, the actual limits of those kinds of methods. So that's why I wanted to interview some key player in the field and try to find what failed in the previous classes. And what you are doing now to solve that, and if there is any failure now, also, what do you have in mind for making it better for the future? Okay?

Sounds good to me.

Alright. So. Okay, with you, it's probably a bit particular because I already know a part of your work, or probably the best compared to the others. So, the first part of the interview is mostly about a clarification of one of your courses. I suppose that for us, it will be easier to speak about AP50, right, because also, I'm also kind of applying parts of the AP50.

Which has changed a lot since you visited.

Yeah. So that's probably why we should start with maybe a first update of what changed. And actually, that will lead us to one of the questions I have, because I will ask you why you changed it already in three or four years.

I mean, mainly because of the pandemic. So maybe that is a good point to start. And maybe I will quickly have some slides here.

Yes, sure.

Whatever that makes me realize a lot of things that were not really obvious beforehand. So let me share a few slides and... I can take it from there. So I want to run through a lot of slides here very quickly. You know, you know, this version of the course, which were team and project-based, right, I mean ... and the idea behind the team and the project-based parts are to increase intrinsic motivation for learning. So, the old format was taking place in this ... in this class. And as you know, there were neither lectures nor exams. And in class, I think you've gotten somewhat exposed to the six different activities that took place and that were organized according to Bloom's Taxonomy. You know, from the lower-level understanding to the higher-level applying and evaluate. And if you want to refer to a lot of videos and a lot of resources about that class, go to this page. It's a beautiful page that the Harvard Graduate School of Education did about the class. That has lots and lots and lots and lots of information.

So that's a resource you can refer to, right. So ... then came March 13, 2020, online. And you know, it was actually quite easy to take that existing model online. And when the ... when the institution surveyed the students asking if there had been an instructional ... instructional, yeah, continuity between the first and the second half, you know, 86% said, yes. And 53% actually strongly agreed with it. So in the summer, two summers ago, I started to think, you know, maybe I should look at this differently. And rather than transferring online, what I can do in the classroom, which was a challenge, right? I asked myself: What can I do online that I cannot do in the classroom? And I ended up implementing three changes.

One was really to **optimize the face-to-face time**. To personalize, I'll explain to you what I mean, by that I can send you... I can send you a copy of the slides. The second one was **personalized instruction**.

The third one was to **establish continuous**—there's a typo there—**accountability**. So let's start with the first two. The first thing was ... and this was in part, prompted by the fact that many of my students were went online were scattered over the globe, so they were not all in the same time zone anymore, which makes synchronous events difficult. So, you know, I asked myself, what really needs to be synchronous, meaning when do people need to be together at the same time. And I actually made the list. The reason that most education is synchronous is because we use something got by classroom, right? And a classroom needs to be booked, zoom, you know, need to book. You and I can always meet on Zoom and it's a million other people use so. But if we ... let's say if you and I had to meet in a physical room, we had to make sure that space, that physical space was available. And, so I made a list of all the things that happened in the classroom. And I asked myself, does this really have to be synchronous? Could it be done asynchronously. And you know, what I found? That actually, just about everything could be made asynchronous. Right now, peer instruction is completely asynchronous in my class, and it's much better. You want to know more about that?

Sure.

I'm preparing a talk about that, which will be ready in May. And Denise Marty, I don't know if you know her, and I are working on the data and it's looking really, really, really good.

Okay, good. You're gonna present it during your ... during your Perusal meeting?

Yeah.

I'm gonna register definitely, so I can definitely, also take notes there.

Yeah, yeah, absolutely. Carl is one of the speakers.

Yeah, you told me.

Yeah, good. So ... so essentially, that was kind of an eye-opening experience, the realization that education doesn't have to be synchronous.

The other one is that by virtue of the physical classroom, most instructions take place at the pace set by the instructor. I mean, if I'm talking to you, I'm the one that terminates the pace at which information is unloaded on you. So ... so, you know, I ... so let's first review the synchronous and instructor-paced, right. If you think ... by instructor-paced, I mean, everybody who is together at the same pace as if you know, learning, it's a conveyor belt. So a lecture is both synchronous and instructor-paced. Recorded lecture is asynchronous, but it's still instructor-paced because the instructor sets the pace. And I would even argue it's probably 1.5 or 2.0 times because they play the video faster.

Sure, definitely.

A lab is synchronous, you need to book the lab, right. But once you're doing the experiments in the lab it's self-paced.

You're right.

Homework or study, it's asynchronous and self-paced. So I was thinking that the more you could move from synchronous to asynchronous, and the more from instructor-paced to self-paced, the better things would be. And I ended up making many things asynchronous in the ... in the classroom. Because that permitted me to spend more time with the students to help them sort of individually. So that is to optimize the face-to-face time between the instructor and the student. But it's also important to optimize the face-to-face time that teams have. In the model that you saw, we had a lot of collaborative work, right teams would show up and class did work together. But I noticed that ... that time working together came ... came with a lot of problems. Not all students were always engaged. Right, some students would participate actively in the work and others at the table would be doing their email or something else. The teamwork is not very efficient because the students are not equally prepared. There was very poor use of staff time, we would essentially be a sort of hanging around and sometimes walk to tables and sometimes just be waiting there.

Poor time of what? Poor use of what, you said?

Staff time.

Oh, yeah. Okay. Yeah. Yeah.

And then in the end, also no quality control at the end of the activity students walk out with have no idea whether or not they had actually A) carried out to work and B) carried out to work correctly.

That's one of the main drawbacks of the method, I think, yeah.

Well, it's much worse even in ... in a lecture-based class.

I totally agree. Yeah, no, you came back to what Carl Weinman told me. It's even whatever mistakes you've made do, they'll remember that it's even worse when you do it in a traditional lecture. Yeah.

So I agree.

So I decided that I would require individual asynchronous work before any synchronous teamwork. So absolutely everything in the class, the students are held accountable for doing the act. It doesn't matter whether they get it right or not. But I have to ... you do it, and demonstrate that they've done it. They need to do the work before they come to class. This means that when you get into class for the synchronous part, we don't need to spend this entire block here. We don't need to go, you know, for two and a half hours, we can do it in 45 minutes. Because students have already rather than getting something and seeing it for the first time when they're in class. They've already looked at it, they know what the questions are. Their memories still fresh, because they've done it just before. And they can work with the team much more quickly. And then we add something, namely a team check. In fact, it's team work, team ... we put it in, in three bits, I only show one cycle, but in reality, it's 1/3 of this, team check, 1/3 of this, team check. Another service team checks. Where essentially, the team comes in we come and we check that they present the team solution to us. So we validate, validate that work. So that means that all students are engaged because everybody needs to do, and is held accountable for the individual work. We've much more efficient teamwork, right? Rather than spending two hours, two and a half hours, they spent literally 40 minutes, and they're done. And we have quality control. And I require that for absolutely every aspect of the course.

Okay. Okay. Okay.

Lastly, how do I **personalize the instruction**? Oh not lastly, second. You know, in the beginning, when we went to zoom, I essentially made the analog of a classroom in zoom, and the students would come to the Zoom classroom, and then they'd go to breakout rooms to work together. I thought this is ridiculous, especially with a synchronous work, you know, you want students to be able to have their own room, their team room. So instead of having the students coming to my room, what we do is we have the instructional staff visit to each team's own room, so every team has its own Zoom Room. So instead of 80 students now 140, because the class grew substantially in one room with 20 rooms with 4 students. And you know, every student is sitting on the front row, I can address students by the first name, it's very hard to be unengaged when you're just four people in one room. And, and that has been ... and it's much easier to share work also, because you can ... you can share it the same way that you and I are sharing it now. And then the last thing that I did was to establish **continuous accountability**. And I implemented a ... an approach to grading that I read about that summer, you can find the article here, called specifications grading. *0:18:36* eventually is a pass-fail system if you wanted some micro-badging system. So, for each aspect of the course, you essentially have a pass-fail system, either meet specification or does not meet specification. And if you don't meet specification, you can try again. And if you don't meet again, you can try again. And you can try again, and you can try again, as long as you want. Okay, of course, you're going to run out of time and out of things to do. So it's better to meet specifications than not. Now there's a slide *0:19:11*. When you meet specification, it can either be an M for meets specifications, or it can be E, exemplary. Very few students get this. And then when you don't meet specification, the question is, is there any evidence of conscious effort to meet specifications. If the answer's no, it's an N. If there is some evidence, it's in R, in which case you can revise the work to meet specifications. Otherwise, you'd have to redo it from *0:19:39*. Yeah. So I ended up cutting the course into 68 low micro units. All right. Yeah, they're very small, but very manageable. And for each of the goals, you either meet specifications or you don't meet specifications. And at the end of the course... Oh, and the good thing is both the individual and the team work required to meet specifications. So if you don't do the individual work before you work on it with your team, automatically you do not meet specifications. Okay? So you have to do both, in order to meet specifications. And then at the end of the term, the course grade is determined by the

number of units for which specifications are met. So, that's it, and I can... I can give you more details if you want.

And did they sometime ... is it quite often that they do not meet the specification?

All the time.

All the time?

All the time. But I've never seen students work as hard. It's been a complete game changer *0:20:46*. Absolute complete game changer. In fact, I've convinced quite a few colleagues to implement it in their courses from computer science, yeah, people have been extremely enthusiastic about it.

Nice.

And it also gives students much more autonomy in how they study and it's rather than you know, being irrevocably pulled down by one high stakes performance on which you don't do that well. It's sort of a continuous assessment, you continuously held accountable. It's also the only way to keep students engaged at a distance, by the way. So let me show you. So here is the FCI game force concept inventory.

Force Concept Inventory. Yes, sure.

Yeah. In person, in 16/17, the last data for which I have in person data.

And that's one ... sorry, but it was your, I would say the AP50 I followed, right? The regular AP50.

Exactly.

It was already active learning.

Yes, it was active learning. And then in the remote scenario, as you can see, I sort of doubled the gain and it's significant. Here's the Conceptual Survey of Electricity and Magnetism in person. Remote again.

Yes, once again.

Yeah. And here is self-efficacy. Self-efficacy is a person's belief in their ability to succeed in a given domain, you know about that, right?

Yeah.

So in electro-based courses, Self Efficacy goes down for non-majors. So students in ... you know, the life sciences or engineering, they come out of their physics score thinking, physics is too hard for me. Right? When I use peer instruction that was flat. In AP50, it was the first time that I saw a modest gain. Now in the new version of AP50, same pretest, very much bigger gain. And the same, in the spring of 21. So there's the content learning gains, doubling of self-efficacy.

So what do the students think? I asked, I did several instruments, I'm going to show you the first one. I did something called the Agile Feedback Survey, which asked these five questions, and we repeated a number of times during the semester. So first ... the first two, which deal with the balance between challenge and support. You know, and it's ... the questions are rated on the scale from strongly disagree, disagree, neutral agree, strongly agree. So these measures how challenged students found the course between agree and strongly agree. And this is how support that they were. I feel supported agree or I do not feel supported disagree. So where you want students to be it's right in this square, right? You want them to be challenged and support it. Because they're challenged and they're not support that they're stressed. If they're supported, but not challenged they are bored. And if they're not ... and similarly, if they're neither supported nor challenged...

They *0:24:09*

So you can see ... in person version, they also need challenged, but the support was *0:24:16*

On the edge.

So they were on the edge of being stressed. A number of students were stressed and a number of them were not that stressed. Let me show you how this switch that I just showed you what I did. Do you see this jump?

Yeah, that's ... that's really high.

I mean, that's kind of remarkable, isn't it?

Yep. Yep. Exactly. You gain ... you gain one better actually.

Yeah. Because the next questions deal with self-determination theory. Self-determination theory says that, we all have basic psychological needs, with physical needs to food, sex, whatever. But we also have a number of psychological needs and the psychological needs ... self-determination theory

says that if the following three psychological needs of a person fulfilled, they tend to do better fulfilling tasks and making progress. And then, there's that people need to have a sense of growth. I am moving forward; I am moving in a positive direction. A sense of autonomy. You're responsible for your own actions. And a sense of community, relatedness. So these three questions actually measure the three factors. I am closer to mastering the ideas of the course now, I made progress because of my efforts, and my own efforts and choices. I felt I was part of a community of learners. So what do you think that the changes that I just described did to these, which of these will have gone up and which of those might not have gone up or which might have gone down?

Depends, because we were in the pandemic situation. So I believe that the relatedness, they had the impression of being much more in a community of learners, especially in that... *0:26:17*

More?

Yeah, more than before, because it was more important for them to be connected in such a class, which was definitely different from the others. I'm telling that because that's kind of also one of the stuffs that the student told me when I was doing construction, and I had to move in emergency online. So that's one of my guesses. Autonomy, I would say kind of the same. And growth, probably better.

Here we go. They're all we're sort of, you know, here, you can see this is the in person version online. So big jumps in all of them. And interesting *0:27:10*, I've been able not ever back in the classroom, I've been able to keep that. Yeah.

But you're still doing it with asynchronous set or you came back to the *0:27:24*?

I'm gonna show you that. The other thing is the course evaluation jumped up enormously. So much so that the course has grown from 80 to 140. People posing quite ... quite a problem for me. So clearly, it worked with students too. And I think that during the academic year, 2021, **I did my best teaching ever**. So, you know, for a while I was thinking should I just revert back. I was kind of missing, you know, the fairs in person were really nice. And we have all these new spaces that we built across the river in Austin, and a beautiful new building. And they were empty during entire *0:28:08*. And so I went back and I thought, you know, which of these things can I keep? And obviously, you know, the optimizing face-to-face time, that's a keeper. I mean, it has nothing to do with remote or not remote. And establishing continuous accountability also. You know, that was not something that was dependent on remote teaching, the only thing that was really dependent on remote teaching was this personalization of the instruction. So, so I decided to try it as an experiment something different, namely a multimodal approach. And I would tell students, you can either come to the classroom and sit around the table, or you can meet on Zoom. And in both cases, we actually connect to zoom. They connect to zoom here to their own *0:28:59*

In the classroom.

Yeah. And they use their computers to share their work. Right? So...

Just to be clear, sorry. You're running that now, actually?

Yeah, I'm running it right now. You can come and visit if you want. Yeah, yeah.

A also?

I did the same thing. I already have more than one semester of experience with this.

So when you showed the previous data for...

It was all remote. Only in this modality.

Okay, perfect.

Okay. So essentially, we do the same thing in the conference room right now, instead of having a talk and putting it on the board. Each person has the laptop, we connect to zoom, and you have the slides in front of you.

Yes.

It's so much easier, because now you can look at each other rather than all being like this. And then what we do is we have the name labels, you know, the good thing is on Zoom, you have the name label. I would like them for privacy reasons it took them off here. But here we have labels so that we also know each student's label when we train them at the table. So if I join a team that's on Zoom, I

just do it the way you and I communicate right now. And everybody has a camera and microphone on. If we do it in the person, the camera is off. And we do not connect audio. So there is no feedback.

Okay.

Right. We just use it as a projector for the *table*(0:30:34)

Right. Right, right. That's right.

And then the people have name labels so that I know every student by name, so...

That's something that they like. Because that's that's being called by your name is simple with, they like it so much.

Exactly, exactly. Anyway, so in the beginning, in September when I asked students because I need to make teams of people who have similar preferences, right? Right. If you want to be online, and I want to be in person, and we're just getting on a team, one of us is not going to be happy. So, before the course started. I surveyed them and 80% said they wanted to be in person. And 20% said they want to be remote. But then in the classroom actually 86% showed up in person and only 14% or something like that, or 84% 16%, I don't remember exactly, showed up remotely. What do you think happened during the semester?

It's crossed.

Like, Oops, oh, this is so annoying. I keep using the arrow. And for some reason. Oh, I see. There...

Oh, yeah. So it crossed. Yeah.

Yeah. 80%. And on this day here, I teach twice in the week, there were only two teams that were there during the morning and no teams in the afternoon. It was just at each table was a teaching fellow was *0:32:10* phones. It looked like...

Was it Thanksgiving?

Yes. Yeah. Notice the attendance. I know this is the same graph. But this is a *0:32:24* graph, right. And we found the same gains as the previous year. So no change in gains, the gains confidence and self-efficacy are unchanged. Look at this. 100% attendance.

Yep. Oh, yeah.

Towards the end, it was constantly 100% the beginning there were some people were absent, but 100% here. Yeah, let me show you something else. Because another thing that can happen when you don't have a physical classroom, is that you can do time shifts. Right here in October, there was one student who said, oh, I have a doctor's appointment during class, what do I do? I said, well, we can check in with you later in the day. Or you can ask your team if they want to time shifts, and then instead of meeting during the class time, you can meet outside of class time.

To retain and you can account.

Yeah, so they took us up on that. And we had one team that time shifted. Here we are the students strike, greatest students strike. And I didn't have my TF; so I actually actively asked the class. You know, would it be okay, if some of your time shifted, because I was worried not having enough people to do all the check-in and five or so teams? Time Shift that their ... their meaning. And then here you already see what it was? You know, you already know just I want for Thanksgiving? 50% of the students. You are ... normally I would have lost all of the students.

Sure.

Because of travel, now we had 100% attendance.

Right. That's cool.

Pretty amazing.

Yeah, it is.

So in a sense, I think what I've started doing is sort of breaking down the classroom. The classroom walls. Yeah. So let me ... let me give you a copy of these slides. Yeah. I want to quickly look up where they are. Give me a ... give me a second. Yeah, that's actually right here. So I'm going to put that in our slack.

Yes, sure. Thanks. I'm trying to see... I think you answered all my questions that I had for my Interview guide, right. So, interview guys, so yeah...

Let me give you a few more things. There are the slides. And I also have a public version of my canvas. Do you still have a Harvard ID?

Yes, I do show Sure. About canvas, I think you send me soon. So ... so... I think I got access to it, let me check canvas,

But I can give you the new one because it's *0:35:20*.

Okay.

I gave you actually a public *0:35:23* accessible one which you can definitely access here. But if you still have a CS number, that's the publicly accessible, okay. First one, and then this one ... and if you look at the syllabus, copy this one, this one, is maybe 50. B. So let me actually show you a few things that you may want to use as a resource. So, you're *0:35:59* below there. So the syllabus is right. I mean, you can read a little introduction and ... and a talk that shows the results that we obtained, which is a recorded version of ... in more detail of what I just told you. The syllabus as a lot of information, okay. You know, it explains what this course is about, what the course goals are, and the competencies, what the course format is, this explains that. That approach that I just told you in more detail. This tells you about this work commitment, as well as the individual team, check in cycle that we use for everything. Notice that now we have just three activities rather than six.

Okay.

This is essentially a merger of *Per obstruction*(0:37:07) *0:37:08*. And what we used to call RA, which *0:37:15* just RA.

Tutorial.

Yes, tutorial. And this is a ... which is a merger if you want of the EDA tutorial. An assignment is a merger of the estimation and the problem set. I sort of condense it and all goes through this team. And I tell students how they should ... how they should...

***0:37:44* or plan it.**

Yeah, plan their time. And you can see the difference between the individual and the team activities.

Right, right, right, yeah, that's great.

So the next page has something about *0:37:59* made videos also, about everything, I put in so much work.

Yeah, I was about to ask myself if you did sleep.

Then, you know, the assessment, this is the biggie*0:38:14*, okay. This is where I explain exactly how the assessment works and how to convert it to a *letter* grade and what specifications they need to meet and how they can revise. And then for every single aspect of the course, you know, from reading assignment, I have a detailed page that shows exactly what the purpose is how to maximize the benefit, and how things are scored. You see it here for reading, but let me show you for assignment. You know, it actually shows at the beginning. Examples of scored assignments. So here's the problem. Here's an efficient solution. Here you can see what the expectation is, what I expect to see and what the score is. So that's why *0:39:08* some explanation. That's why, even though the answer is correct, does not mean *0:39:13*. This one is a zero, even though the answer is correct. And this one *0:39:19*. So, you know, there's an amount of detail there that's just crazy. And then I have something about, you know, AP50 and COVID. And something about the policies for the course. And, you know, the teaching team.

Oh, you *0:39:41* a lot.

Yeah, I mean, it's a bit class. And then ... so you can sort of get an idea of what's going on in the course.

Yeah, that's pretty good, a lot of really interesting and really precious material that we'll need. And I'm really happy to see that definitely it changed a lot compared to what I experienced a couple of years ago. Yeah, I totally get your point. I think it made me ... it will make me a lot of food for thought and for improving also my own version of it. Next year, I have ... this year, I ran the AP50 version. It was the AP50 A, and I run it on my own for 65 students. And next year, they are going to be 160. And I required teaching assistants. I don't know how many I would get. But probably I should also get inspiration from the...

A lot of my teaching assistants are students who took the course last year. And, you know, it doesn't require much money. And ... and essentially, they're some of the best people to help because they're so fresh...

So fresh in their minds.

It's fresh. And the other thing is, is that they reinforce their own learning. So there's a benefit for them as well.

It's a win win.

Yeah.

That's a good point. I should probably raise that to the board when I will negotiate the number of people. Okay, I think you already... Yeah.

Let's go through your questions.

Sure. I think, honestly, you answered probably 90, if not 95% of my question, because ... for the clarification of the way you were teaching, I already knew and now I definitely see the small changes. You explain to me the reasons and the motivations why you changed. And I was also willing to know about the perceptions and if the strategy was efficient. It seems to be that you reach your expected learning outcome, you also provided measure of it. So that's quite good for me. Maybe, yeah, do you remember one activity that failed particularly. If there was one, which was not going as smoothly as expected, and that you analyze and you understand why it didn't go that smoothly? And if you already have ideas for the future to improve it?

Yeah, you know, occasionally we make an assignment that the ... that's too hard. And then ... and then the students are struggling for help, and we don't have enough time to help them. So that's basically a requires, a revision of ... you know, a revision of the material of the curriculum, whether I would call that a failure, you know, and also, I've taught for such a long time that it's rare that things become a total failure. What can happen is that we make a change, and the change simply does not have a real measurable effect. I think, the one part where I still have a *lot*(0:43:34) of and I'm struggling with it right now is the project report. Students do not write, do not understand how to write a project report. And I think one of the improvements that we made this year is that for each project, they need to ... they need to ... they need to articulate the hypothesis and the proposal for the project. And then they need to take days to test that hypothesis. But then essentially, the next step is to build the device, do the measurements and write the report. What we should really do is we should have them take the data and validate the data with us before they write the report. I think that's a major shortcoming that we ... that we have. So yeah...

I see. Yep, sure that sounds good to me. Maybe, last question. Yeah. If you have any advice to any teacher doing a similar activity, what would it be? What would be your best advice to someone willing to try something like that?

I would say the best advice is to take data. By now, you know that I don't... I don't do things in education without taking data. I've learned several times that it's very easy to get misled by gut feeling. Something we would never do in our own professional work. Right? And there is room for being a scholarly if you want, about ... about our teaching, as we are about our physics research. And ideally, so ... you know, read up on the literature, there's a lot of interesting literature would be my advice. And secondly, **take data**, treat your ... **treat your classroom like a lab**, and question your own hidden assumptions. For example, one hidden assumption that just about everybody who teaches us to do or makes is the, you know, they've learned it in a specific way. And therefore, that way, is also going to work for their students. And our two flaws was that reasoning. The first one is, you probably learned it, not because of the way you were taught, but in spite of it. And the second flaw is that most of your students are not going to become a professor in the field like you are. They're going to have very different interest. And therefore, what worked for you might not work for them.

Yeah, it makes sense. It totally makes sense. Yeah, you have any idea where... Because I think you mentioned take data and I totally agree with that, that by data here is the kind of question you are doing on the evaluation, I guess, most of the time. Right?

It could be one or you could use some kind of standardized instrument that has been developed like the FCI or the CSEM, or self-efficacy instrument, or you can develop your own instrument and validate it. And then you can use it as a pre and post test and measure the gain. Or you can measure it in one approach and another approach and compare the results. I mean, the same way you would take data in a lab.

Sure, yeah. No, that's ... actually, I think it's a really good advice, because most of the time I'm doing or I'm applying, and I'm trying stuff, right. And something *0:47:46* told me is that ... as he said, no matter what we are doing, we will do it even better than simply lecturing. And so even if we fail, we will do better. So that was really reassuring for me, you know, like to say, okay, yeah, that's true. And that's normal that sometimes it fails. But it doesn't mean that we should stop trying. But taking data, I'm not doing that yet. I'm not doing that yet. I should probably *0:48:17*

Well, you do take data because you give students a grade?

I do. I do. Sure.

There might not be super meaningful, but you're already taking data. So it's actually not that hard to take data. That's what launched my career in education, the fact that I tend to be quantitative. And I tend to try to, you know, get to the bottom of things.

Yeah, that's true. Having data, yeah, prevents having all the interpretation that could be discussed in a bar. We go to science not to feelings anymore. Okay. Thank you, Eric. I think we made a good *0:49:10* you ... actually, by your talk and your slides, you covered all the questions I had. So it would be pointless to go over all of them now, because you answered everything already.

Good.

Thanks.

I am happy to schedule a follow-up meeting.

Sure. Okay. Good. Yeah. Great. Thank you very much, Eric.

You're welcome.

Thanks Eric.

See you. Bye-bye.

See you soon. Bye-bye.

Annexe 5. Grille de codage

- [MOTIVATION DU CHANGEMENT]
 - [BENEFICES TRAVAIL DE GROUPE]
 - [1^e EXPOSITION AU MATERIEL]
 - [ENGAGEMENT, MOTIVATION ET SENS]
 - [DEVELOPPEMENT SENTIMENT EFFICACITE PERSONNELLE]
 - [OPTIMISATION TEMPS DEDIE AUX ETUDIANTS]
 - [PERSONNALISATION DE L'ENSEIGNEMENT]
 - [POSSIBILITE DE CORRECTION]
 - [JUST IN TIME TEACHING]
 - [2^e GENERATION]
 - [COMPREHENSION EN PROFONDEUR]
 - [VIGILANCE GENRE]
 - [PANDEMIE]

- [MODES D'ECHECS]

Relatif aux **enseignants** :

- [MECONNAISSANCE DES FONDEMENTS]
- [DESALIGNEMENT TRIPLE CONCORDANCE]
- [MAUVAISE EVALUATION PREREQUIS]
 - [EXPERT BLINDSPOT]
- [EXIGENCES]
 - [CHARGE DE TRAVAIL IMPORTANTE]
 - [TROP DE MATIERE COUVERTE]
 - [DIFFICULTE DE LA TACHE]
 - [MANQUE DE TEMPS FACE A LA TACHE]
 - [SENTIMENT DE CONTROLABILITE]
- [CLIMAT DELETERE & STRESS]
- [CONSIGNES PEU CLAIRES]
 - [MANQUE D'INSTRUCTIONS PRECISES]
 - [MANQUE DE DELIVERABLES]
 - [MAUVAISE COMPREHENSION ENONCE]
- [MANQUE DE FEEDBACK]
- [MANQUE DE MONITORING]
- [MANQUE DE FLEXIBILITE]
- [TROP SENSIBLE PLAINTES]

Relatif aux **étudiants** :

- [RESISTANCE ETUDIANTS]
 - [PERTE DE TEMPS BONS ELEVES]
 - [HABITUDES]
 - [MANQUE D'ENGAGEMENT]
 - [ETUDIANTS STRATEGIQUES DIVIDE AND CONQUER]

- [MECONNAISSANCE TRAVAIL EN GROUPE]
- [LIMITES ET DIFFICULTES RENCONTREES]
 - [MANQUE DE CONTRÔLE QUALITE]
 - [NECESSITE SOUTIEN INSTITUTION]
 - [TEACHING RATIO]
 - [NECESSITE D'UNE APPROCHE PROGRAMME]
 - [TEMPS DE TRAVAIL]
- [SOLUTIONS]
 - [ALIGNEMENT ET EVALUATION CONTINUE]
 - [AJOUTER LEARNING OUTCOME]
 - [TEMPS DEDIE EFFICACE]
 - [DONNER PLUS D'AUTONOMIE]
 - [MONITORING]
 - [DONNER PLUS DE FEEDBACK]
 - [ETRE FLEXIBLE]
 - [MINI COURS]
 - [FOCUS GROUP]
 - [ICE BREAK IMPLICATION]
 - [SOLUTION AUX REISTANCES : MONTRE LITTERATURE]
- [PERSPECTIVES ET QUESTIONNEMENTS]
 - [COMMENT TENIR COMPTE DES DIFFERENCES DE BACKGROUND]
 - [FACTEURS SOCIO-PSYCHOLOGIQUES]
 - [APPORTS DE LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE]
 - [STIMULER D'AVANTAGE LA CREATIVITE]
 - [IMPLEMENTATION DANS DES COURS SPECIALISES]
 - [AVOIR DES LIEUX D'ECHANGE]
 - [QU'EST-CE QU'UN BON DEVOIR ?]
 - [COMMENT AMELIORER L'ECRITURE DES RAPPORTS ?]
- [CONSEILS]
 - [LIRE LA LITTERATURE]
 - [PRENDRE DES DONNEES]
 - [REFLECHIR AUX OBJECTIFS VISES]
 - [ADAPTER LES METHODES]
 - [S'ADAPTER]
 - [START SMALL]
 - [PREPARER A L'AVANCE]

Pédagogie active : perception des modes d'échec, limites et perspectives par des innovateurs pédagogiques reconnus

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN
Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation
École d'éducation et de formation (EDEF)

Place Cardinal Mercier, 10 bte L3.05.01, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique | www.uclouvain.be/edef