

Compte rendu sur le TP de démarche d'investigation

Classe de PCSI 2 au Lycée Stanislas (Paris 6^{ème})

Le 17 Juin 2010

Ludivine Heliot

D'après l'article de l'Actualité Chimique n°333.
Aout-Septembre 2009.

Le TP concernait le dosage de la Vitamine C contenue dans un cachet de Vitascorbol®.

Le but était que les étudiants réalisent leur propre protocole, qu'ils le mettent en œuvre et enfin qu'ils discutent sur la précision de leurs résultats.

I. Organisation de la séance.

Les élèves étaient répartis en 4 groupes : 3 groupes composés de 4 étudiants et un de 5 étudiants. L'idée était de laisser les étudiants partager leurs idées et de les confronter au sein du groupe, à ce titre le travail en groupe de 4 a été préféré au travail en binôme auquel ils sont habitués.

La séance était prévue sur 3h30.

Le sujet comporte le but du TP, le matériel et les produits disponibles ainsi que quelques données d'oxydoréduction. Une information a été rajoutée par rapport au texte de l'actualité chimique : « la réaction d'oxydation de l'acide ascorbique est lente ».

L'équipe enseignante était composée de deux professeurs : une collègue, Anne-Sophie Piette, et moi-même. Ainsi, il nous a été facile de mener une discussion avec les étudiants dès lors qu'ils en avaient besoin.

II. Commentaires à propos du prélèvement de l'acide ascorbique du cachet fourni.

2 groupes sur 4 ont proposé facilement de broyer puis dissoudre le cachet dans de l'eau distillée, aidés par les pilons disposés sur leurs paillasse. L'idée de n'en prélever qu'une partie a été déduite après l'étude préliminaire concernant le dosage indirect. L'utilisation de fioles jaugées et de pipettes jaugées pour le prélèvement d'une quantité de matière plus faible a été bien menée. À noter toutefois qu'ils n'ont eu l'idée de filtrer les excipients que plus tard, lorsque ceux-ci « flottaient » dans leur bécher de titrage....

Un des groupes était bloqué quant à la façon de ne prélever qu'une certaine quantité de matière et ne voyait pas comment procéder. Nous l'avons orienté vers la dissolution en fiole jaugée.

Le dernier groupe a choisi de mesurer une quantité de matière plus petite d'acide ascorbique à l'aide de la balance de précision fournie. Pour cela, ils ont d'abord calculé le pourcentage d'acide ascorbique théoriquement présent dans un cachet de masse connue.

III. Commentaires à propos du dosage indirect de l'acide ascorbique.

Après lecture du sujet, les étudiants ont rapidement vu qu'il était nécessaire de mener un titrage indirect. 3 groupes sur 4 se sont directement penchés sur cette idée, le dernier groupe était resté sur l'idée d'un titrage direct, bien qu'étant gêné par l'information indiquant que la réaction était lente.

La mise en œuvre de ce titrage indirect a été ensuite bien réalisée.

À noter toutefois que 2 groupes voulaient doser l'iodure formé et non le diiode restant. Chose surprenante, un des élèves interrogé sur ce sujet s'est auto-corrigé à l'oral lorsqu'une discussion s'est engagée avec un des professeurs.

Le choix des volumes équivalents (et donc l'écriture des réactions successives ainsi que les relations mathématiques qui en découlent) n'a posé de problème à aucun des 4 groupes.

À noter qu'un des groupes, composé d'étudiants parfois têtus, voulait tester une prise d'essai sans s'être posé la question du volume équivalent attendu, quitte à recommencer après ! Il a fallu parfois les empêcher de « foncer tête baissée ».

Certains étudiants se sont posé la question du temps nécessaire pour convertir la totalité d'acide ascorbique en acide déshydroascorbique grâce au diiode. Certains ont même proposé un suivi par mesure de l'absorbance de la solution de diiode afin de pouvoir conclure que la réaction n'évoluait plus.

IV. Commentaires à propos de la discussion sur la précision de leurs manipulations.

Lorsqu'il a fallu commenter leurs résultats, les élèves ont spontanément pensé aux imprécisions de mesure. Sont cités :

- Les précisions du matériel (fiole, burette, pipette...)
- L'imprécision due à l'œil de l'expérimentateur lors d'un dosage colorimétrique
- L'imprécision sur le temps de réaction nécessaire à convertir toute la quantité d'acide ascorbique en acide déshydroascorbique.
- Pertes de quantité de matière d'acide ascorbique lors du broyage, des prélèvements...

Cependant, comme cela avait déjà été remarqué par les professeurs qui ont rédigé l'article cité, aucun des élèves n'a remarqué par lui-même que les concentrations des

réactifs titrants n'étaient pas étalonnées. Lorsque les professeurs leur ont demandé de regarder la précision des données numériques fournies, l'idée leur est venue qu'il fallait à présent titrer les réactifs titrants ! (I_2 et $S_2O_3^{2-}$).

V. Commentaires sur l'étalonnage des solutions titrantes.

La réaction de retrodismutation à pH acide des ions iodate en présence d'ions iodure avait été fournie aux étudiants, alors que l'article proposait de fournir un diagramme potentiel-pH. Ce choix pédagogique s'explique par le fait qu'en classe de première année, les élèves ne connaissent pas ces diagrammes mais ils connaissent la notion de dismutation.

Il est apparu facile pour la plupart des étudiants de choisir l'iodate pour réactif étalon après avoir passé la liste des produits en revue. En effet, l'iodate était le seul réactif proposé dont il était possible de mesurer la quantité de matière avec **une** précision suffisante.

La difficulté venait ensuite d'organiser les idées pour en déduire un protocole.

Pour 3 groupes d'étudiants, cela a été correctement mené, avec une surprise de la part d'un des groupes qui propose une solution différente de celle envisagée par l'article mais qui s'est révélée être aussi un choix possible. Pour le dernier groupe, cela a été plus difficile. Nous les avons alors guidés en leur indiquant que des deux réactifs à titrer, c'est la solution de thiosulfate qui doit être étalonnée en premier. À partir de cette information, les élèves s'en sont sortis.

Comme précédemment, la difficulté de cet exercice n'a pas été le calcul des volumes équivalents et des quantités de matière à prélever, mais plutôt de comprendre qu'il fallait créer une solution de diiode de concentration précise à partir de la réaction de retrodismutation. Une fois les calculs faits et la méthode bien comprise, cela a été rapide de la mettre en œuvre.

À noter toutefois qu'un des groupes a été gêné par le fait que le réactif à titrer (thiosulfate) se trouvait dans la burette et le réactif titrant (diiode) se trouvait dans le bécher. Rien d'étonnant car les élèves n'ont pas l'habitude d'étalonner leurs réactifs titrants.

Le groupe qui avait trouvé une méthode de titrage différente a procédé comme suit :

- dosage du thiosulfate par l'iodate qui fournit des ions iodure
- passée l'équivalence, l'iodate en excès réagit avec les ions iodures formés avant l'équivalence pour fournir du diiode dont la coloration est repérée par des gouttes d'empois d'amidon (cette réaction ayant lieu en milieu acide).

Cette méthode a fonctionné mais le volume équivalent mesuré était différent de 2 mL par rapport à celui attendu. Une des raisons avancées est la difficulté à dissoudre l'iodate dans l'eau distillée, ce qui implique des imprécisions dans la concentration d'iodate.

VI. Conclusions sur la séance.

Le premier point à noter est l'engouement des étudiants pour ce TP. Ils se sont largement impliqués dans ce défi et ce, tout au long des 3h30 de TP. Seule une minorité d'élèves (2 ou 3) ne se sont pas assez mobilisés. Il apparaît peut être judicieux de restreindre à 3 le nombre d'étudiants par groupe afin que chacun se sente impliqué.

Certains étudiants ont été très sensibles à l'effet d'émulation sous-jacent à ce TP, et mettaient un point d'orgue à terminer les premiers, avec la valeur la plus proche à celle indiquée sur la boîte. De ce fait, le rythme du TP a été soutenu, sans que l'enseignant ait à « pousser » les étudiants à en faire le maximum.

Du point de vue enseignant, il est donc très agréable de mener une telle séance, car notre rôle est de guider les élèves, mais le « gros » du travail vient d'eux. L'attitude des élèves au travail est surprenante, d'autant plus que cette séance du 17 juin est la dernière de l'année.

Au niveau disciplinaire, cette séance m'a permis de vérifier que beaucoup d'objectifs cognitifs d'une année de TP de sup étaient atteints : les étudiants n'ont aucune difficulté à citer les 3 caractéristiques d'une réaction de dosage (quantitatif, rapide et spécifique) et ils sont en mesure de proposer des méthodes de suivi de titrage, ainsi que d'évaluer laquelle est la plus propice.

De plus, certains élèves se sont posés des questions tout seuls, concernant le matériel ou le principe du TP : cela leur a sans doute permis de faire le bilan de ce qu'ils savaient (ou pas !) sur les réactions de dosage et l'oxydoréduction en général. Comme exemple, on peut citer un élève qui, soucieux de bien faire (soucieux de trouver la valeur la plus proche de celle de la boîte...), s'est posé des questions sur la façon de lire le volume équivalent sur la burette ! Alors que ce sont les mêmes burettes utilisées depuis Septembre et que leur utilisation a déjà été expliquée plusieurs fois...

On retiendra donc que la démarche d'investigation est un atout dans le sens où les étudiants sont maîtres de leur apprentissage. Cette autonomie à laquelle ils ne sont pas habitués les a valorisés dans leur travail et cela leur a été bénéfique. Les étudiants ont demandé pourquoi ils ne faisaient pas plus souvent de telles séances ! Cela leur a donc certainement plu...

Pour finir, en ce qui me concerne, j'ai retrouvé le plaisir de mener de telles séances auxquelles j'avais été formée lors de mon stage en responsabilité en classe de seconde l'année passée. De plus, il apparaît certainement intéressant de mener des réflexions pédagogiques même en CPGE, et j'espère pouvoir mener ma future carrière dans ce sens.