



Loi de Beer-Lambert

Une démarche expérimentale à la maison

Cette séquence a pour objectif de tester les limites de linéarité de la loi de Beer-Lambert pour des solutions diluées de colorants alimentaires suite à une démarche expérimentale intégralement réalisée à la maison. Cette activité permet d'établir un lien entre le « monde » des expériences, des faits et le « monde » des modèles et des théories. Elle permet d'introduire certains principaux éléments constitutifs de la démarche de modélisation, tels que : effectuer des prévisions et les confronter aux faits ; choisir, concevoir et mettre en œuvre un dispositif expérimental (colorimétrie) pour tester une loi (loi de Beer-Lambert) ; choisir un modèle adapté pour expliquer des faits.

Le choix de l'auteur de cette activité est principalement de réfléchir sur l'analyse de la démarche pédagogique d'un enseignement hybride : présentiel/distanciel et synchrone/asynchrone. L'étude porte surtout sur l'articulation des différents temps de formation, sur la mise en place d'une évaluation pertinente conduite à distance, sur l'organisation d'un travail collaboratif à distance et sur l'intégration des outils numériques dans cette démarche pédagogique.

Cette séquence se déroule sur quelques semaines. Il s'agit d'amener les élèves, seuls ou en groupes, à effectuer un compte-rendu (sous la forme de leur choix) de leur stratégie de résolution du problème posé : élaboration du protocole, manipulation et exploitation des données, réponse au problème en s'appuyant sur du matériel pouvant être à disposition à la maison (colorants alimentaires, verres) et grâce à une application de sciences FizziQ¹ téléchargeable sur smartphone. Une évaluation à distance et en présence, alternée et régulière, est nécessaire pour remédier et soutenir cette démarche scientifique expérimentale en partie externalisée.

Prérequis

Au cours de la scénarisation globale d'une durée de 4 à 6 semaines, il convient de s'assurer préalablement que l'élève :

- connaît et met en œuvre une procédure de dilution ;

¹ Site de l'application : <https://www.fizziq.org/>

Fondation La MAP : <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/66483/fizziq-un-labo-sur-son-smartphone>

- est en mesure de justifier le choix de la longueur d'onde la plus adaptée lors d'une mesure d'absorbance ;
- est capable de tracer une représentation graphique adéquate pour modéliser l'ensemble des points par une fonction mathématique adaptée (linéaire, affine).

Références au programme

Constitution et transformations de la matière

1. Suivi de l'évolution d'un système, siège d'une transformation

Notions abordées en seconde : quantité de matière (mol), définition de la mole, solution, soluté, concentration en masse, dosage par étalonnage

A) Détermination de la composition du système initial à l'aide de grandeurs physiques

Notions et contenus

Concentration en quantité de matière.

Absorbance, spectre d'absorption, couleur d'une espèce en solution, loi de Beer-Lambert.

Capacités exigibles et activités expérimentales support de la formation

Expliquer ou prévoir la couleur d'une espèce chimique en solution à partir de son spectre UV-visible.

Proposer et mettre en œuvre un protocole pour réaliser une gamme étalon et déterminer la concentration d'une espèce chimique colorée en solution par des mesures d'absorbance. Tester les limites d'utilisation du protocole.

Capacités expérimentales

Cette activité permet d'acquérir des capacités expérimentales relatives au thème « Constitution et transformations de la matière » précisées dans le programme de spécialité physique-chimie de la classe de première :

- Préparer une solution par dissolution ou par dilution en choisissant le matériel adapté.
- Réaliser le spectre d'absorption UV-visible d'une espèce chimique.
- Réaliser des mesures d'absorbance en s'aidant d'une notice.

Compétences travaillées dans le cadre de la démarche scientifique

S'approprier - *Capacité associée*

Énoncer une problématique.

Attendus généraux de la situation d'étude

L'élève est en mesure d'énoncer la problématique : la linéarité de la loi de Beer-Lambert est-elle validée pour des solutions diluées d'un colorant alimentaire ?

Analyser / raisonner - *Capacités associées*

Proposer une stratégie de résolution.

Proposer un protocole.

Planifier des tâches.

Choisir un modèle ou des lois pertinentes.

Attendus généraux de la situation d'étude

L'élève élabore une stratégie pour répondre au problème :

- Nécessité de dilutions pour obtenir plusieurs solutions colorées de concentration connue.
- Mesure d'une absorbance choisie avec l'application FizziQ.
- Réalisation d'un graphique $A = f(C)$.
- Modélisation par une fonction linéaire ou affine.
- Comparaison des résultats obtenus suite à l'expérimentation, au modèle théorique.

Réaliser - Capacités associées

Mettre en œuvre les étapes d'une démarche.

Utiliser un modèle.

Effectuer des procédures courantes (calculs, représentations, collectes de données, etc.).

Attendus généraux de la situation d'étude

L'élève met en œuvre le protocole :

- Réalisation de plusieurs dilutions du colorant.
- Choix et réglages de l'application FizziQ.
- Mesure de l'absorbance de chaque solution.
- Réalisation d'un graphique $A = f(C)$.
- Modélisation par une fonction adaptée (linéaire, affine...).

Valider - Capacités associées

Faire preuve d'esprit critique.

Identifier des sources d'incertitudes de mesure.

Confronter un modèle à des résultats expérimentaux.

Proposer d'éventuelles améliorations.

Attendus généraux de la situation d'étude

L'élève compare les résultats obtenus suite à l'expérimentation, avec le modèle utilisé (linéarité de la loi de Beer-Lambert). L'élève valide son modèle par une démarche personnelle (ex : forme de la courbe obtenue).

Communiquer - Capacités associées

À l'écrit comme à l'oral :

- présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ;
- utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés ;
- échanger entre pairs.

Attendus généraux de la situation d'étude

Au cours de la séquence, l'élève met en œuvre plusieurs fois des modalités de communication diverses :

- il élabore par la méthode de son choix un compte rendu de sa stratégie de résolution (étapes 2 et 3) ;
- il corrige et adapte son langage pour rendre cette stratégie complète et cohérente (étape 3) ;
- il effectue un rapport complet de la mise en œuvre et de son exploitation (étape 5) par la méthode de son choix (production écrite ou audio-visuelle).

Activité présentée aux élèves

Loi de Beer-Lambert

Objectif

Tester les limites de linéarité de la loi de Beer-Lambert pour des solutions diluées de colorants alimentaires.



Support

Le cours sur la colorimétrie et la loi de Beer-Lambert (livre et cours publié sur l'ENT).

Le matériel de la maison : eau du robinet, verres, colorants alimentaires (rouge, vert, bleu, jaune), règle, crayon marqueur.

L'application gratuite (et sans stockage de données personnelles, conformément au RGPD), FizziQ, à télécharger (<https://www.fizziq.org/>)



L'application FizziQ utilisée en colorimètre

Le colorimètre est un outil qui analyse les échantillons colorés. FizziQ utilise le détecteur photographique présent dans le portable pour calculer différents paramètres qui caractérisent la couleur réfléchiée ou transmise par les objets à analyser (source : <https://www.fizziq.org/capteurs>).

Utilisation : ouvrir FizziQ, appuyer sur ⊕ puis + Colorimètre et choisir l'Absorbance.

Consignes

1. Énoncer la problématique à résoudre, à partir de l'objectif et des supports mis à disposition.
2. Élaborer un protocole expérimental détaillé pour atteindre l'objectif. Vous préciserez le matériel utilisé, les modalités d'utilisation de l'application, ainsi que les mesures à effectuer (Comment ? Pourquoi ?).

Tâche à réaliser

Produire un document réponse qui s'appuie sur des supports écrits avec ou sans photo, ou en film, ou image commentée par bande sonore.

En cas de film, la durée ne doit pas dépasser 3 minutes. Un document écrit sera limité à 2 pages.

Modalités de travail

Par groupe de 1 à 3 élèves, créer votre groupe sur l'espace ENT dans l'onglet « Devoir en ligne » et déposer le projet pour une évaluation « conseils » en continu jusqu'au... (date à définir).

Vous pourrez soumettre à nouveau votre projet suite aux conseils formulés par le professeur ou d'autres élèves à 3 reprises au maximum.

Remarque : Les élèves ne disposent pas de fiche d'activité.

Séquence de travail proposée

Description de la séquence

La séquence consiste en un projet disciplinaire, dont l'objectif est de tester les limites de linéarité de la loi de Beer-Lambert pour des solutions diluées de colorants alimentaires, par une mise en œuvre expérimentale à la maison, seul ou à plusieurs (voir support de l'activité distribuée aux élèves précédemment présentée). Cette séquence dure environ 4 à 6 semaines.

La séquence se compose de 6 étapes :

- **étape 1** : en classe entière, présentation du projet disciplinaire et de son déroulé (en présentiel) ;
- **étape 2** : proposition d'une démarche expérimentale pour répondre au problème (à distance) ;
- **étape 3** : évaluation à distance et rectification possible des projets déposés (à distance) ;
- **étape 4** : bilan collectif en appui sur les projets pour faire émerger les attendus de la démarche expérimentale (en présentiel) ;
- **étape 5** : mise en œuvre, exploitation, communication des résultats et conclusions (à distance) ;
- **étape 6** : validation par le professeur des productions élèves (à distance).

Articulation présentiel/distanciel au cours des étapes



Étape 1 : présentation du projet

Durée indicative : 15 minutes (présentation de l'activité aux élèves)

Objectifs didactiques

- Clarifier les objectifs didactiques de la situation d'étude auprès des élèves.
- Expliciter l'ensemble des étapes du projet.
- Définir explicitement les ressources, leurs usages, leurs disponibilités.
- Définir les conditions de travail (seul ou groupe, type de production support).
- Délimiter le travail attendu de la première phase.

Action attendue des élèves

Tenir compte des contraintes et des consignes pour :

- expliciter les diverses étapes du projet (théorique et pratique) ;
- déposer le projet dans l'espace de dépôt.

Commentaires

Il s'agit ici de rassurer les élèves sur la faisabilité du projet tant sur le plan didactique, technique (matériel, application) et de son rendu par une production. Par exemple, il est souhaitable de clarifier auprès des élèves l'intérêt de l'évaluation formative qui pourra être mise en jeu lors des étapes 1 à 3.



Étape 2 : rendre compte d'une stratégie de résolution

Durée indicative : 15 jours

Objectifs didactiques

- Rendre compte d'une stratégie de résolution : identification du problème, analyse du problème, proposition de la démarche, exploitation qui en découle.
- Mettre en œuvre les conditions de réalisation de la tâche (collaborer, coopérer, s'informer, communiquer avec les autres élèves ou le professeur).

Actions attendues des élèves

- L'élève met en œuvre des modalités de travail personnel ou collectif.
- Il s'informe, élabore, manipule, teste, mesure.
- Il choisit un mode d'expression pour rendre compte (document écrit, sonore, vidéo...) de sa stratégie de résolution.
- Il demande de l'aide auprès de ses pairs ou du professeur.

Commentaires

À distance, le professeur, par le biais de l'espace de discussion de l'ENT, s'assure que les élèves s'engagent dans le processus : messages positifs, incitations au travail de groupe, questions pour s'assurer que l'application est testée.



Étape 3 : phase d'évaluation formative

Période de dépôts sur l'espace « Devoir en ligne » de l'ENT académique (à distance)

Durée indicative : 15 jours

Objectifs didactiques

- Améliorer la stratégie de résolution en rectifiant, complétant, explicitant certaines phases.

Action attendue des élèves

- L'élève tient compte des conseils formulés par le professeur qui guide, rectifie, valide ou invalide certaines phases du rapport.
- L'élève questionne, reformule, s'informe en prenant en compte les ressources.
- Il met en œuvre une résolution et redépose un projet.

Commentaires

À ce stade le professeur valide les écrits intermédiaires par des commentaires, invalide éventuellement des pistes erronées et guide sans dévoiler. Il s'assure que les élèves ont compris les objectifs didactiques du projet. Il apporte une aide différenciée aux élèves.



Étape 4 : élaboration collective de la grille d'évaluation

Durée indicative : 30 minutes.

Possible en distanciel.

Objectifs didactiques

- Définir les critères d'évaluation en termes de compétences.
- Identifier les observables, les attendus.
- Expliciter clairement les éléments de réponse.
- Structurer les savoirs et savoir-faire disciplinaires.
- Identifier les compétences spécifiques et transversales.

Actions attendues des élèves

Par un travail de groupe, en présentiel, les élèves sont amenés à identifier les phases essentielles à mener pour répondre au problème. Ils identifient les attendus de la résolution du projet (exemple : choix de l'absorbance parmi les trois possibles (absorbance rouge, absorbance verte, absorbance bleue) que propose l'application Colorimètre de FizziQ, nombre de dilutions, méthode de dilution, graphique, modélisation, validation du modèle, esprit critique...).

Commentaires

En faisant co-construire les attendus aux élèves, le professeur légitime ainsi les critères d'évaluation auprès du groupe. Cette phase permet d'explicitier l'ensemble des compétences travaillées et des capacités exigibles attendues de la discipline auprès de tous les élèves. L'enseignant clarifie ainsi auprès de tous les attendus disciplinaires attachés à une situation d'étude qui peut être généralisée. Ce travail d'identification des attendus permet ainsi de décontextualiser la situation particulière et de faire émerger les savoirs disciplinaires dans un cadre général (exemple : ici, l'utilisation d'un modèle linéaire lors d'un suivi colorimétrique par étalonnage).



Étape 5 : mise en œuvre, exploitation, communication d'une production finale

Durée indicative : 15 jours

Objectifs didactiques

- Rectifier la démarche.
- Mettre en œuvre la démarche expérimentale (hors cadre scolaire).
- Exploiter et valider les résultats obtenus.
- Être critique et proposer des améliorations.
- Communiquer de manière claire et cohérente l'ensemble de la démarche menée (objectif, données et représentations, interprétations).

Actions attendues des élèves

- Suite au travail explicitant les critères d'évaluation et des observables, les élèves affinent leur démarche globale, la mettent en œuvre, récoltent les données, les représentent et les interprètent.
- Ils peuvent faire usage d'un langage de programmation Python mis à disposition².
- Ils en rendent compte par une production médiatique de leur choix, seul ou en groupe.
- Ils déposent le travail dans l'espace collaboratif.

Commentaires

Durant cette phase, le professeur incite les élèves à faire le point à distance ou en présence dans l'établissement sur le projet. Une durée longue est nécessaire car il faut permettre aux élèves de se rencontrer physiquement ou de communiquer. Il est souhaitable à nouveau que le professeur soutienne le processus d'apprentissage par des interactions : messages par l'ENT, questionnement en présentiel...



Étape 6 : validation par le professeur

Période de 2 jours

Objectifs didactiques

- Permettre à l'élève une identification des points acquis et ceux à améliorer.

Action attendue des élèves

- Il consulte l'avis de son professeur.

Commentaires

Le professeur souligne en priorité pour chaque élève si les savoirs et savoir-faire attendus ont été atteints pour sa production personnelle.

Exemples de travaux d'élèves et d'interactions professeur/élèves

La scénarisation incorpore successivement des phases en présentiel (synchrone) et à distance (asynchrone).

Il s'agit à travers les travaux des élèves de décrire et analyser les interactions professeur/élève et l'articulation présentiel/distanciel de l'étape 2 à 5.

² Programme Python accessible à l'adresse : https://cache.media.eduscol.education.fr/file/Physique-chimie/71/9/RA19_Lycee_G_1_PHYCHI_ProgrammerPython_Projet2_loi-Ber-Lambert_1163719.pdf

Les exemples qui suivent se concentrent sur l'étape 2 : proposition d'une démarche expérimentale pour répondre au problème qui ne s'effectue qu'à distance et l'étape 3 : évaluations multiples et rectifications possibles des projets déposés à distance dans cette phase d'évaluation formative.

L'évaluation formative lors des étapes 2 et 3 (à distance)

Comment soutenir un processus d'apprentissage à distance mettant en jeu à la fois des aspects théoriques et pratiques de la discipline physique-chimie ?

Nous faisons ici un focus sur les deux types de communication et de production mises en œuvre par les élèves, en s'appuyant sur les travaux de deux d'entre eux :

- un élève seul, Maël, communique plusieurs fois avec l'enseignant à distance lors de temps de travail synchrone et asynchrone pour améliorer peu à peu sa production intermédiaire et finale ;
- un second élève, Ronan, produit un support vidéo pour rendre-compte de l'élaboration de son protocole.

Premier exemple : communications asynchrone et synchrone entre un élève (Maël) et le professeur

Premier dépôt de la production de Maël sur l'espace « Devoir en ligne » de l'ENT académique.

Ce premier dépôt a donné lieu à une première évaluation à distance (rapport écrit dans l'ENT) du professeur. Une interaction immédiate (synchrone, c'est-à-dire simultanément vécue) s'est engagée entre l'élève et le professeur. Cette interaction synchrone était non prévue.

Travail réalisé par l'élève Maël

Loi de Beer-Lambert à la maison

Dans cette expérience, nous allons montrer que la loi de Beer-Lambert ($A = k \times c$), est linéaire c'est à dire qu'il y a une proportionnalité entre les valeurs A (absorbance) et c (concentration).

Matériel utilisé :

4 verres

Colorant alimentaire rouge, concentré à 0,4 (donnée trouvée sur Internet)

Eau

Application Fizziq, colorimètre rouge

2 compte-gouttes

Pour vérifier la linéarité de la loi de Beer-Lambert, on peut, à l'aide de l'application Fizziq, calculer l'absorbance d'une solution. On prépare pour cette expérience 4 verres : un verre avec du colorant dilué vingt fois, un avec du colorant dilué quarante fois, un avec du colorant dilué soixante fois et le dernier avec du colorant dilué quatre-vingts fois. Après préparation de ces quatre verres, on mesure avec l'application Fizziq l'absorbance de ces quatre solutions et avec ces résultats on peut dresser un tableau et vérifier si la loi de Beer-Lambert est linéaire.

On commence par calculer la concentration des quatre solutions avec la formule :

$C_{\text{fil}} = C_{\text{mère}} / x$ (facteur de dilution)

Pour la première solution (dilué vingt fois), on fait $0,4 / 20 = 0,02$

Pour la deuxième solution (dilué quarante fois), on fait $0,4 / 40 = 0,01$

Pour la troisième solution (dilué soixante fois) on fait $0,4 / 60 = 0,0067$

Pour la quatrième solution (dilué quatre-vingts fois) on fait $0,4 / 80 = 0,005$

Après avoir calculé la concentration de ces quatre solutions on peut mesurer l'absorbance.

Les quatre solutions avec une concentration différente (de gauche à droite : 0,005, 0,0067, 0,01, 0,02)



L'absorbance que je trouve sur ces solutions, avec le colorimètre est de -0,8 pour la solution diluée quatre-vingts fois, -0,4 pour la solution diluée soixante fois, 0,6 pour la solution diluée quarante fois et 0,21 pour la solution diluée vingt fois.

Une fois que nous avons calculé l'absorbance de ces quatre solutions, on peut dresser un tableau pour établir une relation entre la concentration et l'absorbance :

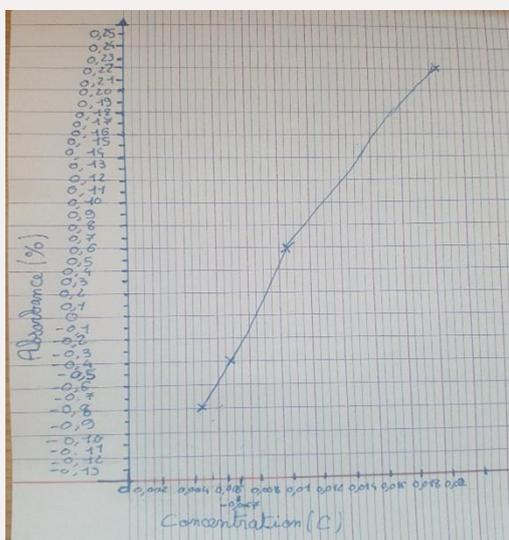


Tableau fait à partir des résultats de l'expérience

On peut donc voir que la loi de Beer-Lambert semble linéaire la ligne du tableau semble être une droite (sauf petite anomalie due à l'application qui possède une marge d'erreur). On peut aussi trouver le nombre k tel que $A = k \times c$.

Première évaluation asynchrone de l'enseignant suite au premier dépôt

Lors de la période d'évaluation, le professeur, à distance, rédige un commentaire en ligne de la production préalablement déposée (ci-contre une première réponse à Maël). Ce commentaire est réalisé sur un temps asynchrone.

Aspect disciplinaire et didactique

L'enseignant identifie dans cette production ce qui a été atteint : l'objectif est ciblé et correct, la démarche générale est décrite et déjà mise en œuvre.

Néanmoins, l'enseignant souligne l'erreur sur l'un des paramètres dans le protocole, lors du choix de l'absorbance parmi les trois possibles (absorbance rouge, absorbance verte, absorbance bleue) que propose l'application Colorimètre de FizziQ.

En effet, l'élève Maël choisi l'absorbance « rouge » à mesurer pour sa solution colorée elle-même rouge. Soulignons que 60 % des élèves ont fait cette même erreur. Cette phase a donc permis de réactiver et de renforcer la nécessité des bonnes conditions d'un capteur dans le cadre d'une mesure d'absorbance. L'enseignant, dans son commentaire, propose un axe de remédiation sur cette phase protocolaire du choix du capteur.

L'élève évoque une notion de concentration (propos de Maël : « 0,4 (donnée trouvée sur Internet) »). Il faut noter que beaucoup d'élèves ont été amenés à définir et déterminer une grandeur (concentration en quantité de matière, concentration en masse) qui ne pouvait pas l'être. Il aurait été plus pertinent d'expliquer à tous les élèves la nécessité de travailler à partir du facteur de dilution ou bien de compter le nombre de gouttes de colorant introduites pour les différentes solutions dans un volume d'eau fixé.

Dans le compte-rendu, Maël, comme d'autres élèves, confond les verbes « calculer » et « mesurer ». Il faut souvent rappeler cette distinction.

Enfin l'exploitation partielle des mesures obtenues, menée par l'élève, est validée par le professeur malgré une absence de perspective de modélisation.

Aspect pédagogique

Le professeur valide, invalide, réoriente et conseille sur des points à rectifier et à améliorer. Il ne corrige pas certaines expressions mal formulées (ex : usage répété du mot « tableau » au lieu de graphe)

COMMENTAIRE À GROUPE

L'objectif est très bien compris et explicité. Le protocole est complet et bon. La manipulation est bonne mais il faut justifier le choix de l'application 'rouge, vert ou bleu. Je pense que tu fais le mauvais choix car je constate que les valeurs attendues sont très faibles ...ce qui te donne tout de même une évolution que l'on attend !

j'aimerais bien voir une photo de l'appli en train de prendre la mesure. Le graphe à faire est le bon et le raisonnement qui s'en suit est bon. Il sera à affiner pour atteindre l'objectif. Reste donc le souci du choix de l'appli et des valeurs de A qui en découle, tu dois aussi montrer comment tu calcules les concentrations. Sois plus explicite sur cette partie.

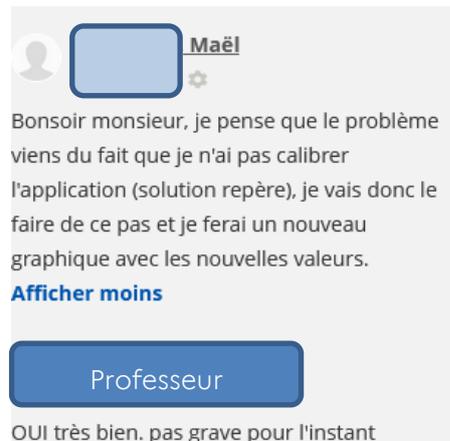
 [Ajouter des fichiers](#)

 [Enregistrer](#)

Première interaction immédiate (synchrone) entre l'élève et le professeur

L'élève est averti par une notification sur son espace personnel qu'une évaluation a été menée.

L'élève engage alors avec l'enseignant, par la messagerie instantanée, une demande de conseils ou de validation. Une réelle discussion, même asynchrone, peut alors s'engager.



Aspect disciplinaire et didactique

L'élève a repéré un élément à améliorer pour assurer une prise de mesures correcte et s'engage à le mener immédiatement. Néanmoins il n'identifie pas le problème réel, celui du « mauvais choix de l'absorbance que propose l'application Colorimètre de FizziQ » (erreur dans le choix de la longueur d'onde).

Analyse du commentaire du professeur

Le commentaire, bien que rassurant, n'est pas ciblé et orienté. Le professeur ne dévoile pas le problème majeur (celui du bon choix de l'absorbance que propose l'application Colorimètre de FizziQ selon la couleur). Volontairement, l'enseignant préfère laisser l'élève ré-expérimenter pour qu'il identifie le problème par lui-même.

Deuxième dépôt par l'élève Maël de sa production

Quelques jours plus tard, l'élève envoie un nouveau protocole général. La structure est identique (ci-dessous). Nous notons en bleu les différences apportées par l'élève sur son second envoi. Il a réalisé une nouvelle acquisition des mesures d'absorbance sans expliquer ce qu'il a mis en œuvre. Il en tire un nouveau graphique de l'évolution de l'absorbance en fonction de la concentration. Néanmoins le choix de l'absorbance parmi les trois possibles (absorbance rouge, absorbance verte, absorbance bleue) que propose l'application Colorimètre de FizziQ n'est pas évoqué.

Travail réalisé par l'élève Maël

Stratégie de résolution

Loi de Beer-Lambert à la maison

Après avoir calculé la concentration de ces quatre solutions on peut mesurer l'absorbance.



Les quatre solutions avec une concentration différente (de gauche à droite : 0,005, 0,0067, 0,01, 0,02)

L'absorbance que je trouve sur ces solutions, avec le colorimètre est de 0,1 pour la solution diluée quatre-vingts fois, 0,12 pour la solution diluée soixante fois, 0,17 pour la solution diluée quarante fois et 0,25 pour la solution diluée vingt fois.

Une fois que nous avons calculé l'absorbance de ces quatre solutions, on peut dresser un tableau pour établir une relation entre la concentration et l'absorbance :

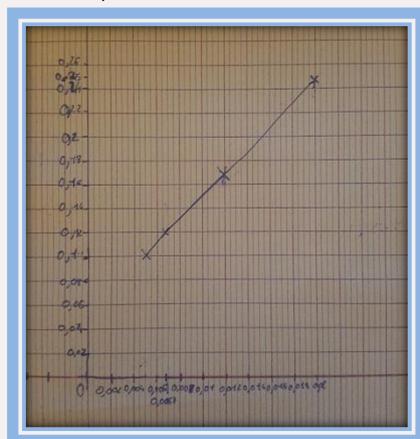


Tableau fait à partir des résultats de l'expérience

On peut donc voir que la loi de Beer-Lambert semble linéaire la ligne du tableau semble être une droite (sauf petite anomalie due à l'application qui possède une marge d'erreur). On peut aussi trouver le nombre k tel que $A = k \times c$.

Deuxième évaluation asynchrone et synchrone de l'enseignant suite au second dépôt

Lors de cette seconde évaluation, le professeur, à distance, rédige un commentaire beaucoup moins formel, il ne reprend pas la structure précédente point par point. Ce commentaire est réalisé sur un temps asynchrone.

Aspect disciplinaire et didactique

L'enseignant identifie une amélioration dans cette production, sans clarifier ce point (les valeurs d'absorbance sont plus cohérentes avec les attendus). L'enseignant interroge l'élève sur le choix de l'absorbance parmi les trois possibles (absorbance rouge, absorbance verte, absorbance bleue) que propose l'application Colorimètre de FizziQ et lui précise que ce choix est faux. Il n'y a pas de nouveau commentaire sur les attendus de modélisation.

Aspect pédagogique

Le professeur valide, invalide et oriente immédiatement sur le point expérimental important à améliorer.

Commentaire

Nous sommes ici dans une évaluation plus informelle. Il y a ici les prémices d'un véritable dialogue, à distance, constructif, proche de celui qui serait mené en classe en présence. Dans les discussions rapides qui ont lieu entre l'élève et le professeur, notons qu'il est parfois nécessaire d'être plus nuancé sur le vocabulaire employé. Dans l'exemple ci-dessus, il aurait été préférable de parler d'erreur, en lieu et place de la réponse « ce qui est faux ».

Bilan de l'interaction entre l'élève Maël et le professeur

Pour assurer la réussite du processus de formation, il est souhaitable de concevoir, à travers l'espace numérique de travail, des échanges réguliers dit asynchrones (interactions non simultanées) qui ne nécessitent pas de réponses immédiates. Il s'agit de permettre aux élèves de :

- communiquer (rédiger) avec les autres ou le professeur par le biais du chat ou de la messagerie classique (la réponse n'est pas forcément immédiate) pour bénéficier de conseils, d'aide ;
- déposer la production (écrite, sonore, visuelle) sur une durée longue (dépôt possible à plusieurs reprises) ;
- accéder aux évaluations rédigées par le professeur pour améliorer leur stratégie générale et la proposer une nouvelle fois ;
- rédiger des commentaires lors de l'évaluation de travaux de leurs pairs ;
- accéder aux commentaires de leurs camarades.

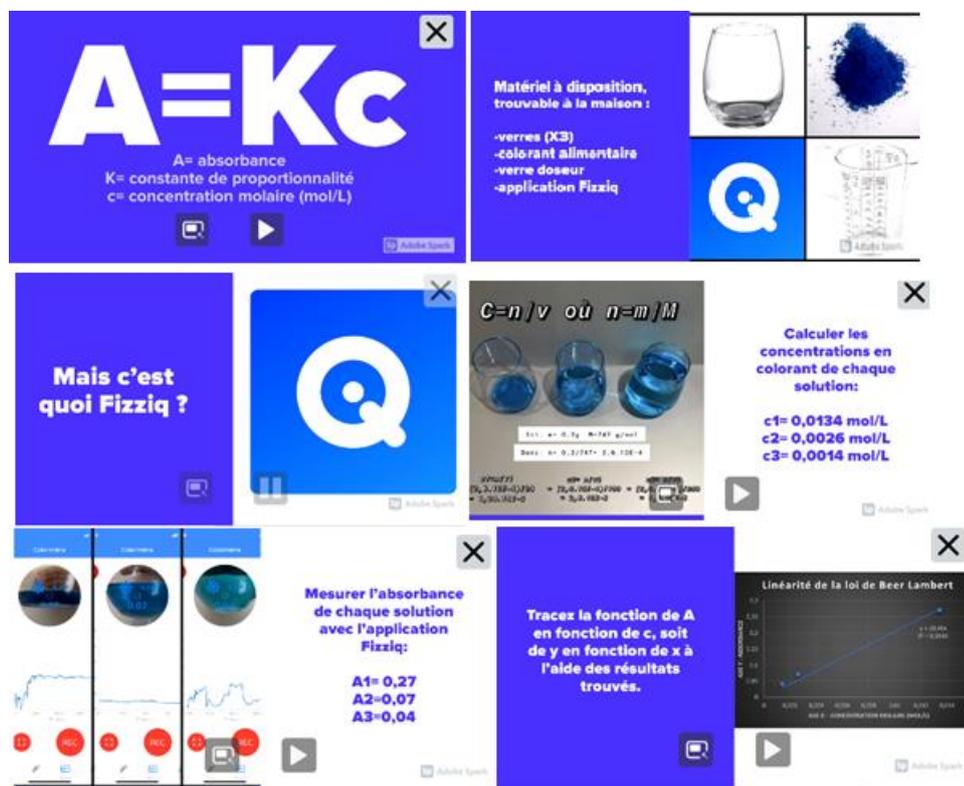
Professeur
oui ça paraît mieux
mais il reste un point que tu n'expliques pas :
le choix de l'appli. tu fonctionnes sur quelle
appli (rouge, verte, bleu) ?

Maël
Bonsoir,
Je crois avoir mis que j'utilisais le colorimètre
rouge car on mesure l'Absorbance d'un
colorant rouge

Professeur
ce qui est faux
qd c'est rouge....nous mesurons dans le....

Second exemple : une communication du protocole et de sa mise en œuvre, en vidéo, par Ronan

Scénarisation en quelques images issues du film réalisé par l'élève d'une durée de 3 minutes et accompagné d'un commentaire audio



À ce premier stade du projet, l'élève maîtrise déjà un nombre important de compétences attendues.

En 6 étapes, l'élève rend compte de sa démarche scientifique expérimentale :

- il problématise ;
- il met en œuvre les modalités du protocole expérimental : matériels et dispositif de mesures ;
- il présente l'application FizziQ et le choix du capteur ;
- il fait appel à la procédure de dilution et sa mise en œuvre ;
- il effectue les mesures expérimentales à l'aide de l'application FizziQ et en rend compte ;
- il met en œuvre l'exploitation et une validation de l'objectif par une représentation graphique.

Première évaluation asynchrone de l'enseignant suite au dépôt de la vidéo de Ronan

L'élève est averti par une notification sur son espace personnel qu'une évaluation a été menée.

La réponse à Ronan est réalisée sur un temps asynchrone.

L'objectif est très bien compris et explicité le protocole est complet et bon. La manipulation est bonne...avec plus de verres (5 au moins).
Le travail vidéo est excellent et très pédagogique et porteur pourtant, 1) il faut justifier le choix de quelle application 'rouge, vert ou bleu et de plus tu te trompes d'application. ce n'est pas la bleu. 2) par conséquent ton graphe est faux et incohérent aux mesures effectuées
Pourtant ta démarche est excellente et correcte !
encore bravo pour la médiatisation de ce travail....mais il est en partie erronée.

Aspect disciplinaire et didactique

L'enseignant identifie dans cette production ce qui a été atteint : l'objectif est ciblé et correct, la démarche générale est décrite et déjà mise en œuvre. L'enseignant souligne l'erreur sur le protocole expérimental (« mauvais choix de l'absorbance parmi les trois possibles (absorbance rouge, absorbance verte, absorbance bleue) que propose l'application Colorimètre de FizziQ ») et l'exploitation qui en découle.

Aspect pédagogique

Le professeur valide, invalide, réoriente et conseille sur des points à rectifier et à améliorer. Il ne corrige pas certaines expressions mal formulées.

Les limites du suivi d'une évaluation formative à distance

Comme une majorité des élèves, Ronan ne publie pas de nouvelles propositions de son protocole. En dispositif distanciel, les élèves ne communiquent pas avec l'enseignant en direct. Il est donc impossible de savoir si Ronan tient compte des remarques. Il faudra attendre le dépôt final de la production pour clarifier la situation.

Soulignons que la majorité des élèves ne demandent pas de conseils supplémentaires. Ils ne font pas usage de la messagerie instantanée (chat), excepté l'exemple précédent de Maël. Le problème de ce type de relation est le manque de réactivité de part et d'autre. Il peut se passer une période assez longue entre la première évaluation et un nouvel envoi. Il n'y a finalement aucun contrôle possible sur l'action des élèves, malgré les messages de relance et d'incitation de la part du professeur. Cette phase est la plus compliquée à gérer, elle montre bien que les conditions d'accompagnement ne sont plus du seul ressort de l'enseignant.

Étape 4

Nécessité d'un cadre collectif synchrone de remédiation de l'étape 4

Face à ce problème d'absence de visibilité des apprentissages des élèves, il est nécessaire de mettre en œuvre une remédiation collective lors d'une phase synchrone en présentiel (ou à distance) pour faire émerger les attendus de la situation d'étude.

Ce travail, pour des raisons sanitaires, fut mené à distance. Il était initialement prévu en présentiel. Il fut mis en œuvre en classe virtuelle en 30 minutes par la fonction « tableau blanc de la plateforme Cned – CV » pour identifier les indicateurs attendus (Figure 1 ci-dessous)

Objectif prouver la linéarité de la loi
 objectif: prouver la loi de Beer Lambert $A = k \cdot C$ avec A sans unité, k= coefficient de proportionnalité C= concentration en mol/L
 Absorbance

Réalisation mesurer l'absorbance des couleurs absorbées donc complémentaires
 Calibrer le colorimètre
 faire une échelle de teinte avec des solutions de concentration différentes
 absorber de la couleur complémentaire
 mesurer à l'aide de l'application Fizziq l'absorbance de la solution
 rubrique colorimétrie absorbance de la couleur complémentaire
 Mesurer l'absorbance de la couleur opposée à celle de la solution

Exploitation
 Faire un graphique sur l'absorbance 1 en fonction de la concentration
 Validation/ Vérifier Confirmer la linéarité de la loi de Beer-Lambert = si les points sont alignés
 si l'absorbance est proportionnelle à la concentration
 faire un graphe de A en fonction de c, si les points sont alignés il y a proportionnalité
 Utilisation de l'application Fizziq afin de mesurer l'absorbance de la solution.

Validation

Amélioration
 Utiliser une solution "témoin" pour "faire le zéro"
 utiliser un logiciel pour le graphique
 mettre un fond blanc derrière les solutions pour avoir des valeurs plus précises
 faire plus de mesures

Figure 1 : indicateurs attendus écrits par les élèves sur le tableau blanc de la plateforme Cned lors de la séance en classe virtuelle (synchrone) et classification immédiate par le professeur

À la suite de ce travail où les élèves ont été invités à écrire des séries d'indicateurs selon les compétences travaillées, le professeur les classe au tableau en catégorisant (objectif, réalisation, exploitation, validation) et met la grille à disposition de l'ensemble des élèves.

La grille a un double objectif : elle permet de préciser les attendus de la production et elle permet à l'élève d'évaluer sa propre production par rapport à ces mêmes attendus. Le professeur fournit aussi le programme Python pour faciliter la modélisation. Ce programme a été utilisé par la moitié des élèves.

Compétences	Capacités associées	Indicateurs possibles
S'approprier	Évoquer le problème général. Évoquer l'objectif scientifique à atteindre.	Reformuler le problème par une phrase simple : « mettre en œuvre une démarche expérimentale visant à valider ou invalider la linéarité de la loi de Beer-Lambert pour des solutions diluées de colorants alimentaires ».
Analyser	Proposer une stratégie de résolution. Proposer un protocole. Planifier des tâches. Faire des prévisions à l'aide d'un modèle.	Construire une courbe d'étalonnage. Préparer plusieurs solutions par dilution pour obtenir une échelle de teinte. Mesurer l'absorbance en respectant les conditions manipulatoires. Tracer la représentation $A = f(C)$. Faire usage d'un modèle mathématique adapté.
Réaliser	Mettre en œuvre les étapes d'une procédure expérimentale (dilutions et mesure de l'absorbance A) et de représentation graphique. Utiliser un modèle.	Effectuer des dilutions précises : mesures de volumes, des quantités de soluté ajouté. Choisir la longueur d'onde (« la couleur ») absorbée. Réaliser des mesures dans les mêmes conditions expérimentales pour chaque solution (photos si possible). Acquérir la mesure d'absorbance A (vue de l'écran ou du graphe acquis si possible lors de la mesure). Présenter les mesures effectuées en fonction de la concentration ou du taux de dilution. Tracer la représentation $A = f(C)$ dans un tableur ou avec un langage de programmation (programme Python fourni). Identifier et utiliser un modèle mathématique dans un tableur ou avec un langage de programmation (programme Python fourni).
Valider	Identifier des sources d'incertitudes de mesure. Confronter un modèle à des résultats expérimentaux. Proposer d'éventuelles améliorations.	Observer la disposition des points expérimentaux. Faire usage d'un critère pour valider le modèle linéaire. Identifier des causes d'erreurs. Proposer des améliorations de la stratégie de résolution.
Communication sur le sujet d'étude	À l'écrit comme à l'oral : présenter une démarche de manière argumentée, synthétique et cohérente ; utiliser un vocabulaire adapté et choisir des modes de représentation appropriés.	Faire usage d'un langage écrit ou oral clair, précis, simple. Faire usage du vocabulaire adapté au contexte scientifique étudié. Élaborer une argumentation cohérente et complète : objectif, protocole mis en œuvre, exploitation des mesures, validation d'un modèle.

Grille fournie aux élèves par le professeur à partir des indicateurs écrits par les élèves sur le tableau blanc de la plateforme Cned lors de la séance en classe virtuelle.

Étapes 5 et 6

Validation finale des productions (à distance)

Premier exemple : l'élève Maël et le professeur pour la phase de validation

L'élève Maël a déposé définitivement sa production finale. Dans le compte-rendu ci-dessous, nous écrivons (en orange) les modifications apportées par l'élève pour faire suite aux nouvelles consignes données à l'élève, personnellement ou collégalement.

Production finale de Maël

Loi de Beer-Lambert à la maison

Dans cette expérience, nous allons montrer que la loi de Beer-Lambert ($A = k \times c$), est linéaire c'est à dire qu'il y a une proportionnalité entre les valeurs A (absorbance) et c (concentration).

Matériel utilisé :

4 verres

Colorant alimentaire rouge, concentré à 0,4 (donnée trouvée sur Internet)

Eau

Application Fizziq, **colorimètre bleu**

2 compte-gouttes

Pour vérifier la linéarité de la loi de Beer-Lambert, on peut, à l'aide de l'application Fizziq, calculer l'absorbance d'une solution. **Nous allons utiliser pour cette expérience le colorimètre bleu car nous allons utiliser du colorant rouge, et nous devons utiliser l'application bleu ou vert car le rouge est absorbé.** On prépare, pour cette expérience 4 verres : un verre avec du colorant dilué vingt fois, un avec du colorant dilué quarante, un avec du colorant dilué soixante fois et le dernier avec du colorant dilué quatre-vingts fois. Après préparation de ces quatre verres, on mesure avec l'application Fizziq l'absorbance de ces quatre solutions et avec ces résultats on peut dresser un tableau et vérifier si la loi de Beer-Lambert est linéaire.

On commence par calculer la concentration des quatre solutions avec la formule :

$C_{\text{fil}} = C_{\text{mère}} / x$ (facteur de dilution)

- Pour la première solution (dilué vingt fois), on fait $0,4 / 20 = 0,02$

- Pour la deuxième solution (dilué quarante fois), on fait $0,4 / 40 = 0,01$

- Pour la troisième solution (dilué soixante fois) on fait $0,4 / 60 = 0,0067$

- Pour la quatrième solution (dilué quatre-vingt fois) on fait $0,4 / 80 = 0,005$

Après avoir calculer la concentration de ces quatre solutions on peut mesurer l'absorbance



Les quatre solutions avec une concentration différente (de gauche à droite : 0,005, 0,0067, 0,01, 0,02)

L'absorbance que je trouve sur ces solutions, avec le colorimètre est de 0,32 pour la solution diluée quatre-vingts fois, 0,37 pour la solution diluée soixante fois, 0,58 pour la solution diluée quarante fois et 0,97 pour la solution diluée vingt fois.

Une fois que nous avons calculé l'absorbance de ces quatre solutions, on peut dresser un tableau pour établir une relation entre la concentration et l'absorbance :

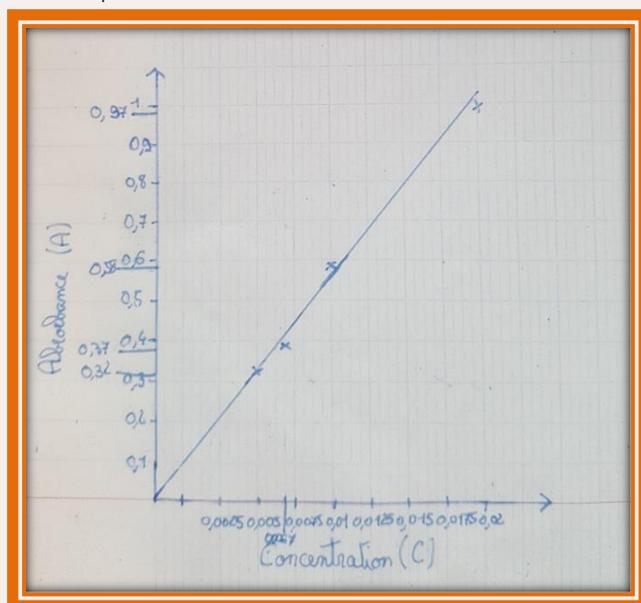


Tableau fait à partir des résultats de l'expérience

On peut donc voir que la loi de Beer-Lambert semble linéaire la ligne du tableau semble être une droite (sauf petite anomalie due à l'application qui possède une marge d'erreur). On peut aussi trouver le nombre k tel que $A = k \times c$.

Pour trouver k on fait $k = A/C$,

$$0,97/0,02 = 48,5$$

$$0,58/0,01 = 58$$

$$0,37/0,0067 = 55,2$$

$$0,32/0,005 = 64$$

Ensuite on fait la moyenne de toutes ses valeurs :

$$(48,5+58+55,2+64)/4 = 56,4$$

$$k = 56,4$$

Évaluation définitive asynchrone de l'enseignant

Lors de cette évaluation finale (sommative), le professeur, à distance, rédige un commentaire beaucoup plus précis, qui suit la grille préalablement établie et valide point par point.

Aspect disciplinaire et didactique

L'enseignant identifie dans cette production finale ce qui a été définitivement atteint et ce qui aurait pu être amélioré (justification plus complète du choix de l'absorbance parmi les trois possibles (absorbance rouge, absorbance verte, absorbance bleue) que propose l'application Colorimètre de FizziQ) et ce qui reste à mener (validité ou invalidité du modèle - linéarité de la loi de Beer-Lambert).

Remarque sur le travail de correction par le professeur

L'enseignant ne souligne pas les termes mal choisis par l'élève (il emploie le mot « tableau » au lieu de graphe). Il n'y a pas d'interrogation sur le nombre insuffisant de dilutions réalisées pour obtenir un nombre de mesures suffisant. Enfin, l'analyse de

l'élève sur la validation ou l'invalidation de la linéarité de la loi de Beer-Lambert est insuffisante, mais il faut noter que les outils nécessaires pour valider la linéarité ne sont pas encore suffisamment acquis. C'est aussi un élément des savoirs à enseigner qu'il reste à engager et à poursuivre.

COMMENTAIRE À MAËL

-le problème a été très bien posé et reformulé. La préparation du protocole est aussi très complet (matériel, procédure manipulative, ordre des manip, choix de l'absorbance théorique mais comment choisir entre bleue et verte ?

il n'y a pas d'unité à la concentration car vous ne mettez que des gouttes de sirop...il fallait parler en gouttes/litre par exemple.

-L'exploitation des mesures est bien menée (graphe- un tracé linéaire se voit nettement ...même si sur Python ce serait mieux)

-une critique n'est pas formulée

- l'analyse finale pour déterminer si la linéarité est acceptable (par la recherche d'un coefficient directeur de la droite ou par un calcul de $k(\text{moy})$ même si elle n'est pas aboutie. Nous verrons cela en classe

Aspect pédagogique

Le professeur apporte des commentaires sur la production de l'élève. Il permet à l'élève de prendre connaissance des acquis des savoirs atteints et de ce qu'il reste à améliorer (les critères de validation de la linéarité d'un modèle).

Deuxième exemple : Ronan et sa nouvelle vidéo pour la phase finale de validation

En lien, la vidéo de [Ronan / Beer - Lambert](#)

La visualisation de la production finale montre que l'élève est capable de problématiser la situation et d'en rendre compte simultanément par un apport graphique et une explication oralisée.

Tout au long de la vidéo, il est en mesure de clarifier toutes les étapes de la démarche expérimentale à la fois sur le plan technique (choix de l'absorbance parmi les trois possibles (absorbance rouge, absorbance verte, absorbance bleue) que propose l'application Colorimètre de FizziQ, justification par la mesure de l'absorbance pour les différentes radiations) et théorique (modélisation de la loi de Beer-Lambert par l'analyse d'un coefficient directeur constant pour le rapport A/C).

L'exploitation finale montre que l'élève tend à « valoriser » les résultats obtenus pour atteindre l'objectif. Il évoque le coefficient de corrélation R mais ne peut justifier en quoi il est un critère de validité. L'usage de ce critère de validation d'un modèle n'est pas correct et l'explication doit être expliquée à l'élève. De plus, il n'est pas en mesure de citer une cause d'erreur ou d'amélioration.

Évaluation définitive asynchrone de l'enseignant

Réponse à Ronan, ce commentaire est réalisé sur un temps asynchrone.

Aspect disciplinaire et didactique

L'enseignant identifie dans cette production ce qui a été atteint : l'objectif est ciblé et correct, la démarche générale est décrite et déjà mise en œuvre. L'enseignant souligne l'erreur sur le protocole expérimental (« mauvais choix de l'absorbance parmi les trois possibles (absorbance rouge, absorbance verte, absorbance bleue) que propose l'application Colorimètre de FizziQ ») et l'exploitation qui en découle.

Aspect pédagogique

Le professeur valide, invalide, réoriente et conseille sur des points à rectifier et à améliorer. A ce stade, le professeur fait le choix de ne pas corriger l'élève sur cette maîtrise partielle de la validation d'un modèle.

COMMENTAIRE À RONAN

Bilan sur la production

- le problème a été très bien posé et reformulé.
- la préparation du protocole est aussi très complet (matériel, procédure manipulatorie, ordre des manip, choix de l'absorbance)
- l'analyse des résultats est prévue (linéarité de la loi de Beer Lambert attendue)
- le bilan des résultats est bien effectué mais ça ne passe pas par le point "zéro" : pourquoi ?
- une critique est formulée

Analyse de l'articulation présentiel/distanciel

Analyse des conditions d'un accompagnement efficace à distance

Dans les pratiques courantes enseignantes, les élaborations de protocoles s'effectuent le plus souvent lors de séances d'activités expérimentales en classe. Cette phase est donc la plupart du temps synchrone et en présentiel tout comme les épreuves d'ECE (évaluation des compétences expérimentales). Parfois des enseignants anticipent

cette étape et amènent leurs élèves à élaborer, en classe ou à la maison, en amont de la séance de travaux pratiques, leur protocole personnel ou collectif. Le protocole est définitivement validé en salle de TP avant sa mise en œuvre.

Il s'agit donc ici d'apporter éclairages, conseils et points de vigilance pour mener cette phase d'élaboration et de mise en œuvre d'une démarche expérimentale à la maison, hors cadre scolaire (cours, salle de TP) et disciplinaire (matériels spécifiques).

Il est important de maintenir à distance une relation à la fois pédagogique et didactique. Il faut construire des modalités « penser la présence cognitive et pédagogique à défaut de présence physique » (F. Meyer³, 2016).

Sur le plan pédagogique, à travers ces évaluations, il s'agit pour l'enseignant ou l'enseignante de guider, valider, invalider les premières propositions liées à la situation d'étude, mais surtout de maintenir l'élève dans un processus d'apprentissage et l'inciter à interagir avec ses camarades (lors de travaux de groupe) ou avec l'enseignant, pour améliorer sa production. Le fondement de cette phase d'évaluation est bien d'amener l'élève à poursuivre sa réflexion dans le cadre d'une évaluation formative, sans souci d'un statut définitif du travail préliminaire rendu.

Notons qu'un laps de temps de réponse trop long peut démotiver l'élève dans son activité sociale et cognitive. Ce temps de réponse du professeur est une question importante qui reste à travailler pour rendre le processus d'apprentissage le plus acceptable et faisable possible pour les divers interlocuteurs : élèves et professeurs.

L'évaluation définitive sommative ne peut être efficace auprès de l'élève que si l'évaluation formative a été menée au fil de l'eau en plusieurs temps synchrone et asynchrone.

Sur le plan disciplinaire, les élèves ont rencontré divers types de problèmes :

- une incompréhension de l'objectif à atteindre pour une minorité d'élèves ;
- une erreur ou une insuffisance dans l'élaboration du protocole expérimental (mauvais choix de la longueur d'onde, « radiation » dans l'application « colorimètre » ; réalisation de solutions certes diluées mais trop concentrées, visible par des colorations trop fortes) ;
- une exploitation partielle des mesures obtenues (pas de construction d'un graphe, modélisation attendue inexistante) ;
- une justification incomplète de la démarche générale (lors du choix de l'absorbance parmi les trois possibles (absorbance rouge, absorbance verte, absorbance bleue) que propose l'application Colorimètre de FizziQ, du nombre de dilutions réalisées) ;
- les modalités expérimentales lors des mesures avec l'application du téléphone portable (inclinaison de l'appareil par rapport au récipient contenant la solution, éclairage environnant).

³ Meyer, F. et Sanchez, E. (2016). Vers des dispositifs de formation hybrides en enseignement. Dans V. Lussi Borer et L. Ria (dir.) *Apprendre à enseigner*. Paris, France : PUF.

Sur le plan didactique, les élèves ont eu des difficultés à valider la linéarité du modèle de Beer-Lambert. En effet, les éléments de savoirs propres à cette validation n'ont pas été assez explicités par le professeur en amont de cette séquence. Il est donc important de toujours s'assurer de mettre à disposition les apports nécessaires pour permettre à chaque élève de se les approprier, les utiliser pour répondre au problème posé. Les apports de savoirs et savoir-faire sont ainsi à la fois un moyen et une fin d'apprentissage. Le professeur conduit trois actions :

- il réoriente l'élève vers l'objectif principal ;
- il valide et invalide les diverses phases de la démarche pour soutenir l'élève et le guider par une évaluation positive sur la période d'élaboration en plusieurs temps ;
- il identifie les points à améliorer (graphe à effectuer, choix du modèle mathématique pour la modélisation).

Les messageries instantanées (chat, forum, courriel) sont des outils intéressants pour accompagner les élèves à distance. A l'avenir, il serait intéressant de proposer à l'élève ou au groupe d'élèves un échange par le biais d'une communication synchrone, en utilisant un dispositif de classe virtuelle propre à chaque dispositif ENT de l'établissement, en complément de la seule trace écrite. Cela permet de clarifier plus efficacement et rapidement les attendus.

Retour des élèves

Une très grande majorité des élèves a été engagée tout au long du processus et a déposé une production conçue seul ou en groupe. Les élèves ont majoritairement effectué une trace écrite rédactionnelle (texte et graphique), avec ou sans apport d'images. Un quart des élèves (un élève seul et 5 élèves répartis en 2 groupes) ont produit une vidéo pour restituer la phase d'élaboration et la production finale complète (Annexe).

Les élèves ont apprécié de :

- travailler seul ou en groupe selon leurs envies ;
- manipuler à la maison ;
- pouvoir redéposer le projet plusieurs fois pour être évalués ;
- avoir de l'aide en ligne (synchrone ou asynchrone) ;
- rendre une production sous la forme désirée et non imposée ;
- avoir un temps long pour restituer ;
- avoir le sentiment de faire une tâche de haut niveau cognitive (situation complexe).

Les élèves ont moins apprécié de :

- devoir utiliser convenablement les fonctionnalités de l'application ;
- se réunir pour un travail de groupe à distance ;
- être en incapacité de se répartir les tâches ;
- synchroniser rapidement et simplement les tâches ;
- planifier sur un temps trop long qui affecte la dynamique de recherche et d'interaction.

Au final, les élèves ont le sentiment d'avoir fait des sciences, à la fois seul à la maison, et avec les autres à distance (et notamment avec le professeur).

Ils ont apprécié de pouvoir collaborer à un travail faisant appel à une notion qu'ils ont eux-mêmes approfondie ou réactivée. Le fait de se sentir suivi, guidé et aidé par le professeur, en donnant des conseils, est très valorisant pour leur travail mais également pour consolider les savoirs et savoir-faire acquis au cours de l'élaboration de la démarche et des expérimentations menées. Les élèves ont exprimé le souhait de répéter ce type de projet. Néanmoins, il faut garantir la fiabilité du processus d'apprentissage mené à distance. Il est crucial de rendre visible cette démarche externalisée en interagissant le plus souvent possible avec les élèves.

Citons Margaux qui y voit une vertu sociale : « refaire un travail du même type en binôme ou trinôme car pour produire quelque chose, il faut de l'écoute et de l'entraide, des valeurs attendues dans tout domaine » et Zoé qui décèle dans cette expérience les conditions d'une transposition des apprentissages : « Cela permet de faire des expériences faciles prouvant des lois de la physique ou de la chimie chez soi » dans un cadre moins contraignant : « plus de liberté qu'en TP, plus de temps ». Néanmoins, il est nécessaire d'encadrer cette modalité de transmission des savoirs, et ne pas laisser croire que le savoir se bâtit seul ou par simples discussions à distance. L'enseignant instaure un cadre scolaire où des moments de rencontres clairement définis (comme l'a été l'élaboration des attendus par une grille de compétences explicitées) permet de valider auprès de toutes et tous la construction des savoirs et des savoir-faire de la discipline.

Prolongements possibles

Sur le plan disciplinaire, il peut être envisagé lors d'une activité expérimentale une comparaison d'un téléphone portable muni de l'application FizziQ avec un instrument scientifique (spectrophotomètre).

Sur le plan pédagogique, il est possible de prolonger ce travail à distance par la mise en œuvre d'une co-évaluation, qui permet à l'élève de penser et identifier les phases acquises ou à améliorer sa propre pratique, en évaluant le travail de ses camarades. L'élève apprend de lui-même et sur lui-même. Pour cela, chaque élève dépose la production sur un espace en ligne. Un logiciel permet de distribuer aléatoirement les copies à différents élèves. Ceux-ci peuvent alors rédiger un commentaire à leur camarade en s'aidant de la grille des indicateurs préalablement conçue collectivement.

Références bibliographiques

Site de l'application : <https://www.fizziq.org/>

Fondation La MAP : <https://www.fondation-lamap.org/fr/page/66483/fizziq-un-labo-sur-son-smartphone>

Annexe : typologie des productions des élèves

Lors de la phase d'élaboration

23 élèves : 11 élèves travaillent seuls ; 1 élève ne rend pas le travail ; 11 élèves travaillent collectivement et sont répartis en 5 groupes (4 groupes de 2 élèves, 1 groupe de 3 élèves)

Type de production	Nombre	Seul ou en groupe	Niveau de réussite à ce stade du projet
Écrit numérique	11	Seul 8 Groupe 3	D à B B
Bande sonore + image	1	Seul 1	B
Vidéo (montage)	3	Groupe 2 Seul 1	B C

Les élèves ont majoritairement effectué un compte-rendu écrit rédactionnel, avec ou sans apport d'images. Six élèves (un élève seul et 5 élèves en groupe) ont produit une vidéo dès la phase d'élaboration.

Lors de la phase de finalisation

23 élèves : 11 élèves travaillent seuls ; 1 élève ne rend pas le travail ; 10 élèves travaillent collectivement et sont répartis en 5 groupes (3 groupes de 2 élèves, 2 groupes de 3 élèves), 1 élève réorienté.

Type de production	Nombre	Seul ou en groupe/ nombre d'élèves	Nombre/niveau de réussite final
Écrit numérique	11	Seul 9 Groupe 7 (3 groupes)	7 A ; 2 B 7 A
Bande sonore + image	0	Seul 0	
Diaporama	1	Seul 1	1 B
Vidéo (montage)	3	Seul 1 Groupe 5 (2 groupes)	1 A 5 A

D'une simple trace écrite rédactionnelle, avec ou sans images à trois productions vidéo de grande qualité ayant certainement nécessité beaucoup d'heures de montage : ceci n'est pas sans susciter des interrogations côté enseignant.

Malgré le temps passé à produire, l'objectif essentiel reste d'apprendre les savoirs et savoir-faire de la discipline. Notons tout de même qu'il est nécessaire de communiquer à l'élève les nouvelles compétences acquises lors de productions médiatisées, différentes des traces écrites habituelles.