

Vers une chimie plus respectueuse de l'environnement (12/11/2021)

Candidat : Lise Boutenègre

Correcteurs : Loïc Cuau (loic.cuau@ens-lyon.fr) et Aderito Fins-Carreira (aderito.fins-carreira@ens-lyon.fr)

I- A propos de la prestation

Lise a présenté ce montage selon le plan suivant :

- I- Economie d'atomes
Transposition de Claisen (Drouin p.215)
- II- Catalyse enzymatique
Couplage enzymatique et dimérisation de la vanilline (Grüber p.370)
- III- Manipulation imposée
Etude cinétique de la saponification de l'acétate d'éthyle

Elle a choisi de présenter la manipulation imposée par le jury portant sur l'étude cinétique de la saponification de l'acétate d'éthyle à la fin de ce montage.

Ce montage tel qu'il a été présenté a été d'un niveau satisfaisant vis-à-vis des attentes du jury que ce soit du point de vue de la théorie ou de l'expérimental. Certains points restent perfectibles mais Lise a présenté un bon montage.

Introduction (2-3 mn) : Lise a choisi de faire une introduction historique de la chimie verte et de ses enjeux qui préoccupent aujourd'hui de plus en plus les chimistes. On mentionne les 12 principes de la chimie verte et la volonté de diminuer les déchets afin de respecter davantage l'environnement.

- *L'introduction était satisfaisante. Un point qui aurait pu davantage être mis en évidence et le fait qu'on souhaite développer une chimie plus respectueuse de l'environnement **et des hommes** en cherchant à également travailler sur des meilleures conditions de travail. En tant que futur professeur, on veut même au-delà de ce montage que les futurs étudiants puissent manipuler en toute sécurité.*

I-(34 mn) La candidat choisit ici de discuter d'économie d'atome pour une réaction de Claisen. Les phases de manipulation présentée sont l'extraction liquide-liquide, le relargage, le séchage sur sulfate de magnésium anhydre et l'indice de réfraction. L'ensemble des gestes manipulateurs ont été bien effectués avec toutefois quelques bémols qui seront mentionnés ci-après. La mesure d'indice de réfraction sur un produit évidemment impur ou incertain n'était pas forcément pertinente ici.

- Au cours de l'extraction liquide-liquide, **les différentes phases sont recueillies dans des erlenmeyers** y compris la poubelle.
- Le cyclohexane est un solvant organique peu toxique qui peut être utilisé dans les lycées !
- **Attention à s'assurer que les équations chimiques figurant sur la paillasse soient correctes !**

- Cette réaction semble peu pertinente au jury pour discuter d'économie d'atomes car elle n'implique qu'une seule molécule...
- **Une hydrolyse acide s'effectue sous agitation magnétique ET dans un bain de glace**
- Il serait bon de malgré tout mentionner **les déchets** (entre autres les solvants) générés par cette manipulation et de discuter brièvement de leur traitement.
- Il peut être utile dans le cadre de cette partie de connaître l'existence de quelques solvants verts alternatifs tels que les liquides ioniques ou encore les solvants deep-eutectique.
- La candidate a suivi l'évolution du pH du milieu réactionnel devant le jury avec du papier pH sans que cela lui ait été demandé ; il s'agit d'une bonne initiative à garder.
- Lise a montré comment l'éluant des différentes CCM a été choisi ce qui est très intéressant. Toutefois, **la théorie de la CCM doit être mieux maîtrisée**. Le rapport frontal est plus élevé lorsque l'éluant est plus polaire cela étant du au phénomène de remplacement.
- **L'indice de réfraction est mesuré sur des produits purs**. Le mesurer dans ce cas précis est sans intérêt.
- Lorsqu'on parle d'économie d'atome, il faut faire figurer les facteurs E et Z sur un papier à côté de la paillasse.
- Une base de données de spectres moléculaires intéressante et la **SBDS**.
- Cette manipulation était l'occasion de discuter de la distinction importante entre molécule biosourcé et chimie verte ce qui peut être attendu ici.
- En somme : **Cette expérience est peu convaincante dans ce montage**.

La transition a été bien menée même s'il s'agissait de dire qu'on avait vu un point et qu'on allait passer à un autre de la chimie verte. **On aurait pu insister sur le fait qu'il est quasi impossible de vérifier tous les principes de la chimie verte à chaque expérience.**

II- (26 mn) La manipulation a été bien présentée par Lise et les supports étaient détaillés. Il aurait pu être intéressant de mettre davantage en évidence le catalyseur et son rôle (on peut travailler à base température, il est utilisable en faible quantité (**ajouter les quantités de matières utilisées est intéressant ici**) car c'est lui qui intervient dans une chimie plus respectueuse de l'environnement et des hommes. Les phases de manipulations proposées sont l'essorage, le lavage, et l'acquisition d'un spectre RMN (pourquoi pas un **point de fusion ?**). Les réponses aux questions sur cette partie du montage ont été satisfaisantes. Lise a bien mis l'accent sur le fait qu'on travaillait ici dans l'eau à température ambiante et qu'on utilisait un catalyseur.

- Il faut arrêter de dire **nos** molécules.
- Dans le cadre de ce montage il faut **penser à réutiliser le catalyseur**
- Le discours sur le RMN pourrait être plus clair, un champ B plus important permet une levée de dégénérescence des niveaux d'énergies relatifs au spin plus importante.
- La candidate a passé cinq minutes sans manipuler au début ce qui a été un peu long.

La conclusion du montage (2 mn) a été légèrement bâclée. Les points de la chimie verte auxquels on s'est attaché dans ce montage ont rapidement été évoqués mais aucune ouverture n'a malheureusement été proposée même si justement la manipulation imposée portait sur la cinétique. On aurait pu donc ouvrir sur le fait que les études cinétiques permettent d'optimiser énergétiquement les réactions chimiques et donc se diriger vers une chimie plus respectueuse de l'environnement et des hommes. Une autre ouverture aurait pu porter sur les solvants alternatifs. Encore une autre sur l'utilisation des produits de la biomasse et son intérêt en chimie (cf sujet 2021A).

Manip imposée : (20 mn) La manipulation imposée a été menée de façon satisfaisante et bien contextualisée. Un aspect satisfaisant pour le jury est que la candidate a réfléchi en amont à l'insertion de cette manipulation dans une progression pédagogique et a ainsi proposé plusieurs plans où elle pourrait s'insérer. La candidate a également réfléchi aux adaptations matérielles de la manipulation qui pourraient être effectuées dans un lycée ce qui est un autre point positif. Les phases de manipulations montrées au jury sont la prise de point sur Regressi avec utilisation d'un conductimètre. Le tracé d'une droite et la mise en évidence des incertitudes de mesures avec GUM.

- **Attention** si des points (notamment au début dans ce cas) sont complètement hors de la droite il ne faut pas les prendre pour le tracé et le justifier !
- Il faut réfléchir à la nécessité ou non d'étalonner le conductimètre, le jury posera **toujours** la question car le professeur doit être en mesure de justifier pourquoi un étalonnage est nécessaire ou non.
- Montrer la source majeure d'incertitude avec GUM est très visuel et c'est une bonne initiative.
- Lors d'une mesure de conductimétrie, les espèces chargées se déplacent par **migration** entre les deux plaques.

Conclusion : Une conclusion originale peut être proposée ? Peut-être sur la séquence qui sera abordée à la suite de ce TP. Ou bien en revenant sur le montage portant sur la chimie verte et en expliquant l'intérêt des études cinétiques dans ce contexte.

II- Points positifs

- La qualité des réponses aux questions est plutôt satisfaisante.
- Les gestes manipulatoires sont satisfaisants (à quelques détails près : utilisation d'Erlenmeyer, bain de glace...)
- Lise fait preuve de dynamisme et d'une bonne expression à l'oral ce qui rend la présentation agréable.

III- Points négatifs

- Bien penser à mettre les résultats obtenus sur la feuille présentée au jury ! Ce n'était pas le cas pour la manipulation imposée.
- La théorie de la CCM n'est pas maîtrisée.
- La théorie de la RMN ne semble également pas très bien maîtrisée.
- Les grandeurs obtenues à la suite d'une expérience doivent figurer sur les feuilles sur la paillasse tout comme l'interprétation des spectres ce qui n'était pas toujours le cas.

IV- Quelques pistes d'améliorations et proposition d'expériences

On peut proposer diverses manipulations qui pourraient s'inscrire dans la thématique d'une chimie plus respectueuse de l'environnement et des hommes.

- La chalcone (oui le jury en a un peu marre mais on peut proposer de la faire en ballon avec solvant et sans solvant et comparer les déchets, l'intérêt et de discuter économie d'atome).
 - Phases de manipulations intéressantes : Essorage, lavage, recristallisation, point de fusion, CCM, IR, RMN.
 - Points du montage abordé : Solvant vert pour le traitement, économie d'atome, température ambiante.

- Suzuki (Grüber p.392).
 - Phases de manipulations intéressantes : Lancement avec réutilisation du catalyseur, essorage, lavage, point de fusion, CCM.
 - Points du montage abordé : La catalyse, la réutilisation du catalyseur, on peut essayer de faire la manip sans chauffer, manipulation dans l'eau.

- Carotte (JCE 2006 n°7 vol 83)
 - Phases de manipulations intéressantes : CCM, extraction liquide-liquide, relargage, séchage sulfate de magnésium, colonne chromatographie, RMN, IR, pouvoir rotatoire.
 - Points du montage abordé : Conditions douces de synthèse, les solvants utilisés pour les extractions ne sont pas trop nocifs pour l'expérimentateur, la manipulation peut-être relancée en réutilisant le catalyseur.

- Oxydation du menthol en menthone (Porteu de Buchère p.320)
 - Phases de manipulations intéressantes : Arrêt de la réaction avec ajout d'agent réducteur, extraction liquide-liquide, relargage, CCM, IR, indice de réfraction.
 - Points du montage abordé : Réactifs peu dangereux, conditions douces, extraction liquide liquide menée avec le cyclohexane peu toxique.

Vous pouvez également consulter mes plans sur le site : <https://perso.ens-lyon.fr/loic.cuau/3333/>

Pour toutes questions, n'hésitez pas à me contacter par mail : loic.cuau@ens-lyon.fr