

Thème tâche complexe

Construction et analyse d'une situation pédagogique de mise en activité des élèves en optique.

Olivier Gargouil stagiaire externe 2022-23

I) Description de la classe

La situation pédagogique de mise en activité des élèves a été réalisée avec la classe de 1^{ère} année de BTS bio analyse et contrôle. J'ai choisi de mettre les élèves en activité autour d'une démarche d'investigation.

La classe de BTS 1^{ère} année est composée de 26 élèves issus de bac STAV, de filière générale en spécialité biologie, et de bac pro LCQ. Cette diversité de public peut rendre complexe une mise en activité sur une tâche complexe telle qu'une démarche d'investigation. En effet, le raisonnement et la réflexion des étudiants ne sont pas de même niveau entre un étudiant issu de filière général et de Bac Pro. Quelques étudiants ont des difficultés de concentration, mais globalement la classe est investie et intéressée par la matière. Le niveau général de la classe est assez faible. Je me suis rendu compte durant le premier semestre que les étudiants avaient beaucoup de difficultés concernant les outils mathématiques tels que la résolution d'équations, mais également des difficultés sur les activités demandant de l'analyse.

II) Choix de la séance de mise en activité

La séquence choisie pour effectuer la démarche d'investigation porte sur le microscope optique faisant référence à la partie 3-1-3 et 4-6 du référentiel du BTS bioanalyse et contrôle (voir annexe 5). Elle fait suite à la séquence sur les lentilles qui s'est déroulée sur 5 séances de cours et de TP. Durant cette séquence, les apprenants ont notamment appris la différence entre lentille convergente, divergente et à réaliser sur un graphique le tracé de formation d'une image (foyer d'un objet ; distance focale ; image réelle/virtuelle).

La relation de conjugaison des lentilles ainsi que le calcul du grandissement d'une lentille ont également été vus.

La démarche d'investigation portant sur le chapitre du microscope optique a été réalisée sur une séance de 1.5h en demi-groupe, le mercredi 14 décembre après un premier cours sur le fonctionnement et la composition du microscope dans lequel ils ont appris :

- La composition d'un microscope
- Le principe de fonctionnement théorique du microscope
- La fonction de l'huile à immersion (calcul d'ouverture numérique)
- Tracé d'image intermédiaire et réelle en sortie de microscope (double lentille)

L'objectif principal de la démarche d'investigation est de montrer au travers d'un TP le fonctionnement pratique d'un microscope et de comprendre l'utilité des différents éléments le composant.

Suite à cette démarche d'investigation, il est prévu 3 séances de cours et d'exercices dont l'objectif est d'approfondir leur découverte lors de cette séance, suivie d'une petite évaluation de 30 min.

III) Description de la démarche d'investigation

La démarche d'investigation a été pensée afin qu'elle soit la plus adaptée à leur formation, tout en ayant une démarche de réflexion et d'analyse indispensable à leur futur métier.

Le microscope est l'outil indissociable de leur formation. Il me semble donc important qu'ils le connaissent, afin de comprendre les éventuels dysfonctionnements ou observations qu'ils pourraient être amenés à faire.

III-1) Contexte

L'EPLEFPA des Sicaudières dispose d'un LEGTA, d'un CFPPA, d'une ferme d'application, mais également d'ateliers de transformation agroalimentaires. Ce dernier permet aux apprentis et élèves de réaliser des transformations de produits alimentaires bruts, telles que des carcasses (porc ; bœuf ; volaille) en plat ou charcuterie.



Photo 6 : atelier de transformation des Sicaudières

L'un des objectifs de la formation des BTS bio analyse et contrôle est l'analyse d'échantillon alimentaire et notamment via le microscope. Cette analyse permet de déterminer la conformité ou la contamination d'un produit agroalimentaire mis à la commercialisation.



Photo 7 : analyse de gélose au laboratoire en microbiologie

Dans ce cadre, j'ai choisi de faire analyser aux BTS un échantillon d'une culture de bactéries type *Escherichia coli* via un montage sur banc d'optique. En effet, simulant une absence de microscopes dans le lycée (partis au service maintenance) je demandais aux élèves de réaliser un prototype de microscope sur banc d'optique afin de déceler d'éventuelles bactéries pathogènes d'un plat mis à la vente dans le magasin du lycée.

III-2) Test du TP et réflexion

J'ai donc testé le protocole au laboratoire du lycée, et je me suis rendu compte que l'observation ne donnait pas de résultats probants. En effet, j'ai pu réussir avec le matériel du lycée à obtenir un grossissement maximal de x100 alors que les bactéries ne peuvent être distinguées qu'avec un grossissement minimal x500.

Je me suis donc rapproché des enseignants de microbiologie afin de pouvoir réaliser une observation d'un échantillon sur lame avec un grossissement x100.

Après plusieurs essais, nous avons pu en conclure que le montage permettait seulement de distinguer des levures. (Les levures ont une taille moyenne de $20\mu m$ contre $0.5\mu m$ pour l'*Escherichia coli*). La qualité des lentilles et la précision que nous demande l'analyse ne nous permettent pas de déterminer le type de levure sur lame, mais il permet tout de même de les distinguer.

III-3) Amélioration du sujet

Le nouveau sujet (annexe 7) porte sur un TP réalisé en Term STL concernant l'analyse des facteurs influençant le développement des bactéries. Les élèves de Term STL doivent analyser une population de bactéries, mais je leur indique que le TP n'a pas donné les résultats escomptés et que l'enseignant souhaite observer l'échantillon au microscope afin de comprendre le dysfonctionnement. Ne disposant pas de microscopes, je leur indique que l'enseignant se tourne vers eux, étudiants en BTS, afin de construire un prototype type microscope et d'observer l'échantillon afin de comprendre le problème.

Ce sujet permet de rendre la démarche d'investigation très concrète et donc plus attractive pour les étudiants. En effet :

- Le lycée a une filière STL.
- Il est courant dans leur filière d'analyser les facteurs influençant le développement de bactéries.
- Les étudiants de BTS Bio analyse et contrôle utilisent très fréquemment le microscope.
- Le sujet met l'étudiant en situation de recherche et d'adaptation suite à un dysfonctionnement. Situation possible dans le monde du travail.

III-4) Objectif du sujet

Le sujet à deux objectifs. Le principal est la création sur banc d'optique d'un prototype type microscope permettant de réaliser un grossissement x100. Le second objectif, qui s'apparente à de la pluri, est l'analyse de l'observation de la lame et la détermination de l'erreur qui a rendu l'exploitation du TP initial impossible.

Afin d'orienter les étudiants, je leur spécifie qu'il faut commencer par réaliser un faible grossissement (qu'ils calculeront) pour cibler l'échantillon à analyser.

Pour résoudre le problème, différentes étapes sont attendues.

- 1) Connaître les différents éléments d'un microscope.
- 2) Au travers des documents donnés, calculer le grossissement de départ (x100).
- 3) Positionner l'ensemble des éléments sur le banc d'optique.
- 4) Déterminer les contraintes à la création d'un banc d'optique permettant un grossissement x100.
- 5) Choisir les bonnes lentilles permettant de réaliser le grossissement souhaité.
- 6) Calculer le delta d'espacement entre les deux lentilles.
- 7) Réaliser le montage et ajuster la netteté en déplaçant l'objet.
- 8) Observer et comprendre d'après le grossissement qu'il ne peut s'agir que de levure et non de bactérie. L'échantillon de départ a donc dû être contaminé et c'est pour cette raison que le TP n'a pas fonctionné.

IV) Déroulement de la situation

IV-1) Mise en place

J'ai créé 4 groupes de travail composés de 3 à 4 élèves. Cette configuration me permet de passer aisément dans chaque groupe afin de les aider dans leur démarche. De plus, afin que le groupe soit productif, je pense qu'il ne doit pas être composé de plus de 4 étudiants.



Photo 8 – 9 : BTS1 en démarche d'investigation sur le microscope

J'ai mis à disposition sur leur paillasse uniquement le support du banc d'optique. Le reste du matériel était disposé sur une paillasse séparée dont tous les éléments n'étaient pas forcément utiles. Les étudiants devaient donc choisir le matériel à utiliser (capacité attendue au référentiel).

Pour la plupart des étudiants, il s'agissait de leur première démarche d'investigation, mais j'ai constaté tout au long du TP qu'ils étaient enthousiastes à résoudre cette problématique. Durant ces 1h30, les étudiants ont beaucoup échangé à l'oral et ont mis à profit le cours du matin sur le microscope. Au final, avec plus ou moins d'aides, l'ensemble des groupes a pu observer les levures et conclure sur le dysfonctionnement du TP initial.

V) Constat et Amélioration

V-1) Composition des groupes

Les étudiants se sont positionnés par affinité, cela n'a pas été favorable pour certains, il aurait été plus judicieux de mélanger les élèves suivant leur bac d'origine. En effet, les étudiants ayant pour origine un bac pro ont plus de mal à effectuer un raisonnement poussé. Un mélange des étudiants issus de différents Bacs aurait favorisé l'entraide, mais également de mettre à profit la diversité d'analyse de leurs différentes filières.

V-2) Aide intermédiaire

Afin de suivre leur démarche et de contrôler l'état d'avancement du TP, j'ai circulé en permanence entre les paillasses. J'ai pu ainsi échanger sur leur démarche et aider les groupes qui se sentaient bloqués en leur posant des questions intermédiaires, ou en leur donnant la démarche à suivre pour une étape donnée.

Cette méthode d'aide est intéressante, dans le sens où les interactions avec les étudiants me permettent de mieux comprendre leur raisonnement. J'ai pu ainsi constater que chaque groupe avait sa propre démarche de réflexion (réflexe à sortir le cours ; montage et observation par tâtonnement ; échange oral entre étudiant ; recherche individuelle...).

Cependant cette démarche ne peut pas fonctionner si le groupe est plus important. De plus si plusieurs groupes bloquent au même moment, je ne peux les débloquent rapidement chacun sur leur situation. Je propose donc de donner aux groupes bloqués des « tickets réponses » de niveaux différents. Chaque petit « ticket » permet de débloquent une étape précise de la démarche. Trois niveaux peuvent être donnés :

- Aide de niveau 1 : indique ce qu'il faut chercher
- Aide de niveau 2 : indique la méthode de résolution
- Aide de niveau 3 : réponse à l'étape

Je propose en annexe 3 un exemple de ticket qui pourrait être donné aux étudiants.

V-4) Lame de comparaison

L'ensemble des groupes ont réussi à voir les levures sur leur écran, mais il a été difficile pour eux de conclure sur le fait que leur observation montrait des levures. En effet, la précision du montage ne permet pas une identification claire. Afin de pallier cette difficulté, lorsqu'un groupe arrivait à projeter une image nette de leur lame, je leur donnais un échantillon d'*Escherichia coli* sur leur montage et je leur demandais ce qu'ils observaient (on ne distingue rien, alors qu'avec leur échantillon on observe plusieurs individus bien distincts). Ce n'est qu'à ce moment qu'ils se sont rendu compte qu'il ne pouvait s'agir de bactéries, car elles seraient indiscernables à ce grossissement, mais d'individus plus gros tel que des levures.

Afin qu'ils puissent avoir ce raisonnement, je pense qu'il faudrait leur mettre à disposition dès le départ, des lames avec la bactérie *Escherichia coli*. Ils pourront ainsi comparer leur échantillon avec la lame et conclure sur le problème.

V-5) Choix du grossissement

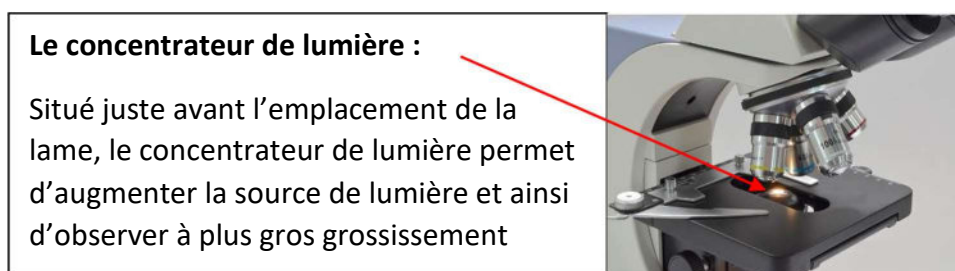
Le départ de la démarche d'investigation a été un peu compliqué pour certains groupes. Malgré l'indication dans le document 4 du sujet, ils ne savaient pas qu'il fallait commencer par étudier un montage à faible grossissement. Pour le 2^{ème} groupe, j'ai rappelé à l'oral la démarche d'observation d'une lame au microscope. Suite à cette explication, ils ont tous compris qu'il fallait commencer par réaliser un montage à faible grossissement et donc d'après les documents, faire un grossissement x100.

V-6) Concentrateur de lumière

Malgré le cours du matin, les étudiants ont eu du mal à comprendre qu'il fallait mettre en place une 3^{ème} lentille afin de simuler le concentrateur de lumière. En effet, lors de la mise en place de la 2^{ème} lentille, la lumière parvenant à l'écran devient très faible et limite l'observation de la lame. La mise en place d'une troisième lentille en amont de l'objet est donc indispensable.

Je propose donc d'ajouter dans mon sujet un document expliquant l'utilité d'un concentrateur.

Exemple de document à ajouter :



Doc 7 : le concentrateur de lumière

Sciences physiques et chimiques

L'enseignement de sciences physiques et chimiques sera dispensé en partie pendant le cours et en partie pendant les travaux pratiques constitués, soit de séquences de manipulations classiques, soit de séquences pendant lesquelles on panachera l'expérimentation et l'étude de notions théoriques. Les travaux dirigés seront consacrés aux applications de cet ensemble.

Contenus	Commentaires
3. Physique 3.1. Rayonnements électromagnétiques 3.1.1. Structure d'une onde électromagnétique plane. Description des phénomènes de propagation, réflexion, réfraction, diffraction. 3.1.2. Polarisation rectiligne : lois de Malus et de Biot. Polarimétrie 3.1.3. Optique géométrique : lentilles minces, formules de conjugaison . Loupe, microscope. 3.1.4. Dispersion de la lumière par un prisme et un réseau. 3.2. Spectrométrie: 3.2.1. Sources : spectres continus , discontinus ; la lumière du laser. Flux et éclairement énergétiques, intensité énergétique des sources ponctuelles. 3.2.2. Récepteurs photosensibles	Polarisation rectiligne : le principe des polariseurs est hors programme ; on se limitera aux observations expérimentales. Optique géométrique : on définira le grandissement, le grossissement, la puissance d'un instrument. Microscopie : on parlera du pouvoir de résolution, et on indiquera de quels facteurs il dépend (intérêt du microscope électronique) . Réseau : on se limitera au cas de la transmission. La position des maxima de lumière sera donnée sans démonstration et observée expérimentalement. Sources : le principe de fonctionnement du laser est hors programme. On ne traitera pas la photométrie visuelle. Récepteurs photosensibles : on étudiera la cellule photoémissive, la photodiode , la photorésistance, les photomultiplicateurs.

4. Travaux pratiques

Un objectif important du programme est l'étude des appareils utilisés : principe de fonctionnement, mode et précautions d'emploi. A l'occasion de cette étude, *tant lors des séquences de manipulations que des autres séquences*, on se préoccupera des qualités des appareils : fiabilité, précision et du traitement des mesures. Tous les problèmes relatifs à la sécurité seront pris en compte : connaissance des produits, stockage, toxicité, élimination des déchets

Les manipulations seront assistées par ordinateur dans toute la mesure du possible. La mise en œuvre de plans d'expériences pourra être abordée en liaison avec les autres activités technologiques.

Les thèmes des manipulations mises en œuvre devront être choisis dans la liste suivante.

4.1. Conformation et configuration

4.2. Détermination d'une enthalpie de réaction

4.3. pH-métrie

- Dosage de composés polyfonctionnels et de mélanges
- Pouvoir tampon, point isoélectrique

4.4. Potentiométrie

- Dosages redox, détermination de constantes d'équilibre
- Utilisation des électrodes spécifiques aux ions métalliques, anions.

4.5. Conductimétrie

- Dosages
- Détermination d'une constante d'équilibre
- Cinétique

4.6. Optique

- Polarisation de la lumière
- Réflexion, réfraction, fibre optique, focométrie
- Principe de l'œil, loupe, principe du microscope
- Spectroscopes
- Spectrométrie d'absorption UV, visible, infrarouge

4.7. Fluides

- Pression
- Débit
- Viscosité
- Tension superficielle

Annexe 2 : sujet de la démarche d'investigation



Un TP qui foire

Sophie enseignante en micro biologie a réalisé le mardi 13/12/2022 un TP avec les Term STL sur l'analyse des paramètres influençant le développement des bactéries (température; pH...). Malheureusement, le TP n'a pas donné les résultats attendus. Afin de comprendre ce qui n'a pas marché, elle décide d'observer au microscope un échantillon d'une boîte de Petri.

Elle demande donc aux techniciens de laboratoire un microscope, mais elle apprend avec effarement qu'ils sont tous partis au service après-vente pour leur entretien annuel. Soucieuse, elle se tourne vers vous étudiant de BTS1 afin que vous lui réalisiez un montage optique (type microscope) pour observer son échantillon et déterminer ce qui n'a pas marché.



Objectif : réaliser un montage type microscope afin d'observer sur écran l'image grossie de l'échantillon de Sophie. Suivant vos observations, vous pourrez donner une explication au dysfonctionnement. Vous expliquerez votre démarche en vous appuyant sur des calculs et des schémas.

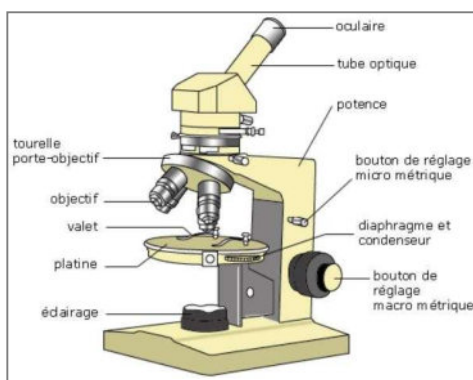
Pour cela, vous avez à disposition :

- Banc d'optique - Une source lumineuse - Une coloration de Gram sur lame	- Un lot de lentilles +50mm ; +100mm ; +125mm ; +200mm ; +500mm - Un écran
---	--

Documents techniques :

Echantillon	Grossissement minimum	Observation
Bactérie	X 500	Distingue les bactéries
Levure	X 100	Distingue les levures
Cellule	X 10	Distingue les cellules
Organe	X 5	Distingue les organes

Doc 1 : grossissement adéquat suivant l'échantillon à observer



Doc 2 : schéma de principe d'un microscope



Doc 3 : oculaire des microscopes du laboratoire

Choix du grossissement :

Lors de l'observation d'un échantillon sous microscope, on commence toujours par observer au petit grossissement. Puis on adapte si besoin le grossissement à l'échantillon analysé.



Doc 4 : Correspondance couleur et grossissement des objectifs

Formule du grossissement :

- $G = |\gamma| \times G_2$
- $G = \frac{\Delta \times d_m}{f'_1 f'_2}$

Doc 5 : expression du grossissement

Objectifs disponibles au laboratoire :

- Liseré blanc
- Liseré jaune
- Liseré bleu clair

Doc 6 : Objectifs disponibles couramment

Annexe 3 : proposition de « ticket réponses »

- **Etape 1 (réalisation d'un montage)**

- 1) Indiquer à l'apprenant qu'il faut faire un schéma du banc d'optique
- 2) Schéma du banc d'optique avec la liste du matériel à utiliser
- 3) Schéma du banc d'optique avec le matériel positionné correctement

- **Etape 2 (calcul du grossissement)**

- 1) Déterminer le grossissement le plus adapté
- 2) Donner la formule du grossissement
- 3) Donner la valeur du grossissement demandé

- **Etape 3 (utilisation de la bonne formule)**

- 1) Utiliser le cours et repérer la formule adéquate
- 2) Indiquer que la formule choisie doit comporter le grossissement ; la distance minimale de vision de l'œil (25cm).
- 3) Donner la formule à utiliser pour répondre à la problématique.

- **Etape 4 (déterminer que la longueur du banc est une contrainte)**

- 1) Déterminer les contraintes liées au matériel
- 2) Indiquer que la longueur du banc et les lentilles sont des contraintes
- 3) Donner la distance focale à utiliser +50mm pour minimiser delta.

- **Etape 5 (calcul de delta afin de positionner les lentilles)**

- 1) Demander à l'élève de déterminer la distance entre focales
- 2) Ecrire la formule afin de minimiser delta
- 3) Donner la valeur de delta

- **Etape 6 (réalisation du montage)**

- 1) Demander à l'élève de positionner les éléments comme présentés dans sa démarche
- 2) Indiquer les éléments à positionner
- 3) Positionner les éléments

- **Etape 7 (présence d'un condenseur)**

- 1) Si l'observation n'est pas claire, questionner l'élève sur ce qu'il manque
- 2) Indiquer qu'il manque de la lumière et qu'il faut une lentille pour concentrer la lumière
- 3) Positionner la lentille à l'emplacement

- **Etape 8 (régler la netteté)**

- 1) Indiquer qu'il faut bouger légèrement la position de l'objet pour que l'image soit nette
- 2) Rendre l'image nette

- **Etape 9 (analyse de l'observation)**

- 1) Questionner sur ce que l'on peut voir et ce qu'on ne peut pas voir avec un grossissement x100
- 2) Faire référence aux documents du sujet
- 3) Indiquer qu'on ne peut voir les bactéries avec ce grossissement