

Thème démarche d'investigation et incertitude de mesure

« Mars attaque »

Le dossier « Mars attaque » a été réalisé par Emilie Folliot, Legta de Bressuire en stage PCEA PC interne 2014/2015. Elle a initié ce projet avec sa classe de LCQ. Elle a ainsi créé une certaine cohésion, solidarité dans sa classe qui s'est traduit cette année par une implication de ces jeunes pour les « intersicaux ».

► Education. « Intersicaux » : un coup d'essai réussi !



Diverses épreuves étaient proposées, pour resserrer les liens.

Jeudi 17 septembre s'est déroulé, au campus des Sicaudières, une manifestation originale : « les Intersicaux ».

Activités sportives, blind test, boîtes mystère et chasse au trésor étaient au programme. A partir de 16 h 30, l'ensemble des élèves a été réuni pour partager un moment riche en humour et en amusement.

L'objectif était également de renforcer les échanges entre les filières de l'établissement :

professionnelles (agricole, laboratoire, alimentation) et générale et technologique.

La soirée était proposée à l'initiative des terminales LCQ (laboratoire contrôle qualité). Elle a permis de rassembler 250 personnes, élèves et enseignants, qui se sont volontiers pliés à l'exercice.

Une première qui a été appréciée de tous et qui mériterait de rentrer dans les habitudes de l'établissement...

PARTIE DISCIPLINAIRE

Pour cette partie du dossier, je vais vous présenter la production pédagogique que j'ai réalisée afin de mettre en place les deux thématiques suivantes : la démarche d'investigation et les incertitudes de mesure. Cette production a pris la forme d'un projet pédagogique que j'ai mené en classe de 1^{ère} professionnelle LCQ (Laboratoire Contrôle Qualité). Je commencerai par exposer le contexte dans lequel j'ai réalisé ce projet. Je poursuivrai par une présentation globale du projet avant de me concentrer sur l'organisation de ce dernier et l'analyse critique des différents temps forts de cette réalisation.

1) Contexte du projet pédagogique

J'ai décidé de traiter les incertitudes de mesure et la démarche d'investigation en classe de 1^{ère} LCQ dont je suis professeur principal et que je rejoins à raison de 6,5 heures hebdomadaires. Plusieurs raisons m'ont menée à choisir cette classe et ces thématiques.

Pourquoi travailler les incertitudes de mesure avec les 1^{ères} LCQ ?

Tout d'abord, j'interviens dans plusieurs modules du diplôme, notamment le module général commun à tous les baccalauréats professionnels de l'enseignement agricole (MG4) et les modules professionnels (MP2 ; MP3 ; MP4 ; MP5 ; activités pluridisciplinaires). Dans ce contexte, travailler sur les incertitudes de mesure répond tout à fait au référentiel du diplôme, et notamment aux objectifs des modules professionnels :

- Contribuer à la mise en œuvre de la métrologie (MP2)
- Communiquer en situation professionnelle (MP2)
- Utiliser des indicateurs statistiques pour interpréter les résultats (MP5)

Aussi, les incertitudes de mesure sont une partie de programme que je n'avais jusqu'à présent traitée qu'au travers du programme du baccalauréat technologique STL (Sciences et technologies de laboratoire). Il s'agissait alors d'applications numériques permettant de donner les valeurs retenues des différentes analyses réalisées sous forme d'intervalles de confiance. La sensibilisation intellectuelle et philosophique relative à ce concept n'était pas un objectif pédagogique du diplôme, contrairement au référentiel du baccalauréat professionnel LCQ. Après la formation traitant des incertitudes de mesure que j'ai suivie durant le premier regroupement à l'ENFA, je trouvais opportun de profiter de ce dossier pour mener une réalisation sur ce thème et ainsi poursuivre ma réflexion et consolider mes connaissances à ce sujet.

Pourquoi travailler la démarche d'investigation avec cette même classe ?

La démarche d'investigation est un outil pédagogique auquel je suis particulièrement sensible. En effet, depuis le début de ma carrière d'enseignante, j'ai essayé de la mettre en

place dès que le moment me semblait propice. La démarche d'investigation est un très bon moyen pour dispenser un enseignement à l'efficacité décuplée et percutante pour les élèves. En effet, elle permet d'ancrer les connaissances développées dans un contexte concret relevant de la vie quotidienne et/ou de la future vie professionnelle des élèves. Elle permet donc de donner davantage de sens à notre enseignement tout en développant, *in fine*, un certain nombre de compétences transversales telles que le travail d'équipe, l'esprit critique, la communication et l'autonomie.

Cette année de stage m'a permis de découvrir la filière LCQ et la philosophie de cette dernière qui est d'apporter les méthodes d'analyse nécessaires « par le produit ». En effet, il ne s'agit pas, dans cette filière professionnelle, d'apporter les méthodes puis de les appliquer lors de travaux pratiques, mais plutôt d'apporter un produit à analyser et d'en déduire les analyses que l'on peut faire sur cette matrice et les méthodes d'analyse nécessaires. Cette façon de concevoir l'apport des connaissances s'articule très bien avec la démarche d'investigation. Ainsi, traiter cet outil pédagogique au travers de cette classe me paraît pertinent.

Pourquoi travailler la démarche d'investigation et les incertitudes de mesure au sein d'une démarche pédagogique par projet ?

La classe de 1^{ère} LCQ est constituée de 6 jeunes filles que je découvre cette année. Je me suis rendue compte, dès les premières semaines, qu'acquiescer leur confiance, prérequis nécessaire à une relation pédagogique durable et efficace, ne se ferait pas sans mettre en place des outils pédagogiques spécifiques et innovants. En effet, une grande majorité des élèves de cette classe ont un parcours scolaire atypique et se retrouvent dans une relation compliquée avec l'autorité et l'institution scolaire dans son ensemble. Aussi, je me rendais rapidement compte que ces jeunes filles manquaient cruellement de confiance en elles et que la relation qu'elles entretenaient jusqu'alors avec l'École n'arrangeait pas ce sentiment. De plus, l'orientation de ces élèves vers la filière LCQ n'est pas toujours une orientation choisie. Parfois, il s'agit d'une « voie de garage » et constitue pour l'élève concernée un rappel quotidien de son échec scolaire. Enfin, au sein de ce groupe classe, 2 des 6 filles sont arrivées en septembre : la cohésion du groupe était aussi à travailler. Ainsi, une fois ces critères reconnus et identifiés, la situation nécessitait des activités pédagogiques variées permettant de travailler ces problématiques. Il fallait alors allier l'apprentissage des compétences et le développement d'une atmosphère apaisée et sécurisante permettant la progression de chacune des élèves. J'ai donc démarré l'année scolaire par diverses activités ponctuelles et originales faisant appel à l'autonomie et à la responsabilité du groupe classe (romans photos). Ensuite, j'instaurai des séances d'enseignement reposant sur la démarche d'investigation. Cela me permit, assez rapidement, de travailler l'image et le rôle de l'enseignant jusqu'alors perçue par le groupe classe. Passé un premier temps de méfiance et de peur vis-à-vis de l'échec, le groupe classe se mit en mouvement tout en créant un véritable début de cohésion de groupe. La mise en place de mon projet pédagogique intervint dans ce contexte. En effet, puisque la classe adhère maintenant au travail de groupe de façon ponctuelle, pourquoi ne pas tenter un travail plus ambitieux s'inscrivant dans un cadre temporel plus important. D'abord envisagée sous forme de séquence, ma production pédagogique s'est rapidement transformée en projet pédagogique sous l'influence de certains paramètres.

En effet, ayant réussi à instaurer un climat de confiance et de dialogue auprès de ce

groupe classe, je découvrais bientôt le ressenti que les élèves développaient vis-à-vis du reste de l'établissement scolaire. Comme je le développais dans la partie précédente de ce dossier, un sentiment de non-intégration et de non-valorisation de la filière était ressenti de façon unanime par l'ensemble de la classe. A titre d'exemple, les élèves me relevaient les différents événements permettant la valorisation des filières agricoles (concours de pointage ; ovinpiades ...) et des élèves vis-à-vis de l'équipe pédagogique, inexistantes pour leur filière. Je décidais alors d'atténuer ce sentiment en inscrivant ma production pédagogique dans un cadre temporel plus important. J'envisageais alors une production des élèves pouvant être valorisée à l'échelle de l'établissement voire davantage. La pédagogie par projet répond très bien à ces différents objectifs et c'est donc celle-ci que j'ai décidé de mettre en place.

2) Présentation et organisation du projet

a- Présentation du projet « Mars attaque »

Lors du premier regroupement à l'ENFA, je décidai, à la suite de la formation dispensée sur les incertitudes de mesures, de monter une séquence pédagogique traitant ce point de programme par la démarche d'investigation, le tout en prenant appui sur l'étude de lots de barres chocolatées *Mars*[®]. L'idée première était de proposer aux élèves d'étudier les mentions apposées sur un emballage de lots de 6 barres chocolatées, notamment celle stipulant la masse du lot : « 6 * 42 g ». Je souhaitais les amener à critiquer cette mention, à proposer une autre mention et à argumenter leurs résultats au sein d'une lettre qui serait alors envoyée à l'entreprise *Mars*[®]. J'appelai la séquence « un *Mars*[®] et ça repart ». Le groupe classe a tout de suite adhéré à la démarche et a montré un enthousiasme que je n'avais jusqu'alors jamais connu. Aussi, les élèves se sont très rapidement appropriés la démarche, renommant la séquence « Mars attaque ». De plus, je sentais l'envie d'aller plus loin dans la réalisation, notamment au niveau de trace écrite à produire et à envoyer à l'entreprise. Après discussion, la lettre d'informations initialement prévue se transforma en rapport d'expertise. La séquence pédagogique se transforma alors en projet. Je décidai de profiter de la motivation de la classe pour mener ce projet jusqu'au bout en lui accordant le temps nécessaire au sein de ma progression afin de le réaliser de façon satisfaisante.

b- Organisation du projet pédagogique

Le projet *Mars*[®] repose sur l'organisation d'un ensemble de séances s'articulant autour de plusieurs temps forts :

- sensibilisation des élèves à la notion d'incertitude via les manipulations usuelles effectuées en laboratoire : pipetage d'un volume précis de solution et mesurage de la masse d'un échantillon
- étude des paramètres d'incertitude liés au mesurage d'une masse
- mise en place d'un protocole rigoureux de pesage respectant les paramètres de répétabilité
- analyse de résultats et calculs d'intervalles de confiance
- réponse à la problématique et rédaction d'un rapport d'expertise en groupe

Le découpage du projet en séances peut être résumé dans le tableau suivant :

Thématique traitée	Séance	Durée approximative	Activités
/	Introduction	2h	Remplir une fiole jaugée dont le trait a été caché → Notion d'incertitude + Répétabilité
D.I.	1	3h	Quels sont les paramètres pouvant influencer le résultat de mesurage d'une balance ? → 12 paramètres différents testés par 3 binômes
D.I.	2	2h	Mise en commun des paramètres + mise en place protocole d'analyse des barres chocolatées
D.I.	3	3h	- Étude de l'impact des emballages + suremballages - Mise en place d'une procédure d'identification des barres chocolatées - Mesurages des différentes barres
Incertitudes	4	2h	Analyse statistique des résultats → notion d'intervalle de confiance + utilisation calculette
/	5	5h	Rédaction d'un « rapport d'expertise » → valorisation du travail fourni et de la filière
Compétences ?	6	/	Évaluation par compétences des binômes ?
Séance n°6 envisagée mais non réalisée			

Au total, ce projet se déroula sur environ 17 h de cours, sans compter les heures de travail en autonomie assurées par le groupe classe. Je vous propose maintenant de développer chacune de ces séances et d'analyser leur déroulement dans la partie suivante de ce dossier.

3) Description et analyse des différentes séances

a- Séance d'introduction

➤ Description de la séance

La séance d'introduction au projet intervient le lendemain de la visite pédagogique au LASAT (Laboratoire d'Analyses Sèvres Atlantique) situé à Champdeniers-Saint-Denis. Ce contexte n'est pas anodin. En effet, lors de cette visite, la responsable de ce laboratoire insista fortement auprès des élèves sur l'importance de l'accréditation COFRAC du LASAT et sur la nécessité de laisser la responsabilité des différentes analyses à un personnel habilité pour réaliser les diverses tâches. Ce discours fût d'autant plus percutant lorsque les

élèves rencontrèrent l'une des techniciennes les plus habilitées du laboratoire : la responsable de l'isolement et de la culture des germes pathogènes, ancienne élève en bac professionnel LCQ du LEGTA des Sicaudières. Cette visite se termina sur une question portant sur l'accueil de stagiaire au sein du LASAT. La réponse fût claire : le laboratoire n'accueille que des stagiaires de niveau BTS sur des sujets portant, en grande majorité, sur la métrologie.

Cette visite fût donc un excellent tremplin pour lancer la séance d'introduction à la métrologie. Après avoir rapidement fait un bilan sur la visite de la veille, je décidai de lancer un jeu de rôle au sein du laboratoire. Je me mis donc dans la peau d'un responsable de laboratoire souhaitant « vérifier » l'habilitation des ses techniciennes pour le prélèvement d'échantillons liquides (les élèves). Dans cette optique, je leur ai posé un défi : remplir précisément, avec de l'eau distillée, une fiole jaugée de 50,0 mL dont le trait de jauge a été caché par un morceau d'adhésif de protection. Après quelques balbutiements, toutes les élèves se lancèrent et choisirent d'utiliser une ou plusieurs pipettes jaugées de contenance variable. Voici les différents scénarii que j'ai pu observer :

Élève	Verrerie utilisée	Stratégie de prélèvement	Classement (précision du prélèvement)
Morgane	Pipette jaugée de 25,0 mL	2 x 25,0 mL	n°1
Honorine			n°2
Sophie			n°3
Mathilde			n°4
Amandine	Pipettes jaugées de 20,0 mL et de 10,0 mL	2 x 20,0 mL + 10,0 mL	n°5
Lucie	Pipettes jaugées de 10,0 mL	5 x 10,0 mL	n°6

A la suite de cette manipulation, nous avons discuté et analysé les résultats pour en arriver aux points suivants :

- pour minimiser les erreurs de mesure, il faut limiter le nombre d'étapes de manipulation
- pour minimiser les erreurs de mesure, il faut respecter les bonnes pratiques de laboratoire et manipuler les différents instruments de mesure avec précision et rigueur.

Nous avons terminé la séance en évoquant les incertitudes liées aux instruments de mesure. Pour cela, je leur ai demandé de scruter les mentions notées à la surface des fioles jaugées. Nous avons donc discuté de l'écriture « 100 mL +/- 0,06 mL » et formulé l'affirmation suivante :

- En chimie, et dans toutes les sciences en général, aucune mesure n'est exacte : seuls les résultats sous forme d'intervalle ont une véracité scientifique.

➤ *Analyse de la séance*

Cette séance a très bien fonctionné. En effet, la dimension « jeu de rôle » de l'activité a permis l'adhésion totale et immédiate du groupe classe. Les élèves ont pris le défi très au sérieux : elles ont élaboré leur protocole et ont manipulé de façon rigoureuse. De plus, la mise en résonance de la séance avec la visite en milieu professionnel de la veille n'a fait que conforter l'intérêt d'étudier la métrologie durant leur formation scolaire. Les différents scénarii retenus par les élèves ont été porteur de nombreux renseignements. Voici les principaux que j'ai retenu :

- Dès le début de l'activité, aucune élève ne semble convaincue de pouvoir relever le défi. En plus d'un certain manque de confiance en elle, l'idée selon laquelle il est peu probable de réussir à atteindre de façon convenable le trait de jauge semble unanimement retenue. En effet, selon elles, « il n'est pas possible d'être aussi précis ». Je peux donc en déduire que ce groupe est déjà sensible aux notions d'incertitude et de précision même s'il n'est pas capable d'oraliser ce ressenti. Cette sensibilisation passe par l'expérience qu'elles ont déjà acquise de l'utilisation de la fiole jaugée et des pipettes jaugées.
- Toutes les élèves ont retenu la pipette jaugée comme instrument de mesure à utiliser : il s'agit, selon elles, d'un des instruments les plus précis. Là encore, les élèves sont déjà, plus ou moins consciemment, sensibles aux notions d'incertitude et d'erreur : elles savent que si elles prennent les graduations d'un bécher comme repère, le volume qu'elles auront mesuré sera « faux ».
- Deux élèves (Amandine et Lucie) pensent qu'une pipette jaugée est d'autant plus précise que le volume mesuré est petit. Il me faut donc profiter de cette activité pour mettre à mal ce ressenti. Pour cela, les résultats de cette activité s'avèrent être de précieuses preuves scientifiques.
- Quatre élèves (Morgane, Honorine, Sophie et Mathilde) pensent qu'une manipulation est d'autant plus précise qu'elle limite le nombre d'étape. Cette théorie se vérifie lors de la manipulation même si des différences significatives sont à relevées entre ces quatre élèves, bien qu'elles aient retenu le même scénario. Je peux alors en déduire que les gestes techniques, et notamment ceux nécessaires au pipetage d'un volume précis ne sont pas encore totalement maîtrisés. Cette observation laisse place à une discussion au sein de la classe, me permettant alors de reprendre une à une les différentes étapes du pipetage. Ce fut aussi l'occasion de s'interroger sur la notion de répétabilité, notamment celle des gestes techniques. Morgane, qui a quasiment réussi à atteindre le trait de jauge (bien mieux que moi lors du regroupement ENFA) nous a fait part de son point de vue. Après réflexions, elle a décidé de réaliser les deux prélèvements avec une pipette humide, ce qui, selon elle, permet de réaliser les deux étapes dans des conditions exactement identiques.

Ainsi, cette séance fût très riche en enseignements, pour les élèves comme pour moi même. Je trouve que cette séance d'introduction est une activité très marquante, idéale pour initier les élèves à la métrologie : je remercie donc ma formatrice C. Ducamp pour m'en avoir donné l'idée. Aussi, je suis persuadée de l'efficacité de cette séance. En effet, le dernier

échange que j'ai eu avec le groupe classe à la fin de cette séance ne peut que me conforter dans cette idée. En effet, après les avoir fait réfléchir sur l'incertitude liée à la verrerie, Morgane me regarde et m'annonce : « ce que vous voulez dire, Madame, c'est que, si ça se trouve, j'ai prélevé exactement 50,0 mL mais que, comme la fiole jaugée ne donne pas un volume exact, je n'atteins pas exactement le trait de jauge car ce-dernier pourrait ne pas être parfaitement au bon endroit ». Cette affirmation laissa quelques instants le reste du groupe classe en suspend avant de recevoir l'adhésion de chacune des élèves : je savais alors que le message était bel et bien passé.

b - Séance n°1 : analyse de divers paramètres influençant le mesurage d'une masse

➤ *Description de la séance*

Le lendemain de la séance d'introduction, je retrouve les élèves, chargée de 6 lots de 6 barres de Mars. J'annonce aux élèves que ces barres chocolatées seront nos objets d'étude et que le but du projet que nous allons officiellement débuté est de produire une analyse métrologique rigoureuse de ces lots pouvant être envoyée au service client de la célèbre marque. L'enthousiasme se fait tout de suite sentir, d'autant plus qu'il s'agit d'un produit qu'elles apprécient particulièrement. L'émulsion première qui consiste, entre autre, à fantasmer les éventuelles récompenses que la société pourrait nous faire parvenir laisse rapidement place aux questions. Celle qui interroge le plus les élèves est celle-ci : quel critère pouvons-nous étudier sur ces barres ? Dans un premier temps, je refuse de répondre à cette question et invite les élèves à se rapprocher de mon bureau afin d'observer attentivement nos objets d'étude. Après quelques instants, l'une des élèves nous fait part de son observation : « il est marqué 6*42 g sur l'emballage : si on réfléchit bien, on ne peut pas être aussi précis ! ». je rebondis donc sur cette observation pour annoncer notre problématique : nous allons proposer une analyse critique de la mention « 6*42 g » apposée sur chacun des lots de Mars. Les élèves comprennent donc que nous allons travailler avec la masse et qu'il va falloir utiliser les balances comme instruments de mesure. L'objectif final d'envoi du rapport au service client est un formidable levier pédagogique : le groupe-classe adhère tout de suite à l'idée de fournir un travail précis et rigoureux pouvant être utile et estimé par l'entreprise. Je n'ai donc pas besoin d'insister sur la nécessité de fournir un travail sérieux. Aussi, la nécessité de manipuler les balances de façon scientifique et précise apparaît alors comme étant une obligation. Les élèves s'organisent donc en binôme et se donne « un nom de laboratoire ». Le but de l'activité est alors d'étudier les différents paramètres pouvant influencer le mesurage d'une masse à l'aide d'une balance de précision. Une fois le groupe classe organisé en trois binômes, l'activité a démarré. Pour les aider dans cette démarche d'investigation, je leur distribuai un tableau de ce type :

Paramètre étudié	Hypothèse de travail	Expérience réalisée	Résultats de l'expérience	Conclusion

Au final, cette activité se déroula sur 2h 30min au cours desquels les trois binômes étudièrent 12 paramètres d'incertitude différents (sans compter les doublons voir les triplons). Voici quelques exemples de paramètres, tous les autres étant présentés dans le

dossier des élèves en annexe (p. 5) de cet écrit :

- position de l'objet à mesurer sur le plateau de la balance
- altitude de la balance
- inclinaison de la balance
- utilisation de plusieurs balances pour la mesure d'une même masse
- Etc ...

Pour mener à bien cette activité, en conciliant le respect du matériel et la curiosité des élèves, nous avons utilisé les balances les plus anciennes du lycée, non utilisées par la filière laboratoire.

➤ *Analyse de la séance*

Cette première séance de projet s'est très bien déroulée. L'objet d'étude a de suite intéressé le groupe-classe, qui s'est lancé d'emblée dans l'activité. Je n'ai pas eu, à aucun moment, besoin de motiver ou remotiver un groupe. Mes seules interventions ont plutôt consisté à encadrer l'enthousiasme des groupes de travail afin d'assurer la sécurité des élèves mais aussi du matériel. D'ailleurs, il s'agit bien ici du point faible de cette activité : les balances. En effet, cette étude des paramètres d'incertitude repose sur un postulat très discutable : les conclusions issues des expériences menées sur les « vieilles » balances sont valables sur nos balances de précision. Aussi, les élèves réalisent leur étude sur une balance qu'elles n'utiliseront à priori plus pour le reste du projet. Néanmoins, cette activité plût tellement aux élèves qu'elle dura en tout 3h contrairement au 2h que j'avais initialement prévues.

Enfin, d'un point de vue moins disciplinaire, je pense important de souligner que cette activité a joué un rôle, aussi modeste soit-il, dans l'insertion scolaire et sociale de la classe de LCQ1. En effet, cette activité a valorisé les élèves et leurs travaux à plusieurs niveaux :

- L'activité s'est déroulée dans une réelle bonne humeur et le travail a laissé plusieurs fois place à de franches rigolades, notamment lorsque les élèves ont choisi de percher la balance à une altitude de 2m, ou quand elles ont choisi de mesurer leur masse en extérieur, passant alors tabouret, balance et rallonge électrique par la fenêtre ...
- Cette activité a aussi permis de fédérer un certain nombre d'adultes de la communauté éducative autour de leur activité. En effet, dans un premier temps, notre technicienne de laboratoire est venue voir les élèves, curieuse de leur travail et des résultats obtenus (et peut-être aussi pour vérifier que l'on ne maltraitait pas trop ses balances...). Ensuite, ce fût leur enseignante de français qui profita de la porte ouverte du laboratoire et des éclats de rire des élèves pour venir voir ce qu'elles étaient en train de faire. Puis vînt le tour de ma collègue de physique-chimie, ancienne enseignante de la classe. Enfin, lorsque le groupe-classe a décidé de se rendre à l'extérieur pour tester le paramètres de l'environnement de la balance, le groupe-classe s'est retrouvé en train de travailler à la vue des élèves des classes environnantes, des assistants d'éducation, et de tous les adultes « passant par là ». Je n'avais pas pensé que cette activité aurait un impact de ce type auprès des élèves. Néanmoins, en écoutant leurs réactions et discussions, je me rendis rapidement compte que ces regards extérieurs s'avéraient très valorisant pour elles.

c - Séance n°2 : mise en commun des résultats et rédaction d'un protocole de pesée

➤ *Description de la séance*

La séance n°1 terminée, nous nous sommes retrouvées en salle de classe quelques jours plus tard. Chaque binôme devait recopier et compléter au propre son tableau de travail. Cette séance, beaucoup plus classique que la première, se découpait en plusieurs étapes. La première d'entre-elles était de mettre en commun, dans un même tableau, tous les paramètres étudiés par les différents binômes. Ce travail a permis aux élèves de communiquer dans une situation se rapprochant du monde professionnel : il s'agissait de rendre compte, de façon orale et face, parfois, aux critiques de leurs paires, de leurs activités expérimentales. Ce tableau étant terminé, nous avons alors classé ces différents paramètres sur une carte mentale discriminant ces derniers en fonction de 5 source (Méthode / Main d'œuvre / Matériel / Milieu / Machine). Ce schéma est présent dans le document annexe à la page 6. A la suite de cette étape, nous avons postulé le fait que nous pouvions, pour notre projet, maîtriser uniquement les paramètres dépendants de la méthode et la main d'œuvre liée à la mesure des masses des barres Mars. Nous avons alors pu rédiger un protocole de pesée permettant de minimiser au maximum les incertitudes liées au mesurage et permettant aux élèves de se placer dans les meilleures conditions de répétabilité possibles (voir annexe p.6). Ce protocole rédigé, le groupe-classe se sentait alors prêt à débiter les mesurages lors de la séance suivante.

➤ *Analyse de la séance*

Cette séance fût riche en enseignements. En effet, après avoir expliqué mes exigences et attentes de l'étape de mise en commun, je me suis alors positionnée en tant qu'observatrice, assise au sein de la classe. Il fût très intéressant de voir mes élèves passer au tableau pour communiquer sur leurs expériences, hypothèses et résultats. De plus, certaines manipulations ont suscité des débats et critiques. Par exemple, l'utilité de certaines expériences (tester la mesure d'une même masse de liquide contenue dans différents contenants) est débattue, de même que certains résultats. Les questions sont nombreuses et je suis agréablement surprise de la qualité scientifique de leurs interventions. Je viens en aide au groupe interrogé seulement lorsque je sens que l'échange s'enlise, apportant alors la réponse (ou le choix) attendue par le reste de la classe. Aussi, ces échanges me permettent de mesurer la confiance qu'ont les élèves en eux ainsi que la crédibilité et la valeur qu'ils apportent au travail qu'ils ont réalisé. Au final, je remarque qu'il y a encore beaucoup de travail à faire de ce côté. Cela me conforte dans l'idée selon laquelle l'estime de soi est un apprentissage à part entière qui doit être assuré par l'école.

Une fois la mise en commun effectuée, le classement des différents paramètres et la rédaction du protocole de pesée se fait de façon efficace et satisfaisante. Je remarque qu'aucune élève ne se pose la question de l'impact des emballages et suremballages sur la masse des barres chocolatées. J'en déduis alors qu'elles n'anticipent pas la future manipulation, se concentrant plutôt sur le côté « théorique » du protocole et sa rédaction. Je décidai de ne rien dire cette séance et d'observer la réaction des élèves à la séance suivante, lorsqu'elles se retrouveront en face des lots de barres chocolatées à étudier.

d - Séance n°3 : Mesurage de la masse des barres chocolatées

➤ *Description de la séance*

Les élèves arrivent donc à cette séance motivées à l'idée de procéder aux mesurages et d'appliquer le protocole qu'elles ont mis en place. Je sors les 6 lots de barres, les élèves s'organisent et après un petit temps de concertation, elles décident de se répartir les tâches : une seule élève procédera aux mesurages des lots pendant qu'une autre servira de secrétaire au tableau, une autre se chargera de la trace écrite sur papier et le reste de la classe commencera la lettre à envoyer à l'entreprise. La manipulation semble sur le point de débiter lorsque qu'elles s'aperçoivent qu'elles ne peuvent pas utiliser les balances de précision du laboratoire. En effet, la masse des lots dépasse la masse maximale pouvant être mesurée par ces balances. La classe décide donc d'utiliser les balances plus anciennes de la séance n°1.

Cette difficulté surmontée, le groupe-classe s'apprête à démarrer la manipulation quand les élèves me demandent s'il faut enlever ou non le suremballage du lot pour l'étude. N'ayant pas la réponse, la classe décide de « sacrifier » un lot de Mars en l'ouvrant, et en comparant la masse du lot avec ou sans ce suremballage. Cette expérience a révélé que ce dernier avait un impact non-négligeable de 3g sur la masse du lot (voir annexe p.8). Les élèves décident donc d'ouvrir tous les lots de Mars et de les étudier sans ce suremballage. Avant de procéder à cette ouverture, l'une des élèves s'interroge : « si on ouvre tous les lots, on va se retrouver avec 36 barres de Mars. Comment allons-nous faire pour ne pas les confondre jusqu'à la fin du projet ? ». La problématique de la traçabilité de nos échantillons était alors amenée par le groupe-classe lui-même, pour mon plus grand plaisir.

J'ai souligné la perspicacité d'une telle remarque et invité les élèves à se mettre autour d'une table pour mettre au point une procédure de traçabilité. Je leur ai demandé de se mettre d'accord et de formaliser la procédure retenue sous forme d'un document de travail écrit, approuvé et signé par l'ensemble de la classe. Je les ai laissé travailler seules, en autonomie. La procédure a été mise en place : chaque Mars sera reconnu par un numéro de lot et de barre (par exemple, on a la barre n°4 du lot n°3). Aussi, cette identification sera notée sur un sachet congélation dans lequel on laissera la barre chocolatée : c'est la stratégie retenue par la classe pour ne pas coller d'étiquette sur l'emballage de la barre et ainsi rajouter un excédent de masse à cette dernière.

L'identification des 36 barres faite, les élèves pensent pouvoir démarrer l'analyse. Cependant, elles se demandent maintenant s'il faut peser les barres avec ou sans leur emballage. Ne pouvant toujours pas répondre à leurs interrogations, la classe décide de sacrifier un Mars. La comparaison effectuée, les élèves relèvent que cet emballage a un impact faible sur la masse de la barre chocolatée. Elles décident de réaliser leur étude en gardant l'emballage, et ce, pour des raisons plutôt « pratiques ». Leurs arguments sont :

- Les emballages permettent la conservation des barres d'une séance à l'autre
- Ils assurent la sécurité alimentaire des barres, indispensable dans l'optique du goûter de clôture du projet qui se profile.

Une fois toutes ces étapes réalisées, la classe peut maintenant procéder aux mesurages, chacune de élève assurant le rôle qui lui a été attribué.

➤ *Analyse de la séance*

Cette séance a été riche en rebondissements, ce qui l'a rendue très rythmée. Mon rôle

vis-à-vis de la classe fût plutôt celui d'un animateur, d'un guide, relevant et mettant en valeur les interventions utiles à la progression du projet. Les objectifs pédagogiques visés lors de cette séance, notamment celui de la traçabilité des échantillons, ont donc été atteints. Ils ont été apportés par les élèves elles-même : je ne suis intervenue que pour verbaliser les idées des élèves en leur apportant le vocabulaire nécessaire jusqu'alors non -maîtrisé. De plus, les instants de travail en groupe entier, de façon autonome, ont permis de travailler la cohésion du groupe-classe.

e - Séance n°4 : analyse statistique des résultats de mesurage

➤ *Description de la séance*

Cette séance de 2h s'est organisée en deux étapes et s'est déroulée en salle informatique. La première a été un temps d'enseignement « classique », transmissif, durant lequel j'ai apporté à la classe les connaissances théoriques nécessaires à l'analyse statistique des résultats du projet. Les apports ont porté sur :

- la mobilisation des outils statistiques travaillés en cours de mathématiques (moyenne et écart-type)
- la différence entre l'écart-type et l'écart-type corrigé (écart-type expérimental) : application à la métrologie
- la mobilisation de la capacité « utilisation de la calculatrice graphique » afin de mener à bien l'analyse statistique d'une liste de données
- la notion et le calcul d'intervalles de mesure à différents niveaux de confiance (68 % ; 95 % ; 99 %)

Ce temps d'enseignement a alterné cours et exercices durant la première heure.

La fin de la séance a servi à l'analyse des résultats issus de la séance précédente. Ainsi, de façon individuelle, chacune des élèves s'est placée derrière un ordinateur et a calculé les intervalles de confiance pour toutes les listes de résultats. Le but de cette étape était de faire travailler les élèves sur le tableur informatique afin d'utiliser les fonctions informatiques nécessaires pour calculer les moyennes et écarts-types corrigés des listes de résultats. Dans le but de développer l'autonomie de mes élèves, je leur ai demandé de vérifier leurs résultats à l'aide de leur calculatrice graphique. Si les différents résultats ne coordonnaient pas, les élèves m'appelaient alors pour venir identifier la ou les sources d'erreur.

➤ *Analyse de la séance*

Cette séance était celle que j'appréhendais le plus. En effet, les mathématiques sont une matière peu appréciée par les 2/3 de la classe. En effet, hormis deux élèves qui manipulent les outils mathématiques avec aisance, le reste de la classe est en difficulté dans cette discipline. Je savais que les élèves avaient déjà travaillé les statistiques. Je comptais donc sur la dynamique insufflée par le projet pour les accrocher sur cette partie théorique. Bien entendu, certaines élèves se sont rapidement senties dépassées. Néanmoins, j'ai trouvé qu'elles se montraient bien plus persévérante face aux difficultés. Aussi, le contexte pédagogique du projet m'a permis d'individualiser plus aisément cette séance. Les élèves les plus à l'aise vérifient leurs résultats informatiques grâce à leurs calculatrices, confrontent leurs conclusions et peuvent ensuite avancer sur la rédaction du rapport d'expertise. Pendant

ce temps, j'ai tout loisir de m'occuper des élèves en difficulté. Au final, même si cette partie théorique a été plus ou moins laborieuse pour les élèves, il m'a semblé que les objectifs fondamentaux de la séance ont été atteints.

f - Séance n°5 : rédaction du rapport d'expertise

➤ *Description de la séance*

La rédaction du rapport d'expertise se déroula au CDI, un espace où nous pouvons trouver des ordinateurs ainsi que des petits îlots de tables dispersés dans la pièce permettant le travail de groupe. C'est donc un endroit agréable pour travailler que je n'hésite jamais à réserver dès que le travail à réaliser avec les élèves s'y prête. Dans un premier temps, la classe s'organisa en trois binômes. Le premier a recherché les adresses où nous pourrions potentiellement envoyer notre rapport d'expertise. Ensuite, il s'est chargé de trouver et préparer les enveloppes pour l'envoi. Pendant ce temps, un second binôme s'est occupé de prendre les différentes photos des balances, barres chocolatée (etc ...) qui viendront illustrer le rapport. Enfin, je délégais au troisième binôme le « management de l'équipe-classe ». Il s'agissait de faire le plan du rapport d'expertise et de prévoir un planning d'organisation de la rédaction : qui fait quoi ? Avec qui ? Pour quand ? Où ? Etc... Le rapport d'expertise envoyé à l'entreprise est donc issu d'un travail de groupe où chaque élève s'est retrouvé responsable d'une partie de cette trace écrite.

➤ *Analyse de la séance*

Cette période de rédaction s'est avérée beaucoup plus longue qu' initialement prévu. En effet, les difficultés de rédaction des élèves sont certaines. De plus, je découvre que la classe n'est pas à l'aise avec les logiciels de traitement de texte. Je profite donc de l'occasion de travailler avec elles quelques notions de bureautique :

- traitement d'images (recadrer ; rogner ; compresser ...)
- insertion d'images dans un texte
- réalisation d'une table des matières
- insertion de tableau dans un texte
- mise en page
- numérotation des pages
- etc ...

La réalisation du rapport est un outil pédagogique intéressant. Il permet aux élèves de travailler la communication écrite dans un contexte se rapprochant du monde professionnel. Aussi, cette étape de rédaction intervient juste avant leur départ de stage. Il permet aux élèves de se préparer aux différents travaux écrits qu'ils devront rendre à leur maître de stage mais aussi à l'équipe pédagogique dont je fais partie. De plus, l'apprentissage, pour le binôme responsable du « management de l'équipe-classe », a été important : imposer un point de vue, négocier et apprendre à faire des compromis, motiver les différents binômes sont été des qualités nécessaires pour faire avancer la rédaction. Je ne suis intervenue qu'une seule fois où je sentais la tension réellement présente : la situation nécessitait d'être désamorcée. Au final, cette prise de risque s'est révélée payante.

De mon point de vue, le travail de relecture, de correction et d'assemblage du dossier m'a pris un temps très important. Néanmoins, le résultat final dépasse toutes mes attentes, au niveau disciplinaire comme pédagogique. En effet, j'ai profité de l'occasion pour valoriser ce

travail au sein de l'établissement. Pour cela, j'ai envoyé l'ensemble de la classe apporté leur dossier au directeur de l'établissement pour lui expliquer leur travail et recevoir le cachet du lycée et la signature du directeur sur la dernière page, à côté des leurs. Ce fut l'une des récompenses du travail mené. Je sentais la fierté dans leurs sourires et dans leurs yeux : j'oubliais alors le temps passé à corriger leurs fautes d'orthographe ! J'avais bien sûr anticipé et prévenu le directeur de cette venue.

A l'heure actuelle, le dossier a été envoyé à deux adresses. Nous attendons une réponse, même si la classe envisage la possibilité de ne rien recevoir. En attendant, les barres de Mars nous ont permis de réaliser un goûter avec la classe de 2^{nde} ABIL. J'ai profité de l'occasion pour que mes élèves de 1^{ères} distribuent aux élèves de 2^{nde} les romans-photos réalisés au fil de l'année et résumant les bonnes pratiques de laboratoire à respecter pour certaines manipulations (sécurité au laboratoire / pipetage d'un échantillon / dissolution / dilution / etc ...).

4) Conclusion

Ce projet « Mars » est, à l'heure actuelle, la réalisation pédagogique la plus ambitieuse qu'il m'a été permis de réaliser. Il m'est déjà arrivé d'envoyer des lettres à certains services consommateur avec une classe, mais jamais un document aussi complet. D'un point de vue pédagogique, ce projet mené en classe de LCQ1 m'a permis de nouer des liens étroits et une relation de confiance avec la classe. Aussi, il m'a permis de traiter plusieurs objectifs du référentiel qui ne me paraissaient, de prime abord, difficiles à atteindre. De plus, la cohésion du groupe-classe autour de cette réalisation n'a fait aucun doute. Ce projet a aussi permis aux élèves de se sentir valorisés, elles et leur filière, au sein de l'équipe pédagogique et vis-à-vis de la direction de notre lycée. Enfin, je suis personnellement convaincue que c'est dans ces conditions que nos élèves peuvent se construire : en se confrontant au regard de leurs pairs, en apprenant à collaborer et à travailler en équipe, en prenant confiance et en apprenant à se dépasser, en se sentant fières et valorisées par leur travail.

Bien sûr, je suis consciente qu'un tel projet n'est possible à mener que dans une classe à faible effectif. Néanmoins, je pense que des formes de réalisations pédagogiques moins ambitieuses mais tout aussi innovantes peuvent être menées à tous niveaux et dans toutes les classes de l'enseignement agricole. Je suis convaincue de l'avenir et du bien-fondé de la pédagogie active : c'est celle qui permet le développement de l'élève mais aussi du futur citoyen.

Quand je recommencerai ce projet, je pourrai anticiper davantage les difficultés que rencontreront mes élèves. De plus, je changerai peut-être de produit à analyser : une production plus « locale » pourrait nous permettre d'aller déposer en main propre notre rapport d'analyse à l'occasion d'une visite. Aussi, je ferai, s'ils acceptent, intervenir d'autres collègues sur cette réalisation. Je pense, entre autres, aux collègues de français, de mathématiques et d'informatique. Je vais aussi me renseigner pour inscrire mes élèves à d'éventuels projets / concours scientifiques.