Un outil ludique pour la pédagogie inversée en séance de travaux pratiques

Résumé En chimie, les activités expérimentales sont d'une importance cruciale. Pour développer l'esprit critique et l'autonomie des étudiants, les démarches d'investigation préconisées par les programmes actuels sont fort bien adaptées. Elles demandent plus de réflexion que les démarches traditionnelles mais présentent un inconvénient majeur : elles laissent moins de temps à consacrer à l'apprentissage des gestes techniques. Cet article présente une méthode préparatoire innovante et ludique sur la forme, à mi-chemin entre la classe inversée et la démarche d'investigation. Celle-ci s'adresse en premier lieu aux étudiants de l'enseignement supérieur (CPGE, BTS, IUT, université...), mais est également utilisée au lycée dans les filières scientifiques.

Mots-clés **Activités expérimentales, pédagogie inversée, chimie organique, vidéos, quizz, investigation.**

Abstract **A playful method for inverse classroom in experimental activities**
In chemistry, experimental activities are very important. Investigating approaches are good at fostering the students' critical thinking and autonomy. They require more reflection than traditional approaches but it has a major drawback: students have less time to manipulate. This article presents a new innovative and playful preparatory method, based on both flipped inverse classroom and investigating approach. It is primarily intended for students of higher education (CPGE, BTS, UIT, university...), but is also used in high school in scientific fields.

Keywords **Experimental activities, inverse classroom, organic chemistry, videos, quiz, investigation.**

Identifier les besoins : le diagnostic

Une science expérimentale telle que la chimie ou la physique se nourrit du dialogue entre modélisation et expérience. Il apparait nécessaire de sensibiliser les étudiants à ce dialogue qui doit les enrichir et les consolider dans leur démarche scientifique. En séance de travaux pratiques (TP), un questionnement permanent sur le bien-fondé de leur démarche doit conduire à une véritable réflexion permettant de répondre à une problématique expérimentale.

Dans une séance de TP traditionnelle, les étudiants mettent en œuvre des manipulations en suivant un protocole détaillé. Cela permet l'apprentissage de gestes techniques, mais ne développe pas suffisamment leur esprit critique car cette démarche nécessite peu de prise d'initiative et de compréhension des choix expérimentaux.

Des séances de TP d'investigation sont préconisées dans les programmes actuels au lycée [1] et en CPGE (classes préparatoires aux grandes écoles) [2]. Dans ces séances, les étudiants sont confrontés à un problème plus ou moins bien défini. Pour y répondre, ils formulent des hypothèses et élaborent eux-mêmes une démarche expérimentale. Ces démarches d'investigation présentent à cet égard un avantage majeur par rapport aux démarches traditionnelles : elles rendent les étudiants plus autonomes et leur permettent de mieux s'approprier les notions tout en développant leur esprit critique.

Mais l'inconvénient de ces démarches d'investigation est qu'elles prennent beaucoup de temps durant les séances, ce qui en laisse moins pour les manipulations. À cet égard, des outils de pédagogie inversée peuvent être adaptés car ils rendent les étudiants plus réactifs et autonomes pendant la séance [3].

Comment rendre la démarche scientifique plus accessible et motivante ? Comment préparer efficacement une séance de chimie expérimentale quand on n'a pas de laboratoire à la maison ?... Comment faire de la chimie expérimentale hors les murs ?

En travail préparatoire avant une séance de TP, l'utilisation conjointe d'une vidéo et d'un quizz autocorrigé permet une bonne efficacité. L'ensemble des supports pédagogiques présentés ici sont disponibles et gratuits sur YouTube et Internet [4-5].

Étudier à la maison comme au labo : la vidéo

La vidéo est apparue comme l'outil le plus adapté pour répondre aux besoins évoqués précédemment. Elle permet aux étudiants de prévisualiser une expérience et les détails spécifiques aux techniques étudiées en amont d'une séance de TP. Les étudiants s'approprient les notions à leur rythme, mettent sur pause et revoient plusieurs fois une partie de la vidéo lorsque cela est nécessaire. L'étape de présentation de la technique se fait alors en amont de la séance et non pendant celle-ci, ce qui libère un temps précieux pendant la séance au laboratoire.

Par souci d'efficacité, les techniques présentées en vidéo doivent être ludiques et rigoureuses. La chaine YouTube affiche un ton léger mais sérieux, entre le youtubeur et le professeur académique.

La vidéo ne remplace pas la séance avec l'enseignant ; elle la consolide, la rend plus interactive, attractive et efficace. De plus, c'est un support ludique très apprécié des étudiants, plus qu'un polycopié par exemple. La vidéo est une solution pratique et polyvalente : par la forme, elle accroche les étudiants, et par le fond, elle les enrichit.

Pour chaque vidéo, un descriptif succinct contient l'organisation générale ainsi qu'un outil qui permet aux étudiants de s'exercer et de s'autoévaluer sur les notions abordées : le quizz autocorrigé.

Blablareau chimie

Si t'as pas de labo, t'as Blablareau !

S'autoévaluer : le quizz

Il est important de s'assurer que chaque étudiant s'approprie bien les notions présentées dans la vidéo étudiée, c'est pourquoi elle est accompagnée d'un quizz (voir *encadré 1*) :
- constitué de dix à vingt questions posées sous forme de QCM ;
- corrigé automatiquement : après avoir répondu à l'ensemble des questions, chaque étudiant obtient son taux de réussite et la correction des questions ;
- accessible aux étudiants autant de fois qu'ils le souhaitent, par exemple pour réviser avant un examen ou un concours sur une épreuve expérimentale.

L'enseignant a accès à l'ensemble des résultats de la classe :
- le taux de réussite par étudiant identifie ceux qui présentent des difficultés ;

Encadré 1

Extrait de quizz sur le montage de chauffage à reflux

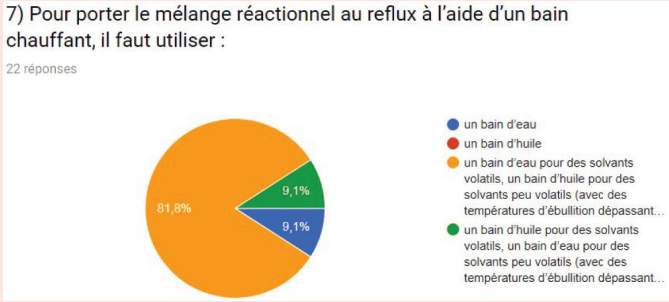
1) Quel est l'intérêt du montage de chauffage à reflux (plusieurs réponses possibles) ?
□ Isoler un produit
□ Accélérer une transformation chimique
□ Augmenter la solubilité des réactants
□ Travailler sans perte de matière grâce à la colonne réfrigérante

2) Le solvant de la réaction doit (plusieurs réponses possibles) :
□ Solubiliser les réactants
□ Solubiliser les produits
□ Être plus dense que l'eau
□ Être suffisamment volatil s'il doit être éliminé lors d'un traitement ultérieur

Encadré 2

Synthèse des résultats consultables par l'enseignant

Les quizz actuels sont construits à l'aide de *Google Forms*, dont les fonctionnalités permettent de consulter les résultats de la classe sous forme de graphique.



Le module complémentaire *Flubaroo* permet en plus d'obtenir une grille de résultats détaillés. L'enseignant saura alors quelles questions doivent être reprises au début de la séance de TP.

1) Quel est l'intérêt du montage de chau ...	2) Le solvant de la réaction doit (plusi ...	3) Le support élévateur doit être placé ...	4) La pince deux doigt doit :	5) La pince trois doigt doit :	6) Il faut (plusieurs réponses possibles ...	7) Pour porter le mélange réactionnel au ...	8) Une transformation exothermique (plus ...	9) Si une transformation fortement exoth ...	10) Le montage de chauffage à reflux peu ...
52,38%	52,38%	95,24%	95,24%	100,00%	95,24%	80,95%	80,95%	100,00%	9,52%

- le taux de réussite par question identifie les notions qui posent des difficultés à l'ensemble des étudiants (voir *encadré 2*).

En amont, l'enseignant consulte les résultats de sa classe, ce qui lui permet d'identifier les notions à retravailler en début de séance. Après quelques minutes de briefing et de discussion sur le travail préparatoire, les étudiants sont prêts pour démarrer le TP d'investigation.

Mise en pratique

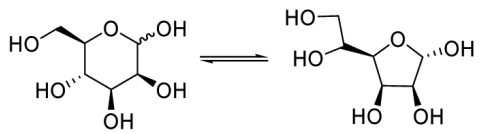
La séance proposée en exemple (*encadré 3*) a été mise en œuvre avec les étudiants en début de 2e année de classe préparatoire en filière PC. La séance dure 4 heures et les étudiants découvrent l'énoncé en début de séance.

Cet énoncé de TP très court est exigeant et peut faire peur aux étudiants puisqu'il ne contient qu'une seule phrase (« Réaliser la synthèse de B présentée plus haut sur environ 10 mmol de D-mannose ») et aucune indication quant aux techniques à mettre en œuvre. Ils doivent eux-mêmes proposer des

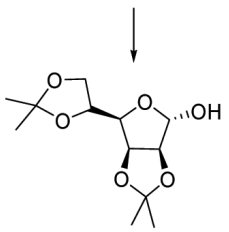
Encadré 3

TP de chimie organique : Protection d'un glycoside par acétalisation

Menée dans les bonnes conditions, la double acétalisation à partir du D-(+)-mannose conduit au 2,3,5,6-di-O-isopropylidène-α-D-mannofuranose B. Dans cette transformation, le D-(+)-mannose s'isomérise en un composé noté A qui va ensuite se transformer en B dans des conditions que vous devrez préciser.



D-(+)-mannose A



B

Objectif : Réaliser la synthèse de B présentée plus haut sur environ 10 mmol de D-mannose.
Pour atteindre cet objectif, à chaque étape :
- Vous devrez préciser les techniques expérimentales que vous souhaitez utiliser.
- Pour chaque technique, vous proposerez un protocole précis.
- Vous justifierez tous vos choix expérimentaux.

conditions expérimentales (solvant, température, montage expérimental) pour réaliser la transformation chimique, pour extraire puis isoler le composé B souhaité, et enfin pour le purifier et le caractériser. À chaque étape du TP, une discussion avec l'enseignant permet de s'assurer que les choix expérimentaux sont raisonnables et réalisables.
Dans ce TP, les étudiants sont amenés à mettre en œuvre quatre techniques : montage de chauffage à reflux, extraction liquide-liquide, chromatographie sur couche mince, recristallisation.
En travail préparatoire, ils sont donc invités à les étudier en détail à l'aide des vidéos et des quizz correspondants, disponibles sur YouTube ou Internet [4-5] (voir *encadré 4*).
Présenter ces techniques, élaborer les protocoles et les mettre en œuvre dans une séance de 4 heures est très ambitieux. Le travail préparatoire avec vidéos et quizz prend alors tout son intérêt car les compétences expérimentales des étudiants sont mobilisées en amont de la séance, ce qui leur permet d'atteindre plus facilement les objectifs fixés.

État actuel de la chaine YouTube

Après bientôt trois années d'existence, il est encourageant de constater que les professeurs et étudiants sont de plus en plus nombreux à utiliser régulièrement les vidéos et les quizz associés.
La chaine YouTube et le site Internet abritent aujourd'hui plusieurs catégories de vidéos :
- des vidéos de chimie organique expérimentale, comme cela a été détaillé dans cet article ;

Encadré 4

Consignes données aux étudiants pour préparer la séance

1. Regarder les vidéos associées aux techniques étudiées.
Mettre sur pause ou revoir une partie lorsque cela est nécessaire. Prendre des notes dans le cahier de laboratoire ou sur un support équivalent.
2. Répondre aux questions du quizz disponible dans la description de la vidéo.
Utiliser la plateforme YouTube, les fonctionnalités du quizz ou l'adresse e-mail de l'enseignant pour poser des questions ou signaler les points que l'on aimerait détailler avec l'enseignant lors de la séance.

- d'autres vidéos traitant des aspects plus théoriques, en relation avec les techniques expérimentales (loi d'Arrhenius, loi de van't Hoff, principe de modération de Le Chatelier...) ;
- des leçons de chimie organique théorique auxquelles sont associés d'autres quizz.
Pour certaines occasions, la chaine propose des vidéos à caractère plus ludique. Par exemple, récemment, en collaboration avec Gérard Liger Belair, professeur à l'Université de Reims, des vidéos ont été réalisées sur le fameux effet « Cola-Mentos » [4], qui produit un gigantesque geyser de mousse lorsqu'on plonge quelques bonbons sucrés dans une boisson concentrée en dioxyde de carbone dissous. Ces vidéos intéressent un public plus large et montrent aux curieux qu'une démarche scientifique est un atout pour l'esprit. Pour les lycéens, elles peuvent susciter de l'intérêt pour les sciences physiques et chimiques, les incitant ainsi à suivre une formation scientifique dans le supérieur.

Mesurer les résultats

Une étude menée sur une dizaine de classes avec une équipe d'enseignants (CPGE, BTS Métiers de la chimie) et en collaboration avec Michel Galaup, maitre de conférences à l'Institut Universitaire National Champollion à Toulouse, a pour but de montrer quel est l'impact de l'utilisation de ces outils numériques sur la motivation et l'efficacité des étudiants. Lors d'une séance de TP, chaque classe a été divisée en deux groupes : un groupe préparait le TP à l'aide de documents polycopiés, un autre à l'aide d'une vidéo de la chaine YouTube. Tous les étudiants devaient ensuite répondre en temps limité à des questionnaires en ligne. Certains questionnaires sont destinés à tester le niveau d'assimilation des étudiants, d'autres à évaluer l'attractivité de la méthode préparatoire proposée (polycopié ou vidéo). Le temps de préparation des étudiants est également demandé (en moyenne de l'ordre de 20 à 30 minutes dans les classes de CPGE).
En résumé, l'analyse des questionnaires en ligne montre que les « groupes vidéo » obtiennent généralement des scores de réussite légèrement supérieurs aux « groupes polycopié ». Leur temps de préparation étant lui aussi supérieur, on ne peut pas en conclure qu'une méthode est plus efficiente que l'autre. Par ailleurs, dans toutes les classes, la majorité des étudiants des deux groupes préfère un travail préparatoire avec vidéo. Les professeurs ont également relevé des différences entre les groupes au cours de la séance (dynamisme, prise d'initiative). Les meilleurs résultats des « groupes vidéo » s'expliqueraient alors par le côté ludique et attractif de la

méthode qui pousse les étudiants à mieux préparer leur TP. Ces premiers résultats très encourageants restent à confirmer par une étude à plus grande échelle. Précisons également qu'en dehors de cette étude, il est intéressant de proposer aux étudiants à la fois la vidéo, plus attractive, et le polycopié comme support écrit pour retrouver simplement les informations.

La méthode préparatoire novatrice et ludique présentée dans cet article incite les étudiants à proposer et à mettre en œuvre une démarche expérimentale complète, cohérente et rigoureuse afin d'atteindre l'objectif fixé par le professeur. Par ailleurs, en dehors même de la séance présentée, la chaine YouTube et ses quizz permettent à tout étudiant de réviser ses leçons de chimie organique expérimentale.

Grâce à son format interactif en ligne, ces vidéos favorisent un nouveau dynamisme autour de la chimie. La plateforme YouTube offre aux étudiants et aux enseignants la possibilité de s'exprimer et d'interagir entre eux dans la partie destinée aux commentaires : conseils constructifs, réponses aux questions posées dans les vidéos, ou encore approfondissements sur le sujet en posant d'autres questions plus complexes.

Il est important de souligner que cette méthode pédagogique repose sur l'utilisation des nouveaux outils de communication, ce qui pose problème pour les étudiants qui n'ont pas d'accès à Internet haut débit. L'enseignant doit en tenir compte avant de s'appuyer sur ce type de travail préparatoire.

Enfin, concernant la création de vidéos par un enseignant, plusieurs possibilités existent. Des applications permettent de créer de petites vidéos de qualité acceptable en quelques heures ou minutes seulement. Les vidéos de techniques expérimentales présentées sur la chaine YouTube « Blablareau au labo » demandent plus de temps, notamment en raison du long travail de réalisation et de montage vidéo. Chacune de ces vidéos est le fruit de cinquante à cent heures de travail ; c'est pourquoi elles ont été créées avec la volonté d'être rendues disponibles à tous les étudiants et enseignants intéressés.

[1] Nouveau programme de terminale S, *Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale* spécial n° 8, 13 oct. **2011**.
[2] Programmes des classes préparatoires aux grandes écoles, *Bulletin Officiel* spécial du 30 mai **2013**.
[3] Calafell J., Retour d'expérience sur la classe inversée en CPGE, *L'Act. Chim.*, **2016**, *407*, p. 45.
[4]« Blablareau au labo » :
https://www.YouTube.com/channel/UCZeGNmKXVe6X_L32Dz1pxjQ
[5] http://blablareau-chimie.fr

Raphaël BLAREAU,
professeur de chimie en CPGE, PC au lycée Déodat de Séverac, Toulouse.

* blareau.raphael@gmail.com