

Complément à l'article « Évaluer les activités expérimentales... », Xavier Bataille, Erwan Beauvineau, Julien Calafell, Nicolas Cheymol, Anne Szymczak et Michel Vigneron (*L'Act. Chim.*, 2010, 344, p. 15)

Annexe 1 - Quelques pistes de problèmes ouverts pour travailler une compétence donnée

• « Être autonome, faire preuve d'esprit d'initiative » : remettre en question un protocole

Il est possible de proposer un protocole complètement rédigé et de demander aux élèves de faire preuve d'esprit d'initiative sur un point précis, par exemple la réalisation :

- d'une fiche illustrée sur l'une des techniques mises en jeu,
- d'un poster sur la réaction réalisée,
- d'une modification d'une des conditions de réaction (séparation, purification, analyse...),
- de l'élaboration d'une base de données, de type Handbook® de la classe ou de l'établissement, par les élèves.

Ou encore de :

- partir d'un travail antérieur d'élèves (sous forme de comptes rendus, de rapports, de projets...) afin que les autres groupes l'approfondissent ou explorent d'autres pistes,
- comparer les résultats proposés dans le protocole et ceux de l'élève,
- en synthèse organique, engager une discussion sur le rendement obtenu et la manière de l'améliorer.

• « S'approprier » : inciter les élèves à la recherche bibliographique

Sensibiliser les élèves à exploiter la recherche bibliographique semble essentiel dans leur formation et cela, le plus tôt possible. On peut ainsi demander de :

- rechercher sur Internet une fiche de sécurité des produits,
- rechercher des éléments historiques associés au protocole,
- rechercher dans des ouvrages un protocole expérimental,
- comparer des protocoles expérimentaux provenant de différents ouvrages, pour la même réaction,
- utiliser des ouvrages de données pour interpréter les résultats d'une expérience ou pour comparer avec ses propres résultats.

En synthèse organique, notamment dans le post-bac, une recherche bibliographique peut permettre de montrer l'intérêt de la réaction étudiée. Lors d'une séance expérimentale illustrant des aspects de la chimie moderne (réaction de Wittig, Diels-Alder, une synthèse asymétrique...), les élèves ne montrent pas plus d'intérêt pour cette expérience que pour une substitution nucléophile, voire une simple réaction de précipitation. Ils n'ont pas forcément encore pris conscience de l'intérêt de la réaction envisagée dans le domaine de la synthèse organique. Le recours à la bibliographie et la comparaison de différentes méthodes pour obtenir un produit donné peut donner davantage de sens et donc motiver les élèves.

Pour montrer l'intérêt de l'utilisation de techniques modernes comme par exemple l'utilisation des micro-ondes ou des ultrasons, un groupe travaille dans des conditions classiques d'activation et un autre groupe réalise la même synthèse sous activation micro-ondes, et en fin de séance, les deux méthodes sont comparées : avantages et inconvénients.

• « Analyser, valider » : développer l'esprit critique

Il s'agit d'apprendre aux élèves à s'approprier des connaissances, à faire preuve d'esprit critique et de réflexion par une implication dans le processus de validation de la technique.

Lors d'un cours sur les titrages acido-basiques, une courbe de titrage pH-métrique est présentée pour expliquer le choix d'un indicateur coloré. L'élève apprend que s'il choisit tel ou tel indicateur, il risque d'avoir un volume sous- ou sur-évalué... Hélas, si lors d'un autre titrage on pose à l'élève la même question, on s'aperçoit qu'il se trouve souvent désarmé face au choix de l'indicateur coloré et ne sait toujours pas comment procéder. Dans ces conditions, on peut proposer la question suivante : comment choisir un indicateur de fin de réaction afin de ne pas sur- ou sous-évaluer le volume de réactif titrant ajouté à l'équivalence ? Le même titrage peut être réalisé par des binômes qui utilisent des indicateurs colorés différents : les volumes seront alors comparés (sans oublier de faire un test de répétabilité). Ce titrage peut être couplé à un suivi pH-métrique et/ou conductimétrique, ce qui permettrait d'avoir une valeur indépendante de l'indicateur choisi. Il peut être intéressant de réaliser les trois méthodes simultanément, au cours d'un même titrage, voire de faire un traitement de type Gran. Ce type de raisonnement peut être adapté pour n'importe quelle méthode de titrage (redox, complexométrie) avec toujours une idée en tête : la vérification doit être indépendante et validée.

Annexe 2

Activité 1 : titrage des ions hydrogénocarbonate dans une eau minérale

SITUATION DE DEPART : on souhaite titrer les ions hydrogénocarbonate HCO_3^- dans une eau minérale. On vous laisse pour cette manipulation une grande marge de manœuvre. Tout d'abord sur la technique, on vous laisse le choix :

- entre la conductimétrie, l'utilisation d'indicateurs colorés et la pH-métrie ;
- de la nature et de la concentration de la solution titrante (vous disposez de diverses fioles et pipettes jaugées pour réaliser des dilutions) : acide acétique glacial, acide chlorhydrique à $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$, acide sulfurique à $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$.

PROBLEME A RESOUDRE

Nous vous proposons de réaliser ce titrage pour déterminer la concentration en ions hydrogénocarbonate dans l'eau minérale. Avant de vous lancer dans la réalisation du titrage, nous vous conseillons d'utiliser le logiciel Dozzaqueux permettant de simuler les courbes de titrage, quelques données physico-chimiques (pK_A , zones de virage des principaux indicateurs colorés, conductivités molaires ioniques limites à 25°C et masses molaires) et l'étiquette donnant la composition de l'eau minérale.

REDACTION DU COMPTE RENDU

Il faudra exposer dans le compte rendu le raisonnement suivi (justifier le choix de la méthode, la nature et la concentration de la solution titrante) et les résultats obtenus (équations de réactions, applications numériques, courbes expérimentales et simulées, etc.).

Les grilles sont les mêmes que celle de l'activité 1.

DONNEES

pK_A à 25°C

Couple	$\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$	$\text{HCOOH}/\text{HCOO}^-$	$\text{H}_2\text{O}, \text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$	$\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$	$\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$	$\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HSO}_4^-$	$\text{HSO}_4^-/\text{SO}_4^{2-}$
pK_A	4,8	3,8	6,3	10,3	9,2	$\text{pK}_A < 0$	2,0

Zones de virage des principaux indicateurs colorés utilisés

Indicateur coloré	Zone de virage	Couleur de la forme acide	Couleur de la forme basique
Bleu de thymol	1,2 – 2,8	Rouge	Jaune
Diméthylorange	2,9 – 4,0	Rouge	Jaune
Hélianthine	3,1 – 4,4	Rouge	Jaune
Vert de bromocrésol	4,0 – 5,6	Jaune	Bleu
Bleu de bromothymol	6,2 – 7,6	Jaune	Bleu
Rouge de crésol	7,2 – 8,8	Jaune	Rouge
Phénolphtaléine	8,0 – 10,0	Incolore	Rose
Jaune d'alizarine	10,0 – 12,0	Jaune	Rouge

Conductivité molaire ionique limite à 25°C

Ion	H^+	OH^-	CH_3COO^-	Na^+	Cl^-	HCO_3^-
$\lambda_i^0 (\text{S.m}^2.\text{mol}^{-1})$	350×10^{-4}	199×10^{-4}	41×10^{-4}	50×10^{-4}	76×10^{-4}	45×10^{-4}

Activité 2 : titrage d'un mélange par pH-métrie

SITUATION DE DEPART

Dans un bécher, nous avons mélangé trois solutions : 10,0 mL d'une solution S_1 de soude de concentration C_1 , 5,0 mL d'une solution S_2 de chlorure d'ammonium à la concentration C_2 , 5,0 mL d'une solution S_3 de concentration notée C_3 . La solution S_3 était mal étiquetée, elle était sur une étagère qui correspondait aux ions carboxylate, mais il y a un doute sur sa nature exacte : il peut en effet s'agir d'éthanoate de sodium ou de méthanoate de sodium.

PROBLEMES A RESOUDRE

Nous proposons de réaliser le titrage du mélange par une solution d'acide chlorhydrique à $5,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ pour résoudre les problèmes ci-dessous en relation avec la situation précédente. Nous demandons ici d'identifier avec certitude la nature de S_3 . Si cela est possible, nous vous demandons de déterminer les concentrations C_1 , C_2 et C_3 et

de prévoir l'allure de la courbe de titrage si nous avons mélangé 5,0 mL de la solution S₁, 10,0 mL de S₂ et 5,0 mL de S₃.

Pour traiter les résultats expérimentaux, vous utiliserez le logiciel Regressi® et pour interpréter ou prévoir les résultats, vous pourrez utiliser une partie des données situées en fin de sujet.

MATERIEL DISPONIBLE : pH-mètre avec ses électrodes, logiciel de simulation.

PROPOSITION DE GRILLE D'ÉVALUATION (à distribuer aux élèves avant la séance)

Compétences mises en jeu pour résoudre ce problème		Oui/Non/ ?
APP. S'APPROPRIER		
Se mobiliser en cohérence avec les consignes données		
Adopter une attitude critique et réfléchie vis-à-vis de l'information disponible		
REA. RÉALISER		
Réaliser le dispositif expérimental correspondant au protocole		
Respecter les règles de sécurité		
Maîtriser certains gestes techniques (choix et utilisation de la verrerie)		
Observer et décrire les phénomènes		
ANA. ANALYSER		
Formuler une hypothèse et proposer une méthode pour la valider		
Proposer et/ou justifier un protocole, identifier les paramètres pertinents		
VAL. VALIDER		
Extraire des informations des données expérimentales et les exploiter		
Estimer l'incertitude d'une mesure unique ou d'une série de mesures		
Analyser l'ensemble des résultats de façon critique et faire des propositions pour améliorer la démarche ou le modèle		
COM. COMMUNIQUER : rendre compte de façon orale		
Transmettre de l'information de manière synthétique et claire		
Résumer sa démarche		
Écouter, assimiler		
AUTO. ÊTRE AUTONOME, FAIRE PREUVE D'INITIATIVE : s'impliquer		
Prendre des initiatives, des décisions, anticiper		
Travailler en autonomie (sans le professeur)		
Travailler en équipe (gestion du groupe)		

REDACTION DU COMPTE RENDU

Exposer dans le compte rendu le raisonnement suivi et les résultats obtenus (équations de réaction, applications numériques, courbes expérimentales etc.).

Compétences attendues		Oui/Non/ ?
COM. COMMUNIQUER : rendre compte de façon écrite		
Transmettre de l'information de manière synthétique et structurée		
Résumer sa démarche		
Légender les courbes et les tracés		
Présenter les résultats numériques sous une forme adaptée		
Décrire les protocoles non fournis par l'énoncé		
Rédiger des documents de qualité (rapports ; orthographe, grammaire)		
Utiliser les TIC		
Conclure de manière critique		

Annexe 3 - Grille d'auto-évaluation distribuée aux élèves

	Compétences « Réa » (Réaliser) : maîtriser certains gestes techniques	Oui	Non	?
Utilisation du banc Kofler				
1	Connaître le principe physique de fonctionnement d'un banc Kofler			
2	Définir le domaine d'utilisation d'un banc Kofler			
3	Choisir et prélever un étalon adéquat			
4	Étalonner un banc Kofler			
5	Nettoyer un banc Kofler			
6	Avoir une idée des conséquences sur la mesure de la présence d'impuretés			
7	Mesurer la température de fusion d'un solide			
8	Faire preuve d'esprit critique vis-à-vis de la valeur mesurée			
Utilisation du réfractomètre d'Abbe				
9	Connaître le principe physique de fonctionnement d'un réfractomètre			
10	Étalonner un réfractomètre			
11	Avoir une idée des conséquences de la présence d'impuretés sur la mesure			
12	Mesurer l'indice de réfraction d'un liquide			
13	Faire preuve d'esprit critique vis-à-vis de la valeur mesurée			

Annexe 4

Extrait du texte de Florence Robine, inspectrice générale de l'Éducation nationale, co-rapporteur du rapport « Les livrets de compétences : nouveaux outils pour l'évaluation des acquis » (Houchot A., Robine F., Rapport n°2007-048, juin 2007, www.education.gouv.fr/cid5579/les-livrets-de-competences-nouveaux-outils-pour-l-evaluation-des-acquis.html)

[...] Le système traditionnel français de notation a longtemps été lié à une pédagogie de l'émulation ou de la contrainte, promouvant une évaluation de type « récompense-punition ». Ce système a été mis en cause par de nombreux analystes, du fait du caractère illusoire du contrôle précis des acquis via la méthodologie « notes-classement », et de par la nécessité d'une meilleure prise en compte de la démarche intellectuelle et des progrès des élèves. De fait, les enseignants connaissent souvent assez bien les capacités des élèves et leur niveau de maîtrise ; mais la traduction en notes, et surtout en note moyenne par discipline, efface les qualités de leurs analyses. « La note est donc relative, peu fidèle, peu explicite. Et pourtant, elle est admise par tous, élèves, parents, enseignants, chefs d'établissement. C'est le support de (presque) tout dialogue sur les acquis des élèves » [...] De plus, cette moyenne intègre de manière indifférenciée des évaluations diagnostiques, formatives et sommatives [...].

L'évaluation diagnostique n'est pas encore une pratique courante, et lorsqu'elle est pratiquée elle reste inégalement exploitée. De même, l'évaluation formative, que beaucoup de professeurs pratiquent au quotidien très naturellement, est peu suivie d'effets en termes d'information communiquée aux élèves, aux familles, aux différents acteurs de la remédiation (soutien scolaire, aide aux devoirs). Cette forme d'évaluation est, de plus, partiellement grevée par le délicat statut de l'erreur dans le contexte scolaire français, dont on a vu l'incidence par exemple sur le taux record de non réponses des élèves français aux évaluations PISA. C'est finalement l'évaluation bilan, sommative, qui remporte majoritairement les suffrages des professeurs, au point que ceux-ci ne font spontanément que peu de différence entre évaluation et notation.

Les missions traditionnelles de l'école restent fondamentalement au cœur du système de formation : transmettre la culture et les valeurs communes de notre république, forger une conception humaniste de notre société, permettre à chaque jeune de trouver sa place et de se sentir partie prenante du monde dans lequel il vit.

La pérennité de ces conceptions ne saurait masquer cependant les profondes et rapides mutations du contexte économique, social, politique dans lequel l'école est immergée et auquel, d'une manière ou d'une autre, elle doit préparer le futur adulte qu'elle forme.

L'explosion des connaissances, l'évolution des moyens d'action sur le proche environnement de l'être humain, le développement grandissant des technologies de l'information et de la communication, entraînent de fait une « mondialisation » des activités humaines. Dans cette société en perpétuelle mutation, il convient donc de s'adapter graduellement aux nouvelles conditions, de développer des capacités de réactivité aux changements technologiques, économiques, de s'approprier les savoirs nécessaires pour résoudre les nouveaux problèmes qui se présenteront dans la vie professionnelle, citoyenne et privée, tout en faisant preuve de maîtrise sur ces évolutions et de compréhension critique du monde qui se construit (dans ses aspects sociétaux, économiques, politiques). Ainsi s'exprime le Parlement européen et le Conseil de l'Union européenne, dans leurs recommandations adoptées le 18 décembre 2006 ; recommandations sur lesquelles s'appuie explicitement le socle commun de connaissances et de compétences :

« Elles [les compétences clés] sont particulièrement nécessaires à l'épanouissement et au développement personnels des individus, à leur inclusion sociale, à la citoyenneté active et à l'emploi. Les compétences clés sont essentielles dans une société fondée sur la connaissance et garantissent davantage de souplesse de la main d'œuvre. La flexibilité de celle-ci lui permet de s'adapter plus rapidement à l'évolution constante du monde caractérisé par une plus grande interconnexion. Elles constituent également un facteur essentiel d'innovation, de productivité et de compétitivité, et contribuent à la motivation et à la satisfaction des travailleurs, ainsi qu'à la qualité du travail. »

L'approche des apprentissages par les compétences reprend à son compte l'ambitieux dessein, toujours poursuivi par l'école mais rarement atteint, de lutter contre les savoirs morts, les connaissances inertes, celles-là même que Whitehead fustigeait déjà en 1929 : « lorsque nous proposons une tâche cognitive aux enfants, nous devons être conscients du danger que représentent ce que j'appelle les idées inertes, c'est-à-dire les idées qui sont reçues par le cerveau sans être utilisées, mises à l'épreuve ou employées dans de nouvelles combinaisons. » Nombreux sont les observateurs (professeurs, inspecteurs) qui attestent de la maîtrise par certains élèves des connaissances nécessaires pour réussir les contrôles ou examens scolaires, et de leur grande difficulté à mobiliser ces savoirs pour comprendre et agir dans une situation concrète de la vie quotidienne, ou pour résoudre un problème nouveau dans un contexte scolaire.

L'approche par les compétences doit viser à lutter contre la fragmentation des apprentissages – telle qu'elle est mise en œuvre dans les stratégies de pédagogie par objectifs – en redonnant à ceux-ci une finalité visible, tout en conservant les objectifs de maîtrise des savoirs fondamentaux ou plus complexes dans leur mise en œuvre effective et leur mise en synergie, en s'attaquant à la difficile problématique du transfert des connaissances d'un contexte à un autre.

La focalisation sur la notion de compétences permet donc de porter une attention accrue aux processus d'apprentissage, à la façon dont l'élève apprend et utilise ses connaissances, et finalement au fonctionnement cognitif des individus. Elle ne disqualifie pas, loin de là, l'absolue nécessité d'ancrer les apprentissages sur l'acquisition rigoureuse, étayée, de connaissances solides sans lesquelles les compétences visées ne seraient que châteaux de sable. Mais elle rappelle l'ardente obligation de donner du sens aux savoirs enseignés à l'école, d'en augmenter la portée au-delà de l'horizon de la seule réussite aux épreuves scolaires, et de mettre au premier rang des missions de l'école la formation de la pensée autonome [...]