



Avenue de Cour 33 – CH 1014 Lausanne

Master of Advanced Studies et Diplôme d'enseignement pour le degré secondaire II

Intérêt des situations adidactiques en physique ?

Travaux pratiques

Mémoire professionnel

Effectué par

Capette Julian (p32863)

Sous la direction de :

Corinne Marlot

Membre du jury :

Yves Debernadi

Lausanne

Juin 2017

Table des matières

1. Introduction et problématique	3
2. Cadre théorique	4
2.1 Triangle pédagogique d’Houssaye	5
2.2 Milieu antagoniste-situation adidactique	6
2.3 Théorie de l’action conjointe en didactique	7
2.4 Le quadruplet de Sensevy	8
3. Méthodologie	9
3.1 L’environnement des classes	9
3.2 Les TPs à situations adidactiques	9
3.2.1 Le TP défi	9
3.2.1.1 Le TP défi sur la 2nd loi de Newton	11
3.2.2 Le TP par postes	12
3.2.2.1 Le TP par postes sur les ondes périodiques	13
4. Résultats	14
4.1 Le TP défi	14
4.2 Le TP par postes	20
5. Discussion	24
6. Conclusion	26
7. Annexes	27
8. Bibliographie	43

1. Introduction et problématique

La physique est réputée comme étant une discipline difficile et mal aimée par les étudiants helvétiques (Modoux, 2012). Patrick Aebischer, président de l'EPFL, tire la sonnette d'alarme en 2012, préoccupé par la diminution récurrente d'effectif des gymnasiens choisissant la maturité physique et application des mathématiques (10% du total des maturités délivrées) : «Cette maturité est devenue difficile à vendre chez les jeunes car elle a la réputation d'être la plus difficile» (Modoux, 2012).

D'après les résultats du test PISA en 2015, effectué dans 72 pays, la Suisse se place 8ième position en mathématiques, 18ième dans les sciences. Malgré les avancées considérables de la science pouvant stimuler l'intérêt des jeunes (smartphone, robotique, médecine...), les résultats mentionnés dans cette enquête montrent une baisse des résultats des élèves helvètes en mathématiques et en sciences depuis 2009 (Dubouloz, 2016).

La baisse d'intérêt des jeunes pour les sciences est similaire en Europe. En France par exemple, lors de la rentrée 1995-1996, 63720 étudiants s'inscrivaient pour la première fois dans les universités scientifiques contre 38200 pour la rentrée 2005-2006, soit une chute de 40% en 10 ans (Arnoux, 2013).

Il existe donc de ce fait une véritable demande internationale pour rendre plus attractive l'enseignement des sciences, suite à ces désaffections toujours plus nombreuses à l'instar des études scientifiques.

En France, un « virage à 180° », un repositionnement de l'enseignement scientifique s'est effectué via le processus des *Démarches d'Investigation pour l'Enseignement des Sciences (DIES)*. L'approche hypothético-déductive d'une démarche expérimentale est mise en place par les élèves (les protocoles ne sont pas imposés). Ils décident ce qu'ils observent, mesurent, ce qu'ils modifient, manipulent, quel équipement ils utilisent. La mise en place de la situation de départ, du questionnement des élèves, l'acquisition et la structuration des connaissances restent tout de même à la responsabilité de l'enseignant (Hammoud, 2010). Pour la plupart des pays anglo-saxons, l'*Inquiry Based Science Learning (IBSL)* est le modèle imposé. Il s'agit d'un processus dynamique et actif de l'apprentissage, où les élèves ont eux aussi davantage de place (Hammoud, 2010).

Le point commun entre le *DIES* et *IBSL* réside dans une recherche d'autonomie, de manipulations, d'expérimentation et d'activité cognitive accrues des élèves.

Ce rapport s'inscrit dans cette logique. L'attention a été portée sur la réalisation de divers travaux pratiques (TP) en physique et sur l'engagement des élèves lors de leur réalisation.

La problématique qui en découle est la suivante:

Les travaux pratiques à situations adidactiques sont-ils adéquats pour augmenter l'intérêt et l'engagement des élèves? Apportent-ils un réel plus pour l'apprentissage?

2. Cadre théorique

Une question judicieuse que l'on peut se poser est la suivante : Que serait la discipline de physique sans approche expérimentale ? La physique serait dès lors axée sur une approche mathématique. La confrontation avec la réalité serait alors difficile, voire impossible. Les activités des apprenants se limiteraient à une résolution d'exercice, et les questions de ces derniers seraient du type (pour des problèmes simples) : Quelle est la formule que je vais appliquer ? Lors de problèmes plus complexes, la démarche employée par les élèves serait dès lors purement mathématique. De plus, comment feraient les enseignants pour donner du sens, par exemple, aux paramètres de positions (x , y , z) et/ou temporelle (t) et aux fonctions $f(x)$, $f(t)$ correspondantes ? Un enseignement de physique sans aucune expérimentation engendrerait la réussite d'une minorité, capable à conceptualiser dans l'abstraction la plus totale (Giuseppin, 1996).

L'apprentissage par l'expérimentation est un axe fondamental de l'enseignement de la physique, permettant de susciter l'intérêt des élèves (Tagjeddine, 1995). Les travaux pratiques (TP) sont un lieu privilégié du développement des « démarches scientifiques » associés aux situations-problèmes, à l'investigation scientifique, aux activités de modélisation... (Richoux, 2005). Ils permettent de façon générale aux élèves de se confronter aux concepts vus au préalable en cours. Le TP « découverte » en est une exception : les élèves découvrent (d'où son nom) par eux-mêmes, via un dispositif expérimental, un concept/une loi de physique.

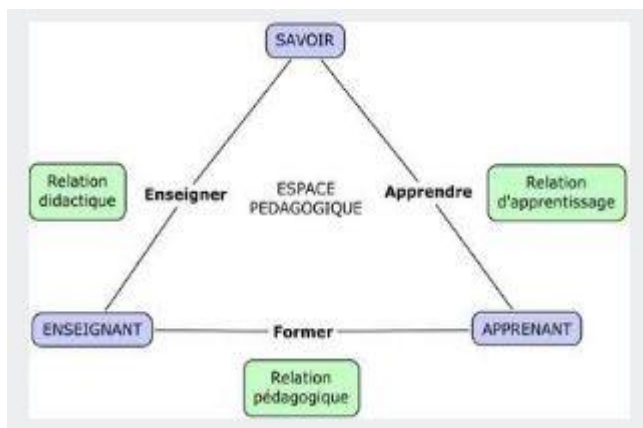
Les élèves sont alors les principaux acteurs et ont alors accès au réel. Ils élaborent, affinent des représentations afin de mieux concevoir certaines notions pouvant être abstraites, confuses ou non comprises lors des cours. Ils s'appuient et enrichissent donc leur matrice cognitive lors de ces séances (Larcher, 2003).

Il est, de ce fait, du ressort de l'enseignant de mettre en place diverses activités, divers types de TP pour 2 raisons principales:

- Réduire le côté monotone d'une procédure bien connue et répétée ; cela peut alors induire un effet de surprise chez les élèves, augmentant leur intérêt lors de la tâche.
- Augmenter les capacités des élèves : la variation est propice, permettant d'augmenter la créativité du jeune, son esprit de synthèse, de l'aider à se structurer. Il sera à même de faire des choix, manipuler divers instrument (contrôle de gestes), de concevoir des principes techniques, d'acquérir des résultats numériques et de mesures, de mettre en œuvre des méthodes de calcul, d'utiliser divers représentation graphique... (Larcher, 2003 ; Richoux, 2005)

2.1 Le triangle pédagogique d'Houssaye

Le triangle de Houssaye ci-dessous (figure 1) est une représentation des interactions possibles au sein d'une classe. Il sera utile pour décrire la dynamique de l'engagement des élèves.



(Figure 1 : Triangle Houssaye, espace pédagogique)

L'enseignant, l'apprenant et le savoir sont placés sur chacun des sommets du triangle. Les côtés représentent les relations spécifiques :

- Entre l'enseignant et l'apprenant, il s'agit de la relation pédagogique. L'enseignant forme l'apprenant. C'est un moment où l'enseignant met en place des questions de type cognitives ou métacognitives, afin de faire évoluer l'apprenant dans la compréhension des concepts abordés au préalable. Le travail peut aussi être fait en groupe, favorisant

des échanges entre élèves, amenant des conflits cognitifs qui permettent une structuration des connaissances. Cet « axe » est utile pour l'enseignant car cela lui permet de « jauger » l'apprenant et de lui faire ressortir ou mettre en évidence ses préconceptions erronées.

- Entre l'apprenant et le savoir, il s'agit de la relation d'apprentissage. L'apprenant s'instruit et apprend. L'enseignant se doit de mettre en place des situations adéquates engageant les élèves dans cette démarche. Cela entraîne les élèves à découvrir de nouveaux concepts et d'attiser leur curiosité, ou alors de mobiliser des connaissances antérieures dans une situation nouvelle. Une fois les directives données, l'enseignant se doit d'être en retrait, afin de laisser les élèves dans leurs propres réflexions. Comme précédemment, la tâche peut être effectuée via un travail de groupe.
- Entre l'enseignant et le savoir, il s'agit de la relation didactique. L'enseignant transmet le savoir, il enseigne sa leçon méticuleusement préparé au préalable. L'élève, en retrait, écoute et prend des notes du savoir qu'on lui transmet.

Houssaye explique que chaque intervalle de temps d'une leçon met en avant un côté spécifique et ses deux sommets correspondant. Le reste du triangle est donc en retrait. L'intérêt et l'engagement des élèves sur un concept peuvent être mobilisés sur chacun des côtés du triangle. Ceci dit, les axes « former » et « apprendre » sont plus propices, car ils sont porteurs de situations adéquates, plus motivantes pour les élèves. Ils sont acteurs et non en retrait.

2.2 Milieu antagoniste-situation adidactique (Sensevy, 2007)

Afin d'apprendre un savoir jusqu'à lors inconnu, il est nécessaire d'établir un milieu entre l'enseignant et l'apprenant. Un exemple représentatif donné par Sensevy est le suivant :

« Pour apprendre à nager, A plongera dans l'eau en essayant de survivre, puis d'avancer, puis de faire sien le nouveau milieu, le rôle de B se limitant à l'accompagnement bienveillant ». La source d'eau (le milieu) est située entre l'apprenant (A) et l'enseignant (B). (A) est en constante interaction avec le milieu, (B) est en retrait avec une possibilité d'action. Ce milieu est donc médiateur de l'apprentissage : si l'apprenant ne tente rien, il se noie.

Il est donc crucial pour le professeur de synthétiser ce genre de milieu, afin de transmettre un savoir. Un jeu stratégique de savoir doit être introduit au sein du milieu, la situation adidactique selon Brousseau (1990), afin d'amener la plus grande majorité d'élèves possible à

l'apprentissage fixé. La situation adidactique comprend le milieu et les élèves. C'est une situation à finalité didactique (organisé par l'enseignant) où les élèves répondent indépendamment des attentes du maître (situation non didactique). Lorsque l'apprenant établit une approche gagnante du jeu, c'est en partie grâce aux rétroactions qu'il a pu réaliser sur le milieu. Lors de cette situation adidactique, l'élève ne contrôle pas, mais modifie ses connaissances grâce au milieu. Il doit donc avoir une part d'incertitude chez l'élève vis-à-vis des décisions à prendre. Le rôle de l'enseignant est crucial pour orienter l'évolution, la modification des connaissances des élèves vers des savoirs institutionnalisés.

2.3 Théorie de l'action conjointe en didactique (Sensevy 2007)

C'est un phénomène lié à la transmission du savoir. Les connaissances sont véhiculées grâce à des interactions alternées entre l'enseignant et les apprenants. Cette action conjointe se construit en fonction du contexte de la classe. Il s'agit donc d'un déroulement (un ensemble d'actions didactiques) de la part de l'enseignant, permettant d'engager les élèves dans le processus d'apprentissage de concept divers. Son but est donc d'instaurer une construction sociale du savoir via ce qu'on appelle le « learning game » (terme employé chez Venturini P., Amade-Escot C. (2014)), servant à maintenir la relation didactique caractérisé par le milieu et le contrat didactique. Ce milieu est en évolution temporelle durant une leçon.

Le learning game se développe à l'aide de trois genèses :

- La « mésogénèse » (genèse du milieu) : L'enseignant réorganise le milieu et le milieu est réorganisé par les interventions des apprenants.
- La « chronogénèse » (genèse du temps didactique) : L'enseignant définit un rythme de travail qui évolue en fonction de l'acquisition des connaissances transmises via l'action conjointe.
- La « topogénèse » (genèse des positions) : L'enseignant définit, gère son taux de participation, attribue des rôles aux apprenants (en collectif ou en individuel).

La construction du savoir via l'action conjointe sera un outil clef pour décrire l'engagement et l'intérêt des élèves lors des différents travaux pratiques mis en place.

2.4 Le quadruplet de Sensevy

Sensevy définit les stratégies du jeu de l'enseignant avec le quadruplet d'actions suivant (Sensevy, 2007):

Définir, Dévoluer, Réguler, Institutionnaliser.

- *Définir* représente les consignes qu'instaure l'enseignant afin que les élèves sachent exactement à quel jeu ils auront à jouer.
- *Dévoluer* représente la stratégie mise en place par l'enseignant pour que les élèves rentrent dans le jeu, qu'ils adhèrent au « projet du maître »
- *Réguler* représente les actions mises en place par l'enseignant afin que les élèves trouvent les stratégies gagnantes.
- *Institutionnalisation* représente la conclusion du jeu mis en place par l'enseignant. Il valide les stratégies gagnantes (connaissances justes) apportées par les élèves durant le jeu, invalide les autres stratégies.

L'une des clés, permettant de produire un engagement significatif chez les élèves réside dans l'action de dévolution (défini en premier lieu par Brousseau (1990)). Astolfi (2014) reprend ce concept dans son texte et le définit de cette manière (Astolfi, 2014) :

La dévolution « vise à ce que la classe reconnaisse comme sien le problème qui lui est proposé sans qu'elle soit à la source du questionnement. Et de surcroît, qu'elle engage sa responsabilité en « première personne » dans la résolution. Elle doit intérioriser une demande qui, au départ, est extérieure ».

L'enseignant arrive donc avec son projet, le « projet du maître ». Si aucune « ruse » n'est mise en place, son projet produira que peu de transmission de connaissances du fait de la non adhérence des élèves. La conséquence de cela impliquera une conservation des conceptions erronées provenant de sa vision propre de la réalité. L'astuce, qui est loin d'être évidente, implique donc que l'enseignant trouve le moyen d'instaurer une motivation, une envie spontanée chez les apprenants afin qu'ils s'approprient son projet, qu'ils leurs appartiennent, viennent d'eux-mêmes : « Tout faire en ne faisant rien » « Que la leçon se trouve disposée autour de l'élève... sans qu'il pense en recevoir aucune » (Jean Jacques Rousseau).

La dévolution peut être donc définie comme un « artifice » permettant d'instaurer une « réflexion naturelle » chez les élèves. Astolfi (2014) conclut : « la dévolution fonctionne donc

comme une sorte de « pied dans la porte », qui engage la classe à résoudre une question qui n'était pas a priori la sienne ».

On comprend donc que la dévolution est une action déterminante de l'enseignant permettant d'engager ses élèves dans la tâche. Les travaux pratiques proposés utilisent, de par leur conception, la dévolution. L'enseignant se doit de scénariser cette dévolution pour qu'elle ait plus d'impact sur les élèves.

3. Méthodologie

3.1 Environnement des classes.

L'étude c'est effectuée au gymnase de Beaulieu, dans une classe de culture générale de première année (1C3) de 25 élèves (11 garçons, 14 filles) et dans classe de discipline fondamentale de deuxième année (2M08) de 20 élèves (11 garçons, 9 filles).

Pour la classe 1C3, il est difficile d'engager ce type d'élèves en pleine recherche d'identité, qui n'auront pour la plupart plus de physique lors de leur cursus de formation. Cette discipline faisant partie du groupe science comportant aussi la biologie et la chimie n'aide en rien à lui donné de l'importance. Un nombre important d'élèves sont en difficulté en physique ou de façon générale : 15 élèves sur 25 ont moins de 4 de moyenne sur l'année en physique. Les moyennes vont de 3 à 5. De plus, les résultats du premier semestre montraient que 16 élèves se situaient avec 1 ou plusieurs notes moyennes insuffisantes.

Concernant la classe de 2M08, les élèves sont plus studieux en comparaison de la 1C3 : 3 élèves sur 20 on en dessous de 4 de moyenne sur l'année en physique. Les moyennes vont de 3,5 à 5,5. Ceci dit, ils se retrouvent dans une situation similaire à la classe de 1C3 ; c'est leur dernière année scolaire de physique, sans examen final. Il est donc difficile de les engager surtout quand la fin de l'année approche.

3.2 Les TP à situation adidactique

3.2.1 Le TP défi

Le « TP défi », comme son nom l'indique, entraine les élèves dans une scénarisation ou ils seront amenés à être défiés. Un « challenge » leur sera alors proposé. Ils devront le surmonter

grâce à l'application des concepts théoriques vus au préalable en cours. Le défi peut représenter un paramètre « caché » qu'ils doivent retrouver, un paramètre à respecter, un but précis à atteindre lors de l'expérience. Différentes stratégies sont alors possibles pour l'enseignant dans ce genre de TP : agir préliminairement via une action conjointe enseignant-élèves afin d'aider les apprenants à relever le défi, ou éventuellement, de demander aux élèves de réfléchir à une stratégie de groupe une semaine avant le TP défi. On peut imaginer l'application de cette dernière solution si l'on doit optimiser le temps à disposition afin d'atteindre l'objectif souhaité.

Afin de mieux concevoir ces TP défi, en voici quelques exemples :

- Le TP de la boîte « noire », remplie de divers composants électriques branchés en série, par laquelle en ressort seulement 2 fils que l'on raccorde directement sur un oscilloscope ou via une analyse logicielle spécifique. En fonction du signal, ils doivent retrouver les différents composants présents au sein de cette boîte et leurs caractéristiques. A la fin de la séance, l'enseignant et le groupe d'élève ouvre cette fameuse boîte et en vérifie son contenu.
- Le TP du « dynamomètre cachée ». Un nœud relie 3 fils tendus, retenu par des serre-joints (sur les extrémités d'une table), sur lesquels on a placé au préalable des dynamomètres. L'un d'eux est caché par une feuille non transparente, scotchée sur la table. Les élèves via une analyse graphique et l'utilisation de la première loi de Newton doivent retrouver la valeur affichée par le dynamomètre caché. A la fin de la séance, une fois qu'ils pensent avoir le bon résultat à la suite de leur analyse, les élèves retirent la feuille cachant la valeur, pour y avoir accès.
- Le TP de balistique. Un canon tirant des projectiles avec une vitesse de sortie qu'ils doivent déterminer est placé au bord d'une table à une certaine hauteur. L'enseignant place une cible à une certaine distance donnée du canon, variable pour les différents groupes. Les élèves disposant des mêmes canons et projectiles font alors l'analyse permettant d'atteindre le centre de la cible (avec une incertitude donnée). Ils doivent donc orienter le canon avec un angle précis. A la fin de la séance, les élèves « tirent » afin de vérifier si le projectile a bien atteint le centre de la cible.

Le côté « défi » est similaire à une compétition quelconque. Il y a aussi un côté suspens qui est présent : les élèves connaîtront le fruit de leur travail, du résultat de leurs recherches à la toute fin des deux périodes du TP. Les élèves s'approprient de ce fait le TP comme si le but, la finalité leur étaient chère, venait d'eux-mêmes. Ils ont envie de connaître le verdict final. Si cet aspect

entre en « jeu », la dévotion est donc totale : ils sont plus réceptif à l'introduction du TP et aux manipulations à effectuer, ils réfléchissent davantage aux stratégies à adopter afin d'être le plus précis possible (lors des mesures expérimentales ou de la démarche), des calculs, ils sollicitent davantage l'enseignant lors de potentielles incompréhensions, de préconceptions...

De plus, ces TP permettent une institutionnalisation efficace pour les enseignants de physique. Il suffit d'une faible variation par exemple entre la valeur cherché et la valeur véritable/théorique pour que les élèves soient satisfaits du travail effectué. Ils ont de plus « levé » le suspens. Le coté compétition est toujours présent, et le groupe ayant trouvé un résultat au plus proche de ce que le défi demandait se sent donc vainqueur. Le rôle crucial de l'enseignant est dire à ces élèves : « S'il y a une variation, infime soit-elle, entre la valeur que vous avez trouvée par votre analyse et la valeur attendue/théorique, cela veut donc dire que quelque part, vous n'avez pas relevé le défi ! Ce que j'attends donc de vous c'est de me dire qu'elles sont les facteurs ayant amené cette différence ! »

Cette remarque déstabilise les élèves satisfaits et confiants du travail qu'ils ont effectués. Les « vainqueurs » ayant relâché leur attention sont sous « état de choc », comme si on leur avait retiré leur victoire. L'attention des élèves remonte. Cela crée un contraste, un conflit cognitif avec les élèves. Cela permet de leur donné un « élan final » afin de discuter leurs résultats et de conclure leur TP. Le but de l'enseignant avec cette remarque est clair : stimuler l'esprit critique du jeune, qu'ils remettent en question la validité de l'expérience, le(s) modèle(s) qu'ils ont utilisés, les approximations qu'ils ont posées, les différentes erreurs expérimentales qui ont pu être faite. Tout cela dans le but d'amener une discussion « riche » et non les fameuses phrases « bateau » du type : « Notre approche expérimentale nous a amené à une valeur proche de la valeur théorique attendue. Cela confirme la validité du modèle/de la loi utilisé(e)... Nous sommes donc satisfaits de notre travail ».

3.2.1.1 Le TP défi sur la 2nd loi de Newton

Dans ce TP, grâce au matériel, aux données expérimentales à disposition (temps de passages et diverses masselottes de masse m_i) et à l'application de la seconde loi de Newton, les élèves ont dû retrouver la masse du chariot M' . Les résultats trouvés par les groupes d'élèves pourront, en fin de séance, être comparés à la pesée de ce chariot sur une balance de précision (masse M). Le défi est donc d'obtenir une masse M' le plus proche possible de la masse M .

Lors de ce TP, les élèves étaient au nombre de 13, répartis en 5 groupes de deux et un groupe de 3 élèves. Le recueil des données a été réalisé via un enregistrement vidéo de deux périodes de 45 minutes (plus la pause de 5 minutes). La caméra a été placée dans le coin arrière de la salle ; de sorte à pouvoir analyser le travail des élèves, leurs interactions au sein de leur groupe et les interactions élèves-professeur. Les élèves sont amenés dans un premier temps, à se regrouper autour d'un des rails pour décrire les expériences mises en place par enseignant. Puis, un rafraichissement des connaissances portant sur l'accélération leur sera proposé autour d'un rail incliné. Ces élèves sont familiarisés avec les rails à air, car ils ont suivi un TP sur l'accélération lors du premier semestre. Une action conjointe enseignant-élèves sera alors mise en place pour introduire les forces en jeu et la seconde loi de cette situation-problème. A la suite de cela, les élèves pourront commencer leurs manipulations et leurs calculs nécessaires pour lever le défi. Pour finir, une institutionnalisation finale sera apportée par l'enseignant.

Un rapport du TP est à soumettre au professeur la semaine suivante et sera noté. La moyenne de ces notes de TP comptant pour un tiers de la moyenne finale.

3.2.2 Le TP par postes

Le TP « par poste » comme son nom l'indique implique différentes expériences, par postes, mises en place au préalable par l'enseignant. Le but de ce genre de TP est basé en priorité sur l'observation, avec une demande de déductions mathématiques sur les observables si possible ou alors de schématiser/décrire/analyser ce qui est en jeu. L'introduction des postes se doit d'être rapide, maximum 20 minutes (l'enseignant pourra donner quelques indices sur les observables attendus). Le matériel doit être présenté aux élèves, surtout s'il s'agit d'une nouveauté. Les consignes du TP doivent être légères, brèves, incitant l'élève à modifier par lui-même les paramètres des diverses expériences. La liberté et le temps de manipulation à disposition des élèves sont donc significatifs. Chaque groupes d'élèves passent x minutes par poste et tournent afin d'effectuer l'ensemble des expériences mises en place. Il y a donc, en plus de la recherche d'autonomie et d'observation, un coté dynamique stimulant les élèves à la tâche.

On laisse donc, selon le triangle d'Houssaye, une plus grande place à l'interaction entre les apprenants et le savoir. Ceci dit, l'enseignant se doit d'être présent afin de réorienter les élèves qui ne seraient pas sur la « bonne piste » après quelques minutes d'observations et de manipulations. L'enseignant doit donc mettre en place un processus de métacognition chez les élèves en difficultés. Il peut être présent aussi pour effectuer des légères phases

d'institutionnalisations avec des groupes ayant bien avancé sur un poste. Ces interventions permettront aux élèves d'aller « plus loin » dans le savoir que dans une situation où ils seraient livrés à eux-mêmes.

Une institutionnalisation finale doit être effectuée par l'enseignant. Ce genre de TP peut engendrer une richesse considérable dans les retours apportés par les élèves du fait du côté unique des manipulations, des observations et des analyses effectuées par chacun des groupes. Du fait de la grande liberté laissée aux élèves, il est recommandé d'évaluer ce TP.

3.2.2.1 Le TP par postes sur les ondes périodiques

Lors de ce TP, les élèves étaient au nombre de 10, répartis en 5 groupes de deux élèves. Le recueil des données a été réalisé via un enregistrement vidéo de deux périodes de 45 minutes (plus la pause de 5 minutes). La caméra a été placée en alternance, soit dans le coin arrière de la salle de sorte à pouvoir analyser le travail effectué par l'ensemble des élèves, soit en main propre de l'enseignant afin d'enregistrer les interactions enseignants-élèves, ainsi que des interactions précises au sein d'un groupe.

L'enseignant a mis en place 5 postes différents (avec un poste dédoublé) :

- Un poste dédoublé sur la corde vibrante : une corde élastique est fixée à ses extrémités et peut être mise en vibration grâce à un excitateur relié à un générateur de fréquence. Le but est de faire découvrir aux élèves les ondes stationnaires, la fréquence fondamentale propre du système et ses harmoniques. Les termes employés lors de la présentation de l'expérience est du type langage quotidien (non-scientifique), afin de pouvoir institutionnaliser ce vocabulaire (nœuds, ventres fondamentale, harmoniques...) en temps voulu avec les élèves.
- Une cuve à onde avec 2 pointes simulant des ondes périodique circulaire : un générateur de fréquence (en phase) excite les 2 pointes créant une perturbation à la surface de l'eau, engendrant des interférences destructives/constructives. Les élèves sont amenés à schématiser la situation et de se rappeler des notions d'interférences vues en cours au préalable.
- Une cuve à onde avec un exciteur relié à une barre simulant des ondes périodiques planes : même procédé. Les élèves sont amenés à placer divers obstacles sur la « route » des ondes planes formées, permettant ainsi de voir les phénomènes de diffraction (découverte pour les élèves, concept non abordé au cours). L'enseignant précisera tout

de même de simuler une ouverture plus ou moins grande. Les élèves ont à disposition divers types d'obstacles de diverses formes. Ils doivent schématiser et tenter d'expliquer les phénomènes observés en fonction des situations engendrées

- Une cuve à onde avec une pointe simulant une onde périodique circulaire : même procédé. Les élèves sont amenés à mesurer la longueur d'onde (à fréquence fixe), puis à déterminer la vitesse de propagation de cette onde à la surface de l'eau. Ils doivent se rappeler des concepts sur les ondes périodiques vues en cours. L'enseignant place une pièce de monnaie dans l'eau et indique qu'elle mesure 2 centimètres de diamètre.
- Un haut-parleur relié à un générateur de fréquence. Ce poste se trouve dans une autre pièce juxtaposé. Les élèves sont censés mesurer leur propre « intervalle » de fréquence audible. Ce poste n'est pas évalué. L'enseignant questionne les élèves sur les fréquences sonores perceptibles par l'homme (perception des sons de 20 à 20000 Hz). Il prend aussi le temps d'expliquer l'importance de ne pas rester à haute fréquence avec une grande amplitude à cause de malaises potentiels pouvant survenir.

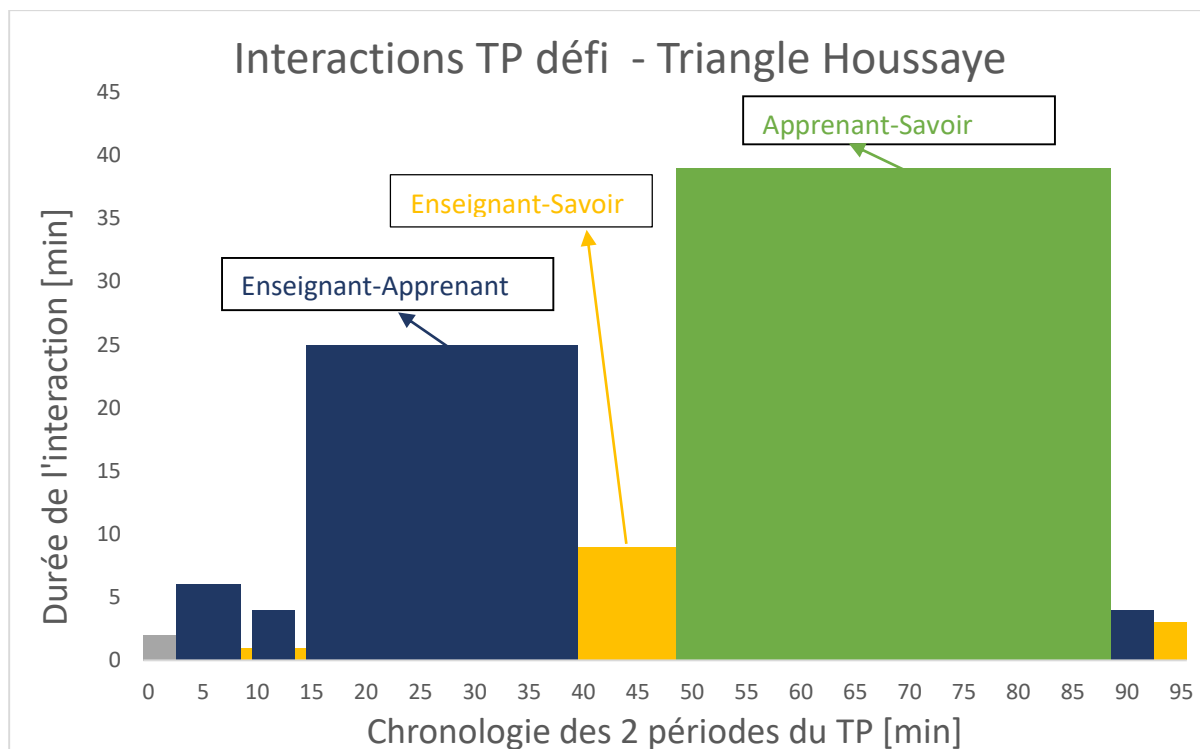
Une institutionnalisation finale sera effectuée par l'enseignant, afin que chaque élève puisse disposer des savoirs mis en place au sein des divers postes. Un compte rendu de ce TP devra être transmis à l'enseignant avant cette institutionnalisation et sera noté.

4. Résultats :

Une fois les 2x2 périodes de TP enregistrées, les synopsis de ces séances ont été rédigés (voir annexe). Ils seront les principaux supports d'analyses. Les différents « outils » mentionnés dans le cadre théorique seront utilisés pour répondre à la problématique.

4.1 Le TP défi du rail à air :

Du synopsis (voir en annexe), une analyse chronologique du TP défi a été effectuée avec en parallèle, la durée des 3 types d'interactions du triangle d'Houssaye. Le graphique correspondant est fourni ci-dessous (figure 2) :



(Figure 2 : Analyse chronologique du TP défi avec les interactions du triangle d'Houssaye)

Les trois premières minutes ont servi à rassembler les élèves autour d'un des rails, à faire l'appel et à expliquer brièvement le sujet du TP. L'enseignant définit le jeu auquel devront jouer les élèves. Une relation de proximité s'effectue

Les interactions de type enseignant-apprenants (relation pédagogique) représentent 38 minutes sur 95 minutes, dont 34 minutes quasiment ininterrompues dans la première partie du TP.

L'enseignant pose, selon sa planification et la logique du « fil à suivre », une multitude de questions (plutôt de type cognitives) permettant d'amener les apprenants, via la mobilisation des concepts théoriques vus en amont, à réussir le « défi » lancé. L'action conjointe est mise en place et amène les élèves dans un processus d'apprentissage. Laissés seuls, les apprenants seraient, pour une grande majorité, incapables de réussir cet objectif. Ce temps d'action conjointe est élevé pour une séance de TP. Les élèves arrivent à cette séance avec des lacunes importantes sur le sujet et manquent cruellement d'entraînement. Ceci étant dû en partie à deux périodes de cours manquées suite à un problème de gestion de classe entrepris par l'enseignant responsable au préalable (M. Michel).

Ceci dit, ce « learning game » a permis d'engager 12 élèves sur 13 sur ces 38 minutes (5 élèves plus régulièrement que les autres). Ce taux de participation est élevé surtout si en prend en compte le nombre important d'élèves en difficulté au sein de cette matière, au nombre d'élèves

en difficultés scolaires. Ces élèves peuvent perdre le « fil » facilement et rapidement. L'action conjointe cumulée à l'aspect « défi » du TP a permis aux élèves de rester concentrés sur une longue durée, d'effacer leurs préconceptions erronées et d'entrer dans un processus d'apprentissage solide sur les concepts de forces et sur les lois de Newton.

En reprenant le synopsis du TP « rail à air » entre 8h17 et 8h28, par exemple, on voit bien que l'enseignant instaure des stratégies, afin que les élèves trouvent les réponses par eux-mêmes et soient à même de reproduire ces « réflexes », ces stratégies dans de futurs cas similaires. Les élèves sont en pleine rencontre avec leur « ignorance ». Ils semblent donc intéressés par le défi proposé et sont quelque part intrigués vis-à-vis du « suspens » instauré par l'enseignant (but du TP et défi introduit à 8h23). Le cadre est inhabituel : la notice de TP n'est pas distribuée immédiatement, le problème est résolu en interaction pour pouvoir par la suite relever le défi. Les consignes ne sont pas du type « faites ci, faite ça » ou encore « montrer en traçant le graphique que... ».

Entre 8h29 et 8h35, l'enseignant indique aux apprenants la stratégie à suivre afin de retrouver la masse M du chariot. Il construit avec ces derniers le bilan des forces exercé sur la masse M . La participation et la concentration des élèves est excellente. Ils semblent satisfaits de cette façon de faire et de la situation expérimentale concrète expliquant la théorie vue en cours au préalable. La tension dans le fil est la force qui pose plus de problème aux élèves. Le sens de cette force est comprise grâce au sens de l'accélération et à la seconde loi de Newton. L'enseignant fini en institutionnalisant ce qui a été fait jusqu'ici.

Entre 8h35 et 8h40, le bilan des forces sur la masselotte m est effectué avec les élèves. Les élèves établissent une unique force, celle de pesanteur. L'enseignant lâche la masse m d'une certaine hauteur en chute libre afin de comparer ces situations. Les apprenants ont de la peine à concevoir le fait qu'il y ait une « deuxième tension » et donc mentionnent une force de soutien de l'air. L'enseignant avait prévu cette difficulté rencontrée par les élèves et propose une expérience-situation avec un fil relié à deux dynamomètres. Il lève donc cette difficulté et en même temps, en utilisant la même expérience avec l'ajout d'une poulie sur le fils, détruit la préconception erronée que la poulie réduit la tension. Les élèves finissent par être unanimement convaincus.

Puis, l'enseignant pose la question aux élèves sur les valeurs des deux accélérations (chariot et masselotte). Ici encore, il avait prévu la difficulté des élèves. Certains mentionnent le côté élastique du fil, les autres ont du mal à se positionner. L'enseignant propose l'image de la

dépanneuse, et pose l'hypothèse du fil inélastique, comme s'il était en acier. Il se met à accélérer en tirant la masselotte derrière lui. Les élèves finissent par être unanimement convaincus.

Ces deux moments, qui ont levé les doutes à propos des préconceptions erronées chez les élèves sont importants et permettent un véritable apprentissage chez les élèves. Ces phases d'institutionnalisations de l'enseignant permettent de pouvoir engager plus sereinement la résolution vectorielle du problème avec la seconde loi de Newton. Depuis le début de la séance, il y a un équilibre entre l'observation, les problèmes et les questions-réponses fournies par les élèves ou par l'enseignant. L'enseignant encourage les élèves à répondre aux questions via l'observation sur une action de type expérimentale, ou alors via une situation « scénarisée » qui sera testée de façon expérimentale par la suite. De ce fait, l'enseignant a maintenu les élèves engagés dans la résolution du problème. Il demande implicitement de reformuler leurs phrases et continue le processus de questionnement des élèves pour avoir la bonne forme de réponse souhaitée.

Ces divers éléments mentionnés facilitent le raisonnement des élèves. Cela permet à l'enseignant d'identifier les connaissances des élèves à chaque étape du « learning game » (Venturini P., Amade-Escot C. (2014)). Il peut dès lors délimiter/appuyer sur les éléments importants, poser des vérités sur lesquelles les élèves peuvent s'identifier pour débattre sur le reste, institutionnaliser fréquemment les éléments du savoir à mesure que la résolution du problème avance afin de stabiliser les éléments importants. Cela engendre un climat dynamique, sans rupture, permettant de maintenir les élèves dans le learning game.

C'est à partir de ce moment que le « vrai challenge » commence pour l'enseignant au niveau des éléments suivants : les équations, les vecteurs, les projections. Les élèves déjà satisfaits du travail accompli, des savoirs appris jusqu'ici, ont, de ce fait, « dépensé » une quantité importante de leurs ressources cognitives pour y arriver.

Entre 8h40 et 8h53 l'enseignant et les élèves appliquent la seconde loi de Newton sur la masse M . Les questions des élèves sont nombreuses. L'enseignant régule fréquemment en répondant à l'ensemble de questions posées et en revenant sur la théorie vue en cours. Il institutionnalise le savoir quand l'ensemble des élèves sont en accord. Le problème est complexe, composé de deux masses différentes reliées entre elles. Les vecteurs, le système d'axe en deux dimensions, les projections, les équations engendrent trop de difficultés chez les élèves. L'action conjointe est donc beaucoup moins productive, le rythme d'apprentissage décroît significativement.

L'enseignant conclue lui-même quand la situation n'est plus productive, le milieu évolue. Une baisse de motivation est remarquée chez une grande partie des élèves.

A 8h53, l'enseignant décide de simplifier le problème et limite les interactions avec les apprenants. Le rythme devient plus soutenu et les élèves reviennent à un processus d'apprentissage. La relation pédagogique s'est transformée en relation didactique : l'axe est davantage porté sur l'enseignant et le savoir (même si les interactions avec les élèves demeurent).

A 9h00, l'ensemble des « outils » nécessaires pour relever le défi ont été mis en place. L'enseignant a fini son institutionnalisation sur l'ensemble des concepts abordés. Il revient sur le TP précédent, afin de faire l'analogie sur la partie graphique qui permettra de retrouver la masse M du chariot. Il distribue la notice du TP, revient sur les différentes masselottes à disposition, rappelle rapidement l'obtention des différents temps donnés par l'appareil de mesure. Pour finir il demande aux élèves de placer leurs données expérimentales au sein du tableau suivant :

t_{c1}	t_{c2}	t_{c1-2}	v_1	v_2	a	m	g	$F_{p(m)}$
[s]	[s]	[s]	[m/s]	[m/s]	[m/s ²]	[kg]	[m/s ²]	[N]

A partir de ce moment les élèves auront 40 minutes pour faire leurs manipulations, placer les différentes observables au sein du tableau et calculer les paramètres nécessaires, ainsi que tracer (commencer) le graphique. La situation adidactique élève-milieu démarre. C'est un moment où les apprenants mesurent, rétroagissent avec le milieu en fonction des observables obtenues, sont censés exercer leur sens critique quand la valeur des paramètres (vitesses et accélérations) ne semble pas correspondre avec la réalité (masselottes qui touchent le sol trop tôt par rapport au dernier capteur, transformations des unités originellement en [ms], [cm], [g]...). Les élèves ont donc la possibilité de modifier leurs connaissances grâce au milieu.

Les apprenants ont, dès l'apparition de ce moment dédié à la manipulation, une multitude de questions, montrant bien leur part d'incertitudes. L'enseignant est là, soit pour reconforter les élèves vis-à-vis de doutes non justifiés, soit à les laisser faire s'il estime qu'ils en seront capables sans son aide (afin d'exercer leurs capacités d'analyses et leurs esprits critique), soit d'étayer/réguler en cas de réel besoin pour que ces derniers puissent avoir l'ensemble des outils

nécessaires. A cause du faible créneau horaire, l'enseignant a plutôt tenté de maintenir le rythme de travail chez les élèves en les guidant, en égayant, en régulant régulièrement.

A 9h33, l'enseignant confirme le fait que la plupart des apprenants n'auront pas le temps de tracer le graphique. Il demande aux élèves de calculer ne serait-ce qu'avec une mesure, ce que vaut la masse M' du chariot. La plupart des élèves finissent leurs calculs de vitesse et d'accélération. Un groupe d'élève (à l'aise avec *Excel*) a sorti un ordinateur afin de faire les mesures plus rapidement et a été à même de tracer le graphique dans le temps imparti.

A 9h38, l'enseignant demande aux groupes disposant de 4-5 séries de mesures de refaire 1 à 2 mesures supplémentaires rapidement qu'ils traiteront par la suite à la maison. Ces séries augmenteront la précision de la courbe obtenue et permettra d'établir une discussion plus riche au sein de leurs rapports.

A 9h40, l'enseignant demande aux élèves de finir leurs derniers calculs afin de pouvoir passer au verdict : à la confrontation des masses M' calculées au sein des divers groupes avec la masse M d'un des chariots pesé. Cette « révélation » est effectuée à 9h45. L'enseignant demande à un élève de prendre un chariot, de le poser sur la balance et d'énoncer la valeur M à ses camarades. Voici leurs réactions tirées du synopsis (en annexe) :

E1: Ahhh cool

E2: Allezzzz!

E3 : tinnnnntiinnnntiinnnnn

E4 : Allez Marie !

E5 (Marie) : 184,5 grammes !

E6 : Ouais ! C'est ce qu'on a trouvé !

E7 : Oufff... on est loin quand même !

On voit que cette partie de « défi » présent au sein de ce TP a motivé les élèves jusqu'au bout, malgré un certain passage théorique vers la fin de la première période les ayant fait un peu « décrocher ».

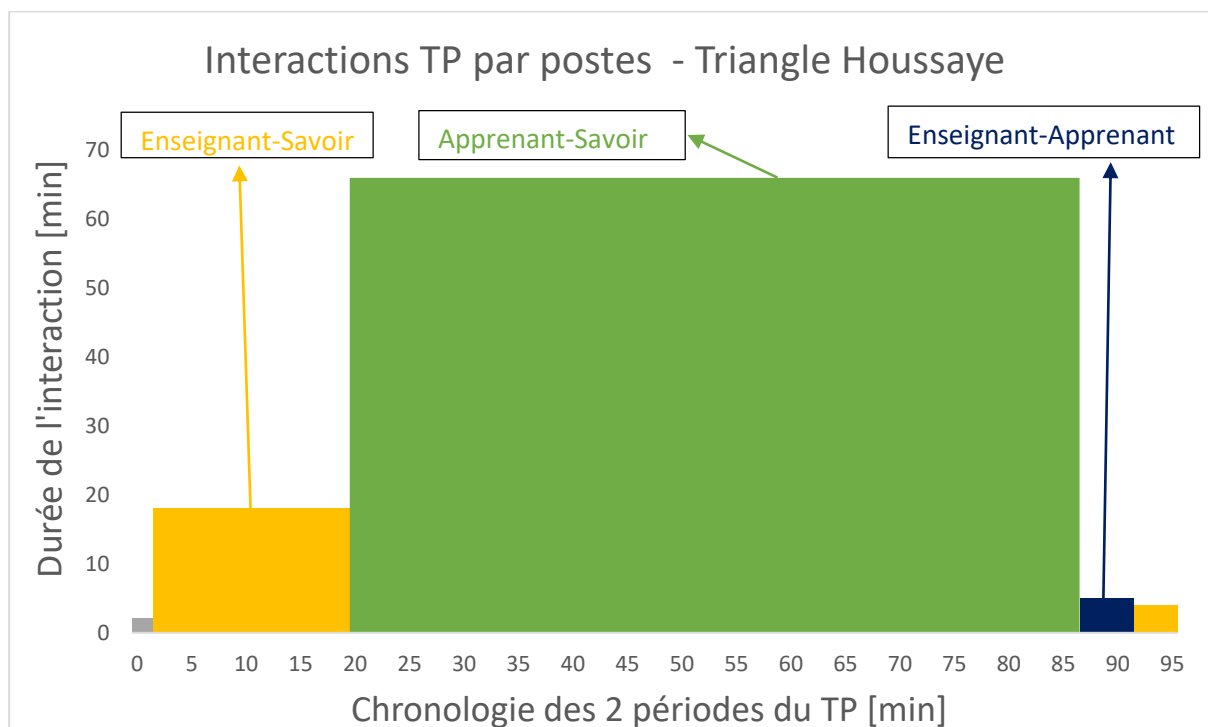
Les élèves qui ont décrochés momentanément auraient très bien pu le faire de façon définitive. De plus, du fait qu'une partie de ces élèves sont en difficultés scolaires importantes, ils auraient pu avoir tendance à se laisser aller. Cela n'a pas été le cas : tous les groupes ont joué le jeu

jusqu'au bout, l'intérêt des élèves était significatif. Ils ont voulu bien faire tant dans la précision de leurs mesures que dans leurs attitudes implicatives. Ce challenge a entraîné l'ensemble du groupe classe jusqu'au bout. La révélation de la masse du chariot pesé sur la balance lève le suspense et permet de confronter leur travail fourni.

A ce moment (9h46, reste 4-5 minutes) l'enseignant a que peu de temps pour institutionnaliser le TP, mais ce moment est indispensable pour les élèves. Il revient sur les différentes tâches effectuées durant la partie de manipulation, afin de remplir le tableau qui permettra de tracer le graphique. Il réexplique comment effectuer le graphique, refait l'analogie avec le TP précédent (qui fait appel au même procédé) : de la pente de la droite obtenu, on trouve la valeur M' . Il explique ce qu'il attend de la part des élèves dans la partie de discussion de leur rapport : le fait de mentionner les diverses sources d'erreurs expliquant la différence de masse entre celle trouvée (M') et celle pesée (M).

4.2 Le TP par postes :

Du synopsis (voir en annexe), une analyse chronologique du TP par postes a été effectuée avec en parallèle, la durée des 3 types d'interactions du triangle d'Houssaye. Le graphique correspondant est fourni ci-dessous (figure 3) :



(Figure 3 : Analyse chronologique du TP par poste avec les interactions du triangle d'Houssaye)

Avant toute chose, il faut mentionner le fait que la vidéo n'a pas enregistré toute la séance. Il manque les 9 dernières minutes correspondant aux interactions enseignant-élèves concernant le résultat de leur travail, ainsi que l'institutionnalisation finale de l'enseignant.

Les deux premières minutes ont servi à attendre l'ensemble des élèves et à faire l'appel. La partie suivante a duré 18 minutes. Les interactions ont été essentiellement entre l'enseignant et le savoir. Durant les 4 premières minutes correspondantes à ce créneau, l'enseignant a défini le jeu auquel devront jouer les élèves. Il rassure les élèves en leur mentionnant que la théorie des ondes périodiques n'est pas évidente à percevoir, que les concepts vus en cours peuvent rester « abstrait ». Il dévolue en leur expliquant que le TP du jour comporte 5 postes différents qui leur permettront, en partie, de confronter ces concepts vus en cours afin de mieux les concevoir. Les autres postes sont là pour découvrir de futurs concepts qui seront abordés par la suite au sein du cours.

L'enseignant définit les consignes du TP : Observer, manipuler, décrire et comprendre (avec si possible une idée de l'origine des phénomènes observés lors de découverte, ou d'une relation mathématique). Un compte rendu sur 4 des 5 postes est demandé aux élèves. Il devra être rendu en fin de séance. La notice du TP est distribuée et les consignes concernant l'enregistrement vidéo de la séance sont mentionnées.

L'enseignant va donc maintenant définir l'ensemble des 5 postes sur 14 minutes. Les élèves l'accompagnent, groupés. Une relation de proximité s'effectue. Ils sont concentrés et silencieux jusqu'au bout de ces 14 minutes. Les seuls mots prononcés sont relatifs à la demande de plus d'explications de l'expérience ou du matériel à disposition. Le fait de devoir travailler sur 5 postes en 90 minutes amène un côté dynamique au TP. De plus, les consignes ne sont pas classiques : elles ne guident pas « à la lettre » les élèves mais définissent une limitation, un cadre. Les élèves sont libres de toutes manipulations avec le matériel à disposition et c'est à eux de choisir ce qu'ils devront modifier par la suite. Ces deux aspects (« dynamique et libre ») sont responsables de cette stimulation chez les élèves qui sont à l'écoute de l'enseignant. Ils ne veulent rien manquer pour être à même de saisir les phénomènes à manipuler/observer.

L'enseignant commence par le poste 1 de la corde vibrante. Il fait l'analogie de cette corde avec les instruments de musique à cordes, dévoluant davantage le TP, lui donnant plus de sens. Il parle de « fréquence spéciale » et de « choses qui apparaîtront » afin de guider un minimum les élèves. Ce vocabulaire non scientifique est recherché à ce moment-là. Il sera ajusté lors des

interactions de l'enseignant avec les apprenants durant la période de manipulation et lors de l'institutionnalisation en fin de séance du TP.

Sur le poste 2 (mesure de la longueur d'onde et de la célérité des fronts d'onde à la surface de l'eau) de la cuve à onde, l'enseignant veut que les élèves se familiarisent avec les notions de longueur d'onde de fréquence, de période, de célérité déjà abordées au sein du cours. Il veut également qu'ils comprennent le fonctionnement de la cuve à onde (l'image à l'écran ne donne pas la taille réelle de la surface de l'eau). Il demande donc aux élèves de retrouver la longueur d'onde et la célérité de l'onde créée à la surface de l'eau.

Pour le poste 3 (interférences créées par deux sources), le concept n'est pas une découverte. L'enseignant appuie donc sur le fait que les apprenants doivent consolider la théorie vue la veille en cours afin de finir le processus d'apprentissage. Il explique le matériel et demande aux élèves de rapprocher leur tête du bord de l'eau en leur signifiant bien que l'observation peut être plus « riche » vers la surface de l'eau plutôt que sur l'écran.

Pour le poste 4 les élèves découvrent ce phénomène (diffraction). L'onde périodique est plane sur ce poste. L'enseignant explique que le but de ce poste est de placer divers objets sur la cuve et de schématiser leurs observations. Il indique quand même aux élèves de placer deux objets afin de simuler une « porte » plus ou moins ouverte.

Pour le dernier poste, l'enseignant veut que les élèves découvrent et notent leur intervalle d'audition en fréquence. Il revient sur des notions théoriques énoncées au préalable dans le cours (fréquences audible pour l'homme, théorique : 20 à 20000 Hz). En fonction des jeunes, cet intervalle sera plus ou moins réduit (caractéristique génétique et « habitudes sonores » : fréquence d'écoute de concerts live, de musique avec ses baladeurs). Ils arrivent aussi dans un âge où ils seront amenés à sortir en boîte de nuit ce qui leur permet de faire un lien avec leur quotidien et de dévoluer davantage. Ce poste servira de « pont » pour le chapitre du niveau d'intensité sonore et de la protection au bruit qui sera vu par la suite en cours.

Les élèves sont dès à présent libres de choisir leur premier poste et de commencer les manipulations. Ils ont, à partir de ce moment, deux stagiaires à leur disposition ainsi que le professeur responsable de la classe (M. Seppey). Cette période durera 66 minutes.

La situation adidactique est dès lors mise en place : le milieu est défini. Il sera médiateur de l'apprentissage tant au niveau des postes de type découverte, que pour les postes servant à consolider, à se familiariser avec les théories déjà abordées. Les élèves seront amenés à agir par

eux-mêmes, à rétroagir, afin de répondre aux critères mentionnés au préalable, établis par l'enseignant. La rétroaction est un des buts fondamentaux de ces TP par postes. Ils vont pouvoir, grâce à cela, aux décisions qu'ils seront amenés à prendre, à modifier leur connaissance de façon quasi indépendante. Diverses interactions enseignants-élèves, en action conjointe ou en régulation, seront tout de même présentes afin de guider l'évolution des groupes sur chacun des postes et d'institutionnaliser les savoirs.

Diverses interactions entre l'enseignant (moi-même) et les élèves sont établies dans le synopsis. Il s'agit d'une liste réduite de l'ensemble des interactions ayant eu lieu durant cette partie. Les questions établies par l'enseignant sont majoritairement de type métacognitive, afin de laisser libre court à l'expression de leurs observations et des stratégies mises en place par les étudiants. Cette action conjointe permet aux élèves d'aller plus loin que lors d'une situation où ils seraient complètement indépendants. Des termes non scientifiques (développés lors de l'explication des divers postes) sont transformés en langage scientifique une fois que les élèves ont répondu aux critères attendus par l'enseignant sur le poste en question. Les termes : ventre, nœud, fréquence fondamentale, les harmoniques, les interférences destructrices/constructrices, les ondes planes, les ondes primaires/secondaires (principe de Huygens), la diffraction...» en sont des exemples. Les élèves, ne connaissant pas initialement ces termes, tentent de les expliquer avec leurs mains lors de leurs discours, ou via un schéma. Cet apport de termes adéquats, scientifiques est donc opportun à ce moment précis et permet un véritable apprentissage. Les analogies mentionnées durant ces régulation/actions, entre les ondes planes sur la cuve avec la houle par exemple, ou les obstacles comme un rocher ou la digue d'un port rajoute en dévolution au TP et donne davantage de sens.

Les apprenants passent de poste en poste avec la même motivation qui perdure tout au long de cette partie « manipulation-élèves-savoir ». Pour plus de 90 % des discussions relevées entre élèves, il s'agissait de physique relative à l'étude du poste en question. Chacun des élèves a joué le jeu et s'est donc inscrit dans le processus d'apprentissage.

Un quart d'heure avant la fin de la séance, l'enseignant demande aux élèves de finir leur compte rendu qui ont été ramassés 5 minutes plus tard. Puis, l'enseignant revient sur chacun des postes avec les élèves en leur demandant un retour sur leur travail. Ce passage a duré 5 minutes. Pour finir, l'enseignant revient sur chacun des postes afin de modifier les connaissances instaurées par les élèves vers des savoirs institutionnalisés (partie manquante au sein du synopsis, vidéo)

5. Discussion :

Avant toute chose, il est évident de faire la remarque suivante : Il aurait été intéressant de comparer ces TP à situations adidactiques avec des « formes plus conventionnelle ». Par exemple, la manière plutôt répandue d'amener le TP du rail à air se caractérise de la façon suivante : « Peser la masse du chariot M. Pour chaque petite masse m , trouver l'accélération a_M du chariot correspondante. Tracer un graphique de F_p en fonction de a_M . Montrer que la seconde loi de Newton est bien vérifiée. »

On aurait alors cherché à visualiser l'impact sur les élèves entre ces deux formes de TP en comparant les synopsis, en analysant les actions conjointes entre l'enseignant et les élèves, en comparant les rapports des élèves (surtout la « richesse » de la partie discussion). Cela nous aurait permis de caractériser l'intérêt, l'engagement, l'esprit critique et l'apprentissage des élèves d'une façon accrue. Les TP s'effectuent avec un effectif de classe réduit de moitié. Il s'effectue donc sur 2 semaines consécutives. Du fait de ma collaboration avec un autre stagiaire (M. Dalessi) présent au sein des mêmes classes, cette comparaison entre TP défi ou par postes et TP classique n'a simplement pas été possible. Cette exploration reste néanmoins intéressante pour diverses études postérieures.

Dans ces 2 formes de TP adidactiques, l'enseignant problématise l'environnement d'apprentissage, encourage les élèves à prendre part au problème. En même temps, à certain moment, l'enseignant contrôle la mésogénèse, aidant les élèves à raisonner. Toujours dans ces moments, l'élaboration est commune, mais sous contrôle de l'enseignant, qui appuie sur les éléments importants donnés par les apprenants, propose une nouvelle réflexion, recadre quand les élèves stagnent ou sont non productifs. Tout cela permet aux élèves d'augmenter leurs capacités de raisonnement.

Lors de la première partie sur le TP du rail à air, la topogénèse est partagée. Selon Engle et Conant (Engle et Conan (2002)) cela engendre l'autorité qui amène les élèves à une action conjointe productive.

Une question demeure : Si le challenge intellectuel, ou si le sujet était moins intéressant, que ce serait-il passé ? On voit bien avec ce genre de classe (1C surtout) que lors des discussions sur des phénomènes sont de type qualitatif, un engagement des élèves peut être significatif. Par

contre dès que l'on y insère des relations mathématiques et que l'on aborde des sujets de façon quantitative, l'engagement et l'intérêt pour le sujet tombent en chute libre.

C'est d'ailleurs pour cela que l'on peut remettre en question la planification pour le TP du rail à air (loi Newton) : La séquence de théorie prévue, en action conjointe prévue, était de 38 minutes. Ce qui est déjà trop. Il est primordial que les élèves sortent en ayant compris l'expérience en lien avec les concepts établis au cours, qu'ils aient eu à disposition un temps suffisant pour effectuer les manipulations, les divers calculs nécessaires afin d'obtenir leur graphique $F_p(a)$ (et donc retrouver la masse M' du chariot). A partir de là, une discussion auraient dû être établie entre les valeurs calculées et la valeur pesée, sur les approximations posées, sur les sources d'erreurs ayant pu engendrer ces différences.

Or, les élèves ont commencé les manipulations dès la deuxième période et avaient à disposition environ 40 minutes pour retrouver la masse M' du chariot à partir du graphique. Pour une classe de 1C, malgré la distribution d'un graphique vierge leur faisant gagner du temps, ils leur étaient quasiment impossible d'en arriver à ce point. La discussion et l'institutionnalisation finale ne pouvaient pas être complète, satisfaisante.

Quel passage de la planification aurait donc pu être modifié, voire retiré ?

Jusqu'à l'établissement du bilan des forces (25 minutes), la mise en place des situations diverses employées par l'enseignant à instaurer une bonne dynamique de classe. Les élèves ont bien suivi et interagit, le côté du « défi » les a stimulés, les questions-observations-remarques-théorie ont été bien équilibrés. Les élèves se sont confrontés à leur « ignorance », ont abandonné de nombreuses préconceptions erronées sur les forces et les lois de Newton, sont entrés dans un processus d'apprentissage réel. Il serait donc judicieux de garder ce passage (en raison en plus du contexte mentionnée au préalable dans le rapport).

Puis la suite a posé beaucoup de difficultés, tant dans les interactions enseignant-élèves, qu'au niveau de la concentration des apprenants (apprentissage potentiel non efficace). Cette partie, effectuée en 17 minutes, aurait dû être enlevée. L'enseignant serait revenu avec les élèves, en ce point, sur la cause de l'accélération du système (dû à la force de pesanteur de la masselotte en chute). L'équation de la seconde loi de Newton aurait été plus « digeste » pour les élèves.

De plus, à partir du moment où le défi est instauré, les élèves stimulés ont qu'une seule envie : passer directement aux manipulations. Plus le temps s'écoule entre l'instauration du défi et le moment où les élèves « passent à l'action », plus cette dévolution s'en retrouve diminuée.

Afin de disposer d'une observable supplémentaire sur l'intérêt qu'ont eu les élèves à effectuer ces TP adidactiques de type défi ou par poste, un questionnaire en fin de séance aurait pu être distribué aux élèves. Les points abordés sur ce questionnaire auraient été : les points positifs et négatifs ressentis dans ce genre de TP, si oui ou non le côté du défi ou des divers postes ont amené plus d'intérêt et d'engagement, s'ils pensaient avoir appris plus en comparaison de TP plus usuel et quelles compétences ces TP ont le plus valorisés (entre : esprit critique, synthèse, évaluation, analyse, application, compréhension, connaissance).

6. Conclusion

L'engagement et l'apprentissage des élèves au sein de ces TP adidactiques a pu être mis en évidence au sein de la partie des résultats et de la discussion.

Pour le TP défi du rail à air, il semblerait que l'action conjointe combinée avec la partie défi soit la source de cet engagement et de l'apprentissage des élèves. Ceci dit, plus cette action conjointe perdure dans le temps, plus cela semble désengager les élèves, le côté stimulant du défi s'estompe dès lors progressivement. Cette manière d'aborder un TP est donc positive mais doit être limitée dans le temps (30 minutes maximum), afin de permettre aux élèves de s'engager rapidement au sein du milieu. La planification doit être modifiée comme il l'a été mentionné dans la partie discussion. Le but de l'enseignant au sein des travaux pratiques est d'instaurer toujours plus d'autonomie intellectuelle chez ses élèves. Plus un élève est autonome intellectuellement, plus il aura de l'estime de soi, plus il sera engagé et motivé, plus ces résultats scolaires grimperont et l'enseignant disposera donc de plus de temps pour s'occuper des élèves en difficulté (Oubrayrie N., Lescarret O. (1997)).

Pour le TP par postes, l'engagement semble être dû au nombre important d'expériences mises en place, du fait de leur nature différente : découverte, observation, manipulation, vérification de loi. Les diverses actions conjointes ont permis aux élèves de stimuler leur processus d'apprentissage à travers un guidage plus restreint, ou via des phases réduites d'institutionnalisation lors des observations des élèves au sein des postes, ou en fin de séance.

Malgré le fait que ces TP défis ou par postes semblent stimuler, engager davantage les élèves que sur des formes plus conventionnelles, il reste néanmoins important de varier au maximum

les différentes formes de TP. L'enseignant à un large « panel » de choix, entre des TP de vérification de lois, de découvertes, par postes, de défis, d'apprentissage par problèmes...Le fait de rester sur une forme déterminée engendre une habitude chez les élèves qui pourrait alors les lasser rapidement dans les réalisations des tâches demandées par l'enseignant. La stimulation des élèves ne doit pas se faire sur un seul TP mais sur l'ensemble des TP de l'année. Les élèves doivent alors pouvoir se dire avant même d'entrée dans la salle : « tiens qu'est-ce que le prof nous a prévu aujourd'hui ?? »

7. Annexes

Synopsis du TP défi sur le rail à air :

Temps	Phase	Activités, actions de l'enseignant (= Ens) et/ou des élève(s) (=E)	Commentaires Relation pédagogique
8h15	Accueil et installation des élèves vers une table disposant d'un rail à air. Explication des consignes relative à ce TP, loi de Newton		
8h17	Mise en route de l'expérience avec explication des divers éléments, demande observation et d'explication.	Ens demande ce qu'il s'est passé. E1 : ça va toujours à la même vitesse. E2 : ça accélère. Ens refait expérience pour confronté les doutes éventuels (accélération). E comprennent que changement de vitesse ($v_f > v_i$ avec $v_i = 0$) donc accélération.	Elèves concentré sur l'expérience. Bonne participation aux réponses des questions de Ens
8h20	Ens demande : cette accélération est due à quoi ? Cela dans le but de faire émergé les concepts de forces et de la seconde loi de Newton	E répondent que c'est dû à la « force de la masse ». Ens demande de reformuler cela. E reformule : « l'accélération est due à la force de pesanteur de la masse en chute ».	Elèves concentré sur l'expérience. Bonne participation aux réponses des questions de Ens
8h21	Ajout de masselottes qui chutent	Ens : que va-t-il se passer ? E : l'accélération va accélérer Ens répète E : le chariot va aller plus vite Ens : ok, et en d'autres termes, l'accélération du chariot va être comment : plus grande, plus petite, inchangée E : plus grande Rétération de l'expérience pour verdict E convaincu	
8h22	Rétération expérience sans souffleur	Ens : demande à l'élève de lâcher le chariot. Ens : qu'est ce qui se passe ? E1 : Il ne bouge pas Ens : Pour qu'elle raison E2 : à cause de la force de frottement Ens : qui agit dans quel sens ? E3 : dans le sens inverse	

		<p>E4 montre le sens avec ses mains Ens : oui effectivement dans le sens inverse au mouvement ! Et donc pour quel raison le chariot se met en mouvement quand j'allume le souffleur ? E1 : il soulève le chariot. Construction Ens-E sur le fait que le souffleur limite le contact avec le rail et le surélevant</p>	
8h23	Ens passe sur l'autre table ou un rail est incliné. Explication des appareils de mesure	Ens définit les 3 temps de passage lors de l'avancé du chariot Tc1, Tc2, Tc1-2.	Les élèves ont déjà travaillé avec ce dispositif lors d'un TP antérieur sur l'accélération.
8h23	Explication du but du TP. Mesure de l'accélération du chariot	<p>Ens : Le but du TP sera de retrouver la masse M du chariot grâce à la 2 ieme loi de Newton. En faisant varier l'expérience avec différente masselottes suspendu, je prétends qu'on peut retrouver cette masse M du chariot. Je vous mets au défi ! Ens : comment on peut trouver l'accélération du chariot avec ses 3 temps caractéristiques ? Comment définit-on une accélération ? E1 : $V_2 - V_1$, et c'est en m/s^2 Ens et E pour « affiné », analyse dimensionnelle. E2 : il faut diviser par le temps E1 : Ah oui, c'est juste Ens : oui effectivement, $a = \frac{V_2 - V_1}{\Delta t}$ Ens-E construisent pas à pas la mesure de l'accélération « a » avec les paramètres à disposition : $\Delta t = Tc1-2 // Vi = d/Tci // d =$ longueur de la languette. Question E1 : comment on définit qui est V2 et qui est V1 ? Ens : on a une accélération ou décélération ? E1 : une accélération, ok c'est bon</p>	<p>Un élève lors des explications sur l'accélération demande si les notes resteront au tableau (les élèves sont toujours proches de l'expérience, devant le tableau). Ens appuie sur le fait de construire dans un premier temps les notions du Tp ensemble. Cela montre tout de même que les élèves trouvent le problème difficile</p>
8h28	Questions ? Retour des élèves à leur place de travail		La salle était attentive, silencieuse. Le retour aux places de travail engendre du bruit
8h29	Pour qu'elle raison veut-on trouvé l'accélération ?	<p>Ens fait un schéma de l'expérience au tableau pour y dessiner le bilan des forces par la suite Ens : dans qu'elle mesure cette accélération va-t-elle nous intéressé pour avoir accès à la masse M du chariot ? Que va-t-on utilisé ? E : pas de réponse Ens : je vous aide, au dernier cours on a vu quoi ? E1 : force et lois de Newton E2 : ah bah la deuxième loi de Newton Ens : qui nous dit quoi ? E1 : C'est M fois l'accélération Ens : Oui et quoi ? égal ? E1 : la somme des forces Ens : effectivement oui ! Donc si on a l'accélération pour trouver M il va nous falloir trouver l'ensemble des forces sur notre système. Quels sont ces forces, avec le souffleur allumé bien sûr ! Ens et E applique les différentes forces, au fur et à mesure, sur le schéma. La force de pesanteur de la masse M et la force dû au souffleur sont immédiatement déduite. Ens demande si d'autres forces sont présentes sur la masse M.</p>	<p>Bonne participation et construction des élèves pour trouver les différentes forces appliqué sur le système. La tension dans le fil pose plus de problème. Le sens de la force de tension est comprise grâce au sens de l'accélération et à la seconde loi de Newton.</p>

		<p>E : Y a la masse qui se fait tirer [en percevant bien qu'il doit avoir une force supplémentaire.]</p> <p>E : Elle se fait tirer par rapport à la petite masse qui chute par l'apesanteur</p> <p>Ens : Ok c'est juste. Si on regarde le mouvement, il va être dans quel sens ?</p> <p>Ceci dans le but de distinguer notre cas avec la première loi de Newton. Effectivement s'il y a une accélération dans un sens, il faudra alors que la force manquante suive ce même sens.</p> <p>Ens redemande aux E l'origine du mouvement.</p> <p>E : c'est la petite masse qui attire la grande.</p> <p>Ens : Et ces 2 masses sont reliées par quoi ?</p> <p>E : Par un fils</p> <p>Ens revient sur le TP précédant ou les E ont travaillé sur un système de fils sous tension.</p> <p>« On a revu l'ensemble des force en cours, qu'elle peut être cette force manquante sur le fil ».</p> <p>E : La force de tension</p> <p>Ens : Et cette force est appliqué à quel point sur la masse M et va dans qu'elle direction ?</p> <p>E : de gauche à droite</p> <p>Ens : Effectivement oui, et si on regarde cette équation (2nd loi), s'il y a une accélération sur M, alors la force résultante doit suivre cette accélération. Et donc cette force de tension doit aller de gauche à droite. Et cette force s'applique toujours au contact du fil avec M</p>	
8h33	<p>Une élève pose une question sur valeur de la tension dans le fils.</p> <p>Institutionnalisation de Ens.</p>	<p>E : mais comment sait-on la longueur du vecteur (de la tension T) ?</p> <p>Ens : pour l'instant on ne sait pas</p> <p>E : ah d'accord.</p> <p>Ens reviens sur ce que l'on connaît à ce point sur les diverses forces et ce qui reste à découvrir</p> <p>Institutionnalisation</p> <p>Ens : le souffleur contre la force de pesanteur du chariot donc que peut-on dire sur ces 2 forces ?</p> <p>E (après un certain temps mort de quelques secondes) : elles doivent être égale</p> <p>Ens : oui, mais attention, égale en intensité, en norme.</p>	<p>L'élève pose une bonne question qui facilite la transition à Ens afin de passer sur le sous-système de la petite masse m en chute.</p>
8h35	<p>Etude sur la petite masse m, en chute</p>	<p>Ens : Si maintenant j'étudie les forces sur cette masse m. Qu'est que j'ai comme force ?</p> <p>E : La force de pesanteur.</p> <p>Ens : oui très bien, quand j'ai un objet pesant, j'ai toujours une force de pesanteur égale à m fois g. Et j'ai quoi d'autre comme force ? C'est la seule force que j'ai sur cette petite masse.</p> <p>Les élèves sont pas sûr, mais semble montrer à Ens que la pesanteur est la seule force en « jeu ».</p> <p>E : oui (non certaine dans sa voix)</p> <p>Ens prend une petite masse dans la main. « Si j'ai que cette force sur cette petite masse, ça revient de lâché cette masse sur le sol ». Ens lâche la masse m d'une certaine hauteur.</p> <p>E : Bah non, y a aussi une force qui va vers le haut dans notre cas</p> <p>Ens : Oui, et qui s'appelle comment ?</p> <p>E : Force de euuuuhhhh... soutien</p> <p>Plusieurs élèves répètent : soutien</p>	

		<p>Ens : Le soutien s'applique seulement quand notre objet massif est posé sur un support autre que l'air. C'est quand la masse est en appui.</p> <p>E : Alors c'est une force d'attachement</p> <p>Ens rigolant légèrement pour stimuler les élèves : Je ne connaissais pas encore celle la (en parlant de la force d'attachement). Y a de l'idée, essayé de développer.</p> <p>Les élèves rigolent puis se reconcentrent.</p> <p>Ens : C'est la même chose que pour la grande masse M.</p> <p>E : Une tension ?</p> <p>Ens : oui la tension.</p> <p>E : mais on l'a déjà mise justement sur la masse M (dubitatif)</p> <p>Ens : Elle s'applique 2 fois.</p>	
8h37	<p>Etude de la tension sur support pensé et fabriqué au préalable.</p> <p>«Découverte » de la 3^{ième} loi de Newton : action-réaction.</p> <p>Déconstruction de la préconception erronée sur les forces de tensions différentes avec une poulie.</p>	<p>Ens reprend une situation extérieure au TP, où on tire sur un fil. Il avait prévu cette difficulté qu'ont rencontrés les élèves, en ayant préparé au préalable une corde avec 2 dynamomètres fixés aux extrémités.</p> <p>Un élève pose une question en imaginant que la tension va infliger une élongation sur le fil.</p> <p>Ens : On va imaginer dans ce cas qu'il n'y a aucune élasticité dans le fil, comme si ce fil était épais, en acier. Donc le fil ne subira aucune élongation</p> <p>Ens reviens sur sa corde avec des dynamomètres et demande à un élève de tenir une des extrémités, via le dynamomètre. Ens tire et dit : «</p> <p>Ens : J'ai environs 2 newtons sur mon dynamomètre et vous ?</p> <p>E : 2 newtons aussi.</p> <p>Réitération de l'expérience avec 3,5 newtons puis dans une situation où cette corde est disposée sur une poulie, créant un anglant différent de 180° afin de monter aux E qu'il y aura toujours la même intensité, norme de force aux extrémités de la corde.</p> <p>Les E ont tendance à avoir la préconception erronée que la poulie « démultiplie » la force de tension.</p> <p>Les E sont à ce point convaincu.</p> <p>Ens revient sur le schéma de force.</p>	
8h38	<p>Etude des 2 accélérations : celle de la grande masse et celle de la petite masse</p>	<p>Ens : Via les mesures de temps, je peux avoir accès à l'accélération du chariot. Que vaut l'accélération de la masse chutant, est ce que c'est les même, ou y en a-t-il une supérieure à l'autre?</p> <p>Quelques secondes sans retour des E</p> <p>Ens : Imaginez la chose autrement, je suis en panne au bord de la route, une dépanneuse vient me chercher, elle attache ma voiture. La dépanneuse repart et donc accélère. Est-ce que ma voiture aura la même accélération que la dépanneuse ?</p> <p>E : Oui</p> <p>Ens : Effectivement, sur une variation de temps donné, s'il y a une variation de vitesse pour le premier objet, lié rigidement au second, alors le second objet subira la même variation de vitesse.</p>	<p>Un élève pose une question sur la signification du signe : Σ == « somme de ». Ens reviens sur différentes situations de systèmes subissant un nombre différent de forces. Les élèves se dissipent légèrement, on sent que ça leur a demandé beaucoup d'énergie et de concentration</p>

		<p>Ens revient sur le schéma : Donc ici c'est la même chose, ces accélérations sont identiques en norme toujours car vous voyez bien au tableau qu'elles n'ont pas la même direction ni le même sens.</p>	
8h40	<p>Etude du système avec la deuxième loi de Newton</p>	<p>Ens : Donc maintenant que toutes les forces sont posées, comment je vais pouvoir trouver la masse de mon chariot ?</p> <p>E : C'est par rapport à la petite masse qui chute... On va devoir soustraire ? Un truc comme ça non ?</p> <p>Ens : Effectivement, par rapport à la chute de la petite masse, il va falloir trouver la valeur de la tension qui sera responsable de l'accélération du chariot.</p> <p>E : Et c'est ça le but du TP ?</p> <p>Ens : Oui, à la fin du TP, quand vous aurez fini votre analyse, vous allez peser la masse de chariot sur la balance et vous allez comparer ce résultat avec ce que vous avez trouvé. [...]</p> <p>Ens : On va partir sur la seconde loi de Newton sur le chariot. Donc somme des forces égale à Ma. Comment je vais m'y prendre ?</p> <p>[...]</p> <p>8h42</p> <p>Ens : Je suis sur un système 2D, je place donc mon repère x,y. J'appelle ce système représentant le chariot le système 1. Sur ce système 1, j'ai 3 forces, 2 selon l'axe y, une selon l'axe x. [...]</p> <p>Ens : La somme des forces selon y, qu'est que j'ai ?</p> <p>[...]</p> <p>Ens : Que vaut l'accélération selon l'axe y, vertical ? Est-ce que mon chariot bouge verticalement ?</p> <p>E : non</p> <p>Ens : Donc Ma sur cet axe ça vaut quoi ?</p> <p>E : Zéro</p> <p>Ens : Ok donc si on projette ces forces verticales selon l'axe y, la force dû au souffleur par exemple, elle va dans le même sens que y ?</p> <p>E : Oui donc c'est positif</p> <p>Ens : Exact c'est positif. Et l'autre force Mg ?</p> <p>[...]</p> <p>E : M fois a_y c'est quoi en fait</p> <p>Ens : Il faut comprendre que somme des forces égale à M fois a est une égalité vectorielle. Donc au départ je peux simplement lister l'ensemble de mes forces. Ici j'ai donc la force du au souffleur, le poids du à ma masse M et la tension.</p> <p>Donc $M \cdot \vec{a} = \vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_s$</p> <p>Ça va ?</p> <p>E : non</p> <p>Ens : Pour qu'elles raison, je suis la formule avec le bilan des forces que l'on a trouvé ensemble. Donc ces 3 forces additionnées sous forme vectorielle sont égales à $M\vec{a}$</p> <p>E : Ahhh ok, je comprends jusque-là. Merci</p> <p>Ens : Tout est vectorielle ici, mais pour « éliminé » cette partie vectorielle, afin d'avoir des chiffres, il faut décomposer ses forces selon notre repère x,y vu qu'on est en 2D.</p> <p>[...]</p>	<p>Les E ont de la peine, l'exercice devient à la limite de leur capacité, surtout après 25 minutes de concentration sur l'ensemble des étapes déjà effectuées</p> <p>Remarque E : Quand vous mettez M point, ça veut dire M multiplié par ?</p> <p>Ens « sens » qu'une partie des E ont du mal à suivre sur les notations vectoriels qu'ils n'ont jamais vu.</p>

		<p>Je comprends que c'est nouveau pour vous, que c'est compliqué.</p> <p>Ens : La force de tension est complètement sur l'axe x. Donc si je la « ramène » sur y, elle vaut zéro. Maintenant la force du souffleur selon y, elle est parallèle à cet axe y, dans le même sens. Donc elle vaut toute sa norme et est positive. Pour le poids Mg, elle est parallèle de sens contraire à y. Donc négative valant toute sa norme. Vous êtes d'accord avec ça ?</p> <p>E : Euhhh ouais, oui oui.</p> <p>Ens : On a donc fini avec cette partie des forces.</p> <p>Maintenant si on regarde l'autre partie de l'équation : on a vu qu'il n'y a pas d'accélération selon l'axe y, selon la verticale, donc Ma selon y est égale à zéro comme on l'a vu avant.</p> <p>E : Ok c'est plus clair, je comprends enfin.</p> <p>Ens : Ok, bien ! On a fini le travail sur l'axe y, il va falloir passer maintenant à l'axe x.</p> <p>Qu'est-ce que j'ai comme forces sur l'axe x ?</p> <p>E : La tension T</p> <p>Ens : Oui la tension, ça marche ! Et elle va dans quel sens par rapport à x ?</p> <p>E : Dans le même sens</p> <p>Ens : Donc c'est quel signe ?</p> <p>E : Plus</p> <p>Ens : Oui c'est plus, donc +T. Et les autres forces si je les ramène sur l'axe x ?</p> <p>E : Ça vaut zéro</p> <p>Ens explique les stratégies de projections de force en fonction du nombre de dimension du système étudié à la suite d'une remarque d'un élève</p> <p>Ens : Est-ce que j'ai une accélération selon x ?</p> <p>E : oui</p> <p>E : non, ah oui en fait</p> <p>Ens : Et l'accélération elle va dans quel sens par rapport à x ?</p> <p>E : Selon plus x</p> <p>Ens : Oui exact, et elle est parallèle à cet axe donc [...]</p> <p>E : $M \cdot a = T$</p> <p>[...]</p> <p>8h49</p> <p> multiples questions des élèves sur des concepts vectoriels propres au problème</p> <p>Retour de Ens sur la définition d'un vecteur, puis retour sur le problème.</p> <p>Un élève se pose la question de la force du souffleur, est-ce qu'il est soulevé ?</p> <p>Retour de Ens sur cette force dû au souffleur</p> <p> multiples questions des élèves de type vectoriel/projections/axes x,y</p> <p>8h53</p> <p>Simplification du problème par Ens du fait des incompréhensions multiples des élèves sur les projections de forces sur un système en 2D, axe x,y (jamais vu au préalable avec eux) :</p> <p>Ens : Je vais simplifier le problème drastiquement !</p> <p>L'axe x nous sert à mesurer le mouvement de la masse M du chariot, l'axe y celle de la masse petit m.</p>	<p>Remarque d'un E sur une incompréhension vectorielle</p> <p>Les élèves commencent à vouloir prendre des mesures, ils montrent leur agacement vis-à-vis des équations</p>
--	--	---	--

		<p>E : Ok alors là ça devient clair Ens : Ok parfait, alors sur x j'ai : $M \cdot a = T$ E : Oui Ens : Je cherche la masse grand M, l'accélération je peux la calculer via nos mesures expérimentales comme on l'a vu au début du TP. Il nous manque donc la tension T. Donc pour trouver grand M, il nous faut trouver la valeur de la tension</p> <p>Ens repars sur le système de la petite masselotte m ou la tension T apparait aussi. Ens rappelle l'expérience faite plus tôt, montrant que les tensions dans le fil sont les mêmes.</p> <p>Une élève demande si la théorie est bientôt finie</p>	
8h55	Retour sur le système de la petite masse	<p>Construction avec les élèves de $T - m \cdot g = - m \cdot a$ donc $T = m \cdot g - m \cdot a$ Ens : On peut donc maintenant trouver la valeur de la tension T car on a la masse m, on trouve l'accélération via les temps. E1 : Monsieur pourquoi $- m \cdot a$? E2 : Parce c'est le sens inverse de l'axe y E1 : Ahh ok c'est bon, je vois Ens : Ok donc maintenant qu'on a trouvé la valeur de la tension T, on peut réinsérer cette valeur dans l'équation relative au chariot et donc on trouve la masse M [...]</p>	Un élève pose une question relative à la tension et aux notations
8h57	Analyse finale	<p>Ens reprend les 2 équations : $T = m \cdot g - m \cdot a$ et $T = M \cdot a$ Et ajuste les équations pour trouver : $(M + m) \cdot a = m \cdot g$ Ens : Du fait que M est bien plus massive que m, je peux négliger cette masse m dans la partie de gauche. Par exemple si j'ai $100 + 1$, on peut négliger le 1. On va donc avoir $M \cdot a = m \cdot g$ C'est ça notre équation finale Donc si on a calculé l'accélération a au préalable, le petit m qu'on a choisi, g qu'on a, on trouve donc M</p>	
8h59	Consignes du TP	<p>Ens rappelle les consignes du TP précédent concernant la création d'un graphique. Le but est de faire l'analogie avec ce TP sauf : $M \cdot a$ est sur l'axe des ordonnées, $m \cdot g$ est sur l'axe des abscisses. Pour chaque masse m choisi on a une accélération correspondante et donc un point sur le graphique. La pente du graphique ne sera plus la constante de rappel du ressort mais sera la masse M (construit avec les élèves)</p> <p>Rappel des différentes masses des masselottes à disposition et de la masse du crochet</p> <p>Ens distribue la notice du TP ainsi qu'une feuille avec la présence d'un graphique vierge</p> <p>Ens rappelle comment obtenir les différents temps avec l'appareil de mesure.</p>	Un élève repose une question sur la partie des équations. Ens reviens sur la résolution.

		<p>Ens demande aux élèves de tracer un tableau (en le faisant au tableau) avec :</p> <p>les 3 temps (t_{c1}, t_{c2} t_{c1-2}), les 2 vitesses (v_1 et v_2), l'accélération a, la masse m choisie correspondante, g, la force de pesanteur de la masse m.</p>	
9h02	Manipulation des élèves	<p>Les élèves regardent la notice et se mettent à faire leurs mesures.</p> <p>Remarque Ens sur le fait de faire attention à ce que la masse m ne touche pas le sol avant que le chariot atteigne le dernier capteur.</p> <p>Questions diverses des élèves sur la validité des étapes à suivre</p> <p>Les élèves manipulent et se réajustent s'ils voient que leurs mesures ne sont pas cohérentes.</p> <p>9h05 M. Dalessi, second stagiaire aide Ens pour répondre aux questions des divers groupes si besoin</p> <p>Question fréquente des élèves sur le nombre de points à prendre pour le graphique, sur les arrondis des mesurables, sur les unités, sur le type de résultat attendu</p> <p>Ens passe de groupe en groupe pour vérifier que les élèves sont sur la bonne voie et avancent bien</p> <p>9h33 : Ens se rend compte que les élèves n'auront, pour la plupart, pas le temps de faire le graphique durant le reste de la période. La plupart des élèves finissent leurs calculs de vitesses et d'accélération.</p> <p>9h38 : Ens demande aux groupes ayant réitéré l'expérience avec 4 masselottes différentes de faire au minimum 1 à 2 mesures supplémentaires afin d'augmenter la précision de la courbe obtenue et donc de pouvoir élaborer une discussion plus riche au sein de leur rapports.</p> <p>9h40 Ens demande aux élèves de finir leurs derniers calculs, leurs dernières manipulations afin de comparer la masse que vous avez trouvée avec celle pesée.</p>	<p>Les élèves sont concentrés et efficaces. Ils cherchent à acquérir leurs mesures rapidement pour effectuer par la suite le graphique</p> <p>M.Rolland et M.Michel passent voir certains groupes, les questionnant sur leurs résultats obtenus et proposent diverses réflexions afin d'enrichir la partie de discussion du rapport</p>
9h43	Consignes finales	<p>Ens demande aux élèves de s'arrêter et de ranger le matériel.</p> <p>[...]</p> <p>9h45 Ens : On va terminer ce TP, est ce que l'un d'entre vous peut prendre le chariot et le poser sur la balance afin de dire à l'ensemble de vos camarades la masse que l'on devait trouver.</p> <p>E1 : Ahhh cool</p> <p>E2 : Allezzzz !</p> <p>E3 : tinnntiinnntiinnnnn</p> <p>E4 : Allez Marie !</p> <p>E5 (Marie) : 184,5 grammes</p>	

		<p>E6 : Ouais c'est ce qu'on a trouvé E7 : Oufff on est loin quand même</p> <p>Ens (pressé par le temps restant) : Donc le but du TP est ce que vous l'avez tous compris ? E unanime : oui Ens : Ok, vous allez devoir remplir le tableau avec toutes vos données, les 3 temps, les vitesses, les accélérations, la masselotte, le poids résultant. Et ça pour chacune des masselottes que vous avez utilisées. Une fois que vous avez rempli ce tableau, le but, c'est pour chaque masselottes vous allez avoir une accélération et une force de pesanteur qui lui correspondent. Vous allez placer ces différents points. Vous allez relier au mieux une droite passant au plus près de l'ensemble de vos points, cette droite minimisant l'écart avec vos points. La pente de cette droite, comme au premier TP [...], sera la masse M' de votre chariot. Dans votre discussion, vous confronterez la masse M' que vous avez trouvée via votre graphique avec celle M pesée de 184,5 grammes. Vous allez très certainement trouver une différence de masse, et donc il faudra décrire d'où peut venir cette erreur. Parlez de l'approximation que l'on a faite dans la théorie. Est-ce qu'elle est valable ? Puis indiquez les autres sources d'erreurs Vous pouvez y aller E : Merci Monsieur !</p> <p>Ens propose au élèves, de pouvoir rendre le rapport de TP un jour plus tard, afin d'avoir une possibilité de retour le jour d'avant.</p>	
--	--	--	--

Synopsis du TP par postes sur les ondes périodiques :

Temp s	Phase durée	+	Scène + durée	Commentaires - Remarques
12h20	Accueil des élèves Absences Explication du TP		<p>Scène 1.1 Les élèves arrivent à l'heure. L'appel est effectué Un élève arrive légèrement en retard</p> <p>Scène 1.2 : Ens introduit le TP : Ens : La théorie des ondes périodiques n'est pas évidente à percevoir, les concepts vus en cours peuvent être pas tout à fait clair. Ce TP d'aujourd'hui comportera divers postes avec diverses expériences pour vous familiariser avec la théorie. Certains postes comporteront des cuves à ondes où vous pourrez observer, mieux voir le concept d'interférences vues au dernier cours, vous serez juste devant, vous allez pouvoir décrire ce que vous voyez, et vous allez peut être mieux percevoir ce qu'il se passe. [...] Ca serait une bonne chose que vous retrouvez ce que vous avez fait la dernière fois en cours et que vous regardiez et réfléchissiez aux critères de ces interférences, que vous réfléchissez à cela</p>	

		<p>Les autres postes seront aussi des concepts que vous verrez au sein des prochains cours. Je ne vous demanderai pas d'expliquer l'origine des phénomènes observés, mais je vous demanderai d'observer et de décrire ce qu'il se passe. Vous pourrez toujours donner votre idée sur l'origine des phénomènes que vous allez observer</p> <p>E : Il y a aura aussi un compte rendu à vous rendre à la fin de l'heure ? En : Oui, il y a 5 postes, vous devrez me rendre votre compte rendu sur 4 de ces 5 postes. Le dernier poste est celui là [...], pas besoin de le décrire Gestion d'un élève ayant encore son bonnet sur la tête et perturbant un peu l'avancé du TP.</p> <p>Scène 1.3 : Distribution de la notice du TP, consignes pour la vidéo En explique que la séance sera filmée pour les besoins de la HEP, pour un travail de mémoire. Consigne par rapport à la vidéo quand En passera près des différents postes en filmant et interagissant avec les élèves : si cela gêne, faites signe et vous ne serez pas filmé ou que vos mains par exemple. Explication que la vidéo sera utilisée seulement dans le cadre d'une retranscription et sera effacée. Possibilité de retirer certains passages au montage Demande immédiate de En si cela pose un problème à quelqu'un. Les élèves sont d'accord avec la vidéo.</p> <p>En et E passe dans l'autre salle avec les 4 autres postes pour une explication rapide de ces divers postes</p>	
12h26	Consignes sur les différents postes Explication du matériel et des consignes par poste.	<p>Scène 2.1 Corde vibrante Les élèves s'installent près des 2 postes (ce poste est dédoublé) En : Ici on va faire vibrer une corde fixée à ses extrémités. Cela simule les cordes des guitares, des pianos [...] les instruments à cordes Comment on fait des notes de musique, au cours on l'a vu. Ici on vous demande de comprendre, voir, décrire et analyser ce qu'il se passe</p> <p>En allume le générateur de fonction et en explique le fonctionnement. En change la fréquence et l'amplitude (le volume sonore pour un son). En explique, en fonction de la fréquence choisie, les montées et descentes de l'excitateur montre l'impact de cette dernière sur la corde L'excitateur est un vibreur, il stimule la corde Pour l'instant ce que vous voyez n'est pas très clair [...]. Je vous demande de trouver des fréquences spéciales et que vous décriviez le phénomène spécial associé. Donc vous devrez modifier les fréquences jusqu'à que le comportement de la corde soit spécial. Vous allez voir des choses apparaître. Puis en changeant encore la fréquence vous allez encore trouver un autre comportement spécifique, c'est la deuxième fréquence spéciale Etc. Trouvez en 3 ou 4 de ces fréquences spéciales, vous devez décrire ce qu'il se passe, avec un petit schéma en représentant la corde. Mettez une phrase pour expliquer ces schémas. Et tentez de trouver une relation mathématique entre ces fréquences [...]</p>	Les élèves sont concentrés, ne sortent pas un mot durant les explications de En

		<p>12h30 : Scène 2.2 : Cuve à ondes, longueur d'onde, fréquence, vitesse des ondes sur l'eau</p> <p>Demande aux élèves de se rapprocher du poste en question.</p> <p>Ens : Ici vous avez une cuve à ondes (Ens pose une pièce de monnaie dans la cuve pour faire l'échelle)</p> <p>Ens explique le fonctionnement de la cuve à ondes, réflexion des vagues de la surface d'eau sur un écran, tire le rideau pour voir davantage l'écran de la cuve. Explication du matériel externe à la cuve, du générateur de fréquence, de la lumière stroboscopique ou non</p> <p>Demande de Ens : Est-ce qu'il y a des gens qui se savent épileptiques. Personne. On va donc pouvoir travailler avec des flashes. Si vous ne vous sentez pas très bien alors vous arrêterez le stroboscope</p> <p>Explication de la présence de la pièce de monnaie en changeant la hauteur de la lame (changeant la dimension des fronts d'onde sur l'écran). La pièce est là pour passer de l'écran à la réalité.</p> <p>Ens : Sur ce poste à votre avis, qu'est que vous devez faire sur ce poste ? E : Etudier l'onde, ces paramètres ? Ens : Voilà oui, vous devez juste vous remémorer ce que l'on a vu la semaine avant les vacances, si cela n'est pas clair pour tout le monde. En fonction de la fréquence, vous devez déduire la période, la longueur d'onde, je vous laisserai analyser ce que vous voyez et voir si vous arrivez à mesurer la longueur d'onde avec une règle et avec l'échelle. Et finalement je vous demanderais de trouver la vitesse de ses ondes qui se propage à la surface de la cuve. Ce poste-là n'est donc pas tout à fait un poste de découverte comme le premier mais plutôt de révision des concepts qu'on a déjà abordé, de vous familiariser avec ces concepts.</p> <p>12h34 : Scène 2.3 : Cuve à ondes, interférences</p> <p>Ens : C'est ce que vous avez vu hier en cours Demande de Ens de se rapprocher de l'écran de la cuve. Pour le groupe d'avant les vacances c'était vraiment une découverte. Pour vous c'est plus une analyse de ce que vous avez vu hier en partie. Cela permettra de consolider ces notions.</p> <p>Explication du matériel, 2 pointes qui tapent eau Ens : Ce qui peut être intéressant c'est pas seulement de regarder l'écran mais aussi bien analyser la surface de l'eau. Je vous conseille de vous mettre à ras de l'eau et d'observer, vous verrez que c'est assez spécial [...]. Vous devez décrire le résultats de vos observations, donc un petit schéma avec 5-6 lignes en expliquant qu'est qui se passe quand il y a 2 sources d'ondes qui émettent et qu'on se trouve à diverses longueur de ces sources.</p>	<p>Les élèves sont toujours irréprochables au niveau de leur attention</p>
--	--	--	--

		<p>Ens retire une des sources et la remet pour que les élèves soient stimulés lors de leurs observations et de leurs interactions avec la cuve. Ce qui ne faut pas faire : Ens bouge la table et tape du pied sur le sol.</p> <p>Ens : C'est vrai que pour vous qui êtes le second groupe, pour vous ce n'est pas une découverte totale.</p> <p>12h36 : Scène 2.4 : Cuve à ondes, diffraction</p> <p>Les élèves bougent spontanément. Explication du matériel : ce n'est plus des pointes créant des ondes circulaires mais un « bâton » tapant la surface de l'eau, créant des ondes planes parallèle qui avanceront Ens règle le matériel, adapte la fréquence et demande de ne plus changer certains paramètres.</p> <p>Ens explique aux élèves les objets à disposition et leur explique qu'il faudrait les placer dans l'eau, faire des « portes » et changer la taille de la « porte », etc. Ens : Décrivez ce que vous voyez en fonction de ce que vous placer dans l'eau, en fonctions de l'ouverture de la « porte »</p> <p>12h38 : Scène 2.5 : Excitateur, haut-parleur, perception des sons en fonction de la fréquence (20-20000 Hz)</p> <p>Les E et Ens changent de salle pour arriver sur le poste 5 Ens explique le matériel (générateur de fréquence, haut-parleur) Ens : Qu'est ce qu'on vous demande sur ce poste ? E : Trouver les fréquences qu'on entend encore Ens : Voilà, c'est ce que l'on a vu avant les vacances, on a dit que l'homme pouvait les entendre entre 20 et 20000 Hz. Mais ça c'est à la naissance, c'est théorique jusqu'à 20000 Hz.</p> <p>Ens change les fréquences (50, 227, 1800 Hz) en expliquant la hauteur du son perçu. Ens : Baissez le volume sonore via le générateur au maximum [pas agréable, pour pas que ça fasse mal aux oreilles ...] et vous montez en fréquence, et vous vous rapprochez au maximum du haut-parleur. Vous faite ça rapidement, dès que vous n'entendez plus vous arrêtez et vous prenez note de la fréquence limite. Vous ne faites pas ce qu'un de vos camarades à fait la dernière fois, de monter le volume pour tenter de percevoir dans les hautes fréquences. Il est parti avec un mal de tête, faite pas ça. Ens explique ce phénomène du point de vue de l'oreille.</p>	
12h40	Consignes avant manipulation des E	<p>Scène 3.1 : Consignes Ens</p> <p>Ens : Donc vous avez maintenant plus d'une heure pour faire ces 5 postes en sachant que vous me rendez votre rapport sur les 4 premiers postes. E : Donc celui-là ne vaut pas de points ? Ens : Non, ne vous passez pas beaucoup de temps dessus, et de me dire que vous entendez jusqu'à 18000 Hz au lieu de 20000, je ne peux pas vous mettre des points. Ens : Des questions ? [...] Ok alors vous êtes autonomes.</p>	Les élèves rigolent, sachant bien de quoi parle Ens
12h41	Les élèves choisissent leur	<p>Scène 4.1 : Départ des manipulations des E</p>	Les élèves semblent motivé et semble

	premier poste, et commencent les manipulations	<p>Les élèves sont répartis sur les 5 postes différents de la deuxième salle (6 postes du fait du dédoublement du poste de la corde).</p> <p>12h45 Ils tentent de modifier les paramètres de l'expérience et interprètent les résultats obtenus en groupe. Ils sont concentrés et parle relativement que de physique et de leur expérience.</p> <p>Pour les postes de la corde vibrante, ils découvrent la première fréquence « spéciale », appelé fréquence fondamentale par la suite dans les prochains cours. Quelques minutes plus tard les élèves trouvent la deuxième fréquence « spéciale » :</p> <p>E : Là, il y a 2 trucs (en parlant des ventres)</p> <p>Ens : Je vais vous donner le terme scientifique. Ici (en montrant un des 2 ventres de la corde), la corde elle fait quoi ?</p> <p>Pour le poste des interférences, les élèves découvrent le phénomène d'ondes stationnaires, avec des endroits qui ne bougent pas résultats d'interférences destructrices [...]</p>	<p>content d'être « laissé à eux-mêmes » sans trop de consignes. Ils se sentent libres de changer les paramètres des expériences et modifient le « milieu »</p> <p>3 enseignants sont disponibles pour étayer en cas de besoin les divers groupes. Lors des premières minutes les Ens n'interagissent pas exprès. Puis assez rapidement des élèves demandent aux Ens si leurs observations sont correctes.</p>
	Postes de la corde vibrante (onde stationnaire) et poste d'interférences	<p>Scène 5.1 : Interaction E-Ens sur le poste de la corde vibrante :</p> <p>Pour les postes de la corde vibrante, ils découvrent la première fréquence « spéciale », appelé fréquence fondamentale par la suite dans les prochains cours. Quelques minutes plus tard les élèves trouvent la deuxième fréquence « spéciale » devant Ens :</p> <p>E : Là, il y a 2 trucs (en parlant des ventres)</p> <p>Ens : Je vais vous donner le terme scientifique. Ici (en montrant un des 2 ventres de la corde), la corde elle fait quoi ?</p> <p>E : Elle vibre</p> <p>Ens : Beaucoup ?</p> <p>E : Oui</p> <p>Ens : Si vous regardez l'excitateur, il vibre avec une faible amplitude, d'1 centimètre. Sur l'endroit de la corde ou ça vibre beaucoup, l'amplitude est au moins 3 fois plus grande.</p> <p>Ens baisse l'amplitude sur le générateur :</p> <p>Ens : L'excitateur ne vibre presque plus à l'œil nu, par contre on voit très bien la vibration maximale sur la corde. L'endroit où ça vibre beaucoup, c'est un ventre (en montrant son ventre comme s'il était obèse). Donc là il y a un ventre ici, et là il y a un autre ventre.</p> <p>E : Et le point qui ne bouge pas, il s'appelle comment ?</p> <p>Ens : Ce point qui ne vibre pas, c'est un nœud. En fait y en a pas qu'un car aux extrémités la corde ne vibre pas non plus. On a donc 3 nœuds et 2 ventres.</p> <p>Les E change de nouveau les fréquences en ayant compris ce qu'il avait à faire par la suite, en connaissance des termes scientifiques.</p> <p>Pour le poste des interférences, les élèves découvrent le phénomène d'ondes stationnaires, avec des endroits qui ne bougent pas résultats d'interférences destructrices [...]. Ils alternent le regard entre l'écran et la surface de l'eau et schématise progressivement leur observations</p>	

		<p>Pour le poste sur la vitesse des ondes à la surface de l'eau, les élèves ont ressorti leurs formules sur la longueur d'onde, fréquence, période... Ils mesurent sur l'écran l'espacement entre 2 fronts d'ondes pour avoir accès à la longueur d'onde « déformé » et réfléchissent à l'échelle pour avoir la vraie longueur d'onde.</p>	
12h52	Intervention Ens 2 Poste interférences	<p>Scène 6.1 : Interaction E-Ens sur le poste de la cuve à onde_ interférences :</p> <p>E : C'est juste ce qu'on a fait (en montrant leur schéma) Ens : tout à fait oui, c'est bien ce que l'on observe à la surface de l'eau. Plus on est sur les bords par rapport aux 2 sources, plus la « courbure » est importante, plus on se rapproche de la droite médiane des 2 sources plus on obtient une droite. E (montrant ses traits) : mais ça c'est la vague et pas le truc qui est stable ? Ens : Oui exactement E : Et au milieu ça bouge quand même ? Ens : Vous avez quelque chose de plutôt clair ou plutôt sombre ? E (en regardant bien la surface de l'eau) : Non ça bouge pas ! Ens : Exact ! E : Cool, merci !</p>	
12h55	Intervention Ens 3 Poste diffraction	<p>Scène 7.1 : Interaction E-Ens sur le poste de la cuve à onde diffraction d'ondes incidentes planes :</p> <p>Les E ont posé 2 obstacles parallèles à l'excitateur créant des ondes planes. Une des E dessine au tableau (juste derrière le poste) le phénomène qu'elle observe à l'écran de la cuve proche des bordures des obstacles. Ens comprenant que les élèves ne sont pas sur de ce qu'il faut vraiment observé intervient : Ens : Vous avez une question concernant cette expérience ? E : Euhh pour le dessin Ens : Oui dites-moi ? Expliquez-moi, qu'est que vous voyez ici ? E : Heuuu en fait avant les obstacles les ondes sont un peu ... Ens : Si on ne touche à rien, elles sont censés être comment ? E : Droite Ens : Oui droite, on appelle ça des ondes planes, les fronts d'ondes sont parallèles, comme la houle par exemple dans l'océan E montre l'obstacle Ens : Alors oui le plus intéressant maintenant c'est qu'est qui se passe proche de l'obstacle ? Qu'est-ce que vous observez ? Est-ce que vous pouvez me montrer vos schémas précédents Ens montre le premier schéma Ens : Pour ce schéma vous avez eu quelles conditions ? E : Les portes étaient assez proches, avec une faible ouverture. Ens : Et donc qu'est qui se passe ? Les lignes sont transformées en ? Les E montrent la forme avec leurs mains. Ens : Oui, alors comment peut-on appeler ça ? E : Un arc Ens : Un arc de cercle oui effectivement. Donc une onde plane qui devient une onde circulaire. Vous voyez ? E : Oui exact Ens : Ok alors maintenant avec votre situation, qu'est que vous voyez ? Effectivement c'est difficilement visible. Ens repositionne les obstacles</p>	

		<p>Ens : Voilà, là c'est mieux, vous observez quoi ?</p> <p>E : 2</p> <p>Ens : 2 quoi ?</p> <p>E : 2 arc de cercle (en montrant avec ses mains)</p> <p>Ens : A partir de quel endroit ?</p> <p>E montre ces arcs sur l'écran de la cuve</p> <p>Ens : Et qu'est qui se passe entre ?</p> <p>E : Des lignes</p> <p>Ens : Oui exact, ça reste droit, les ondes planes au centre de l'obstacle continu leur progression sans modifications. Et sur les bords, on a des arcs de cercle. Donc si je devais schématiser la situation ?</p> <p>E dessinent correctement le phénomène.</p> <p>Ens : Oui très bien. Donc en ouvrant plus les obstacles on a toujours la courbure des fronts d'onde comme quand l'ouverture était plus serrée mais avec ici une partie centrale non modifiée. Qu'est ce qu'on a changé entre les 2 ?</p> <p>E : On a juste augmenté un peu l'ouverture entre les obstacles.</p> <p>Ens : Oui</p> <p>E : Donc elles sont plus perturbées, du coup elles arrivent à passer tout droit</p> <p>Ens : En partie oui, y a quand même une courbure qui est toujours présente. C'est à partir de quels points qu'on a une perturbation qui apparait</p> <p>E : A partir des extrémités des obstacles</p> <p>Ens : Voilà oui, l'onde primaire, initiale est transformée en ces points en une onde secondaire qui est ?</p> <p>E : circulaire</p> <p>Ens : Ca marche ?</p> <p>E : Ok, merci</p> <p>Ens : Essayer encore de « joué » avec les ouvertures, vous avez aussi d'autres types d'obstacles à disposition, pour simuler comme un port avec une digue. Regardez ce qui peut se passé avec ces différents objets</p>	
13h41	<p>Consignes finales de Ens</p> <p>Institutionnalisation des postes en interaction avec les élèves</p>	<p>Scène 8.1 : Consignes finales, rendu des comptes rendus, retour sur les postes Ens-E, institutionnalisation Ens.</p> <p>Enseignant à toute la classe : Voilà vous avez 5 minutes pour terminer votre compte rendu. Et après on reviendra sur chacun des postes.</p> <p>Une fois les comptes rendus ramassés, l'enseignant demande aux élèves de revenir sur le poste de la corde vibrante et demande aux élèves ce qu'ils ont mis au sein de leur compte rendus. Puis il conclue sur le poste.</p> <p>Cette démarche est effectuée sur chacun des postes.</p> <p>Une fois terminée les élèves partent.</p>	<p>L'enregistrement est malheureusement fini à ce moment. La partie de l'institutionnalisation en interaction avec les élèves est manquante (9 dernières minutes).</p>

8. Bibliographie

Larcher C. (2003). Tome 2 : La place de l'expérience. *La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques* (Eduscol) Ministère de la Jeunesse, de l'Education nationale de la Recherche/Direction de l'Enseignement scolaire.

Tadjeddine M., Perrot F. (1995) Apprentissage de l'expérimentation en physique. *Didaskalia*, 6, 153-164.

Richoux H., Beaufile D. (2005) Conception de travaux pratiques par les enseignants : analyse de quelques exemples de physique en termes de transposition didactique. *Didaskalia*, 27, 11-39.

Arnoux P. (2013) *De la « désaffection » pour les études scientifiques* Skhole.fr, penser et repenser l'école.

Modoux F. (2012) Maturité fédérale, le grand malentendu. *Le temps*. Consulté de : <https://www.letemps.ch/suisse/2012/09/17/maturite-federale-grand-malentendu>

Dubouloz C. (2016) La Suisse se révolte contre l'enquête PISA. *Le temps*. Consulté de : <https://www.letemps.ch/suisse/2016/12/06/suisse-se-revolte-contre-lenquete-pisa>

Sensevy G. (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. Sensevy & A. Mercier (Dir.), *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (pp. 13-49). Rennes : Presses Universitaires de Rennes.

Brousseau G. (1990). Le contrat didactique et le concept de milieu : Dévolution. *Recherches en didactique des Mathématiques* » 9(3), 309-336.

Astolfi J. P. (2014). La saveur des savoirs : disciplines et plaisir d'apprendre, ESF

Hammoud R., Le Maréchal J. F., Trouche L., (2010) *Démarches d'investigation : conceptions et usages de ressources, impact du travail collectif des professeurs*. Consulté de :

http://www.academia.edu/775840/D%C3%A9marches_d_investigation_conceptions_et_usages_de_ressources_impact_du_travail_collectif_des_professeurs

Giuseppin M. (1996) Place et rôle des activités expérimentales en sciences physiques. *Didaskalia*, 9, 107-118.

Venturini P., Amade-Escot C. (2014) Analysis of conditions leading to a productive disciplinary engagement during a physics lesson in a disadvantaged area school. *International Journal of Educational Research*, Elsevier, 64, 170-183

Engle R. A., Conant F. R. (2002) Guiding principles for fostering productive disciplinary engagement: explaining an emergent argument in a community of learners' classroom. *Cognition and Instruction*, 20(4), 399-483.

Oubrayrie N., Lescarret O. (1997) Pratiques éducatives, estime de soi et compétences cognitives. Etude de la réussite scolaire des adolescents issus de milieux défavorisés. *Spirale*, 20, 7-25

Résumé

Ce mémoire c'est inscrit dans la création de travaux pratiques à situation adidactique, à leur mise en place dans des classes du gymnase de Beaulieu, à l'impact sur l'engagement et l'apprentissage effectif des élèves. Des enregistrements vidéo des séances en classes ont été effectués. L'analyse de ces enregistrements a été conduite systématiquement via le triangle pédagogique d'Houssaye, à la situation adidactique, à la théorie de l'action conjointe en didactique et au quadruplet de Sensevy. L'engagement et l'apprentissage sont significatifs quand une construction par l'action conjointe lié à une situation de défi est instaurée initialement. On dénommera ces travaux pratiques de « TP défis ». Il en est de même quand on applique un nombre important d'expériences au sein de divers « postes », de natures différentes. On dénommera ces travaux pratiques de « TP par postes ». Le dynamisme engendré, la variété de compétences sollicitées chez l'élève, la liberté d'action et l'indépendance intellectuelle stimulent l'élève. Les phases ponctuelles de guidage, d'institutionnalisation amplifient le processus d'apprentissage.

Mots-clés : TP défis, TP par postes, situation adidactique, action conjointe, triangle pédagogique d'Houssaye, quadruplet de Sensevy, engagement, apprentissage.