

Actes du 16^e colloque de l'AQPC



MOI, J'ENSEIGNE AU COLLÉGIAL...
LE CONTEXTE ACTUEL ET SES EXIGENCES

6B39

Évaluation intégrée des élèves en laboratoire

Eddy Flamand
Professeur
Collège de Jonquière



Association québécoise
de pédagogie collégiale

ÉVALUATION INTÉGRÉE DES ÉLÈVES EN LABORATOIRE

Eddy Flamand, professeur
Collège de Jonquière

La bourrasque, sinon la tornade, en train de secouer l'enseignement collégial depuis quelque temps a amené de nombreux professeurs à s'interroger non seulement sur leurs pratiques pédagogiques, mais aussi sur certaines méthodes d'évaluation appliquées jusqu'à maintenant. Le renouvellement graduel du personnel enseignant contribue aussi de façon significative à cette remise en question de systèmes bien établis et sécurisants, ayant été appliqués à d'innombrables cohortes d'élèves. Il faut toutefois convenir que ces systèmes ne permettaient d'évaluer que certains aspects des activités en laboratoire. L'intention, ici, n'est pas de faire le procès des systèmes d'évaluation actuels, mais de présenter une expérience vécue par trois professeurs de chimie avec un groupe de soixante-cinq élèves du programme de sciences de la nature du Cégep de Jonquière. La méthode décrite a été implantée de façon progressive pour y inclure, l'automne dernier, un élément supplémentaire, celui de l'évaluation d'habiletés techniques et d'attitudes, ce qui à notre avis assure une évaluation plus complète. Au cours de cet exposé, nous montrerons les avantages de l'utilisation de ce mode d'évaluation tout en présentant ses limites et ses inconvénients.

Méthodes actuelles et contexte de réalisation

En nous fondant sur l'expérience de notre Cégep et sur des informations glanées ici et là pour connaître ce qui se fait dans d'autres collèges, on peut affirmer que la majorité de nos collègues en chimie évaluent les élèves en laboratoire principalement d'après les **comptes rendus** rédigés à la suite de leurs expériences. Certains y ajoutent des **examens de laboratoire** portant sur le contenu des notions théoriques sur lesquelles l'expérience est fondée. Dans certains cas, l'élève doit remplir un **questionnaire** portant sur l'expérience à réaliser et constituant la preuve de sa préparation; dans le jargon disciplinaire, ce questionnaire est désigné par l'expression «test pré-lab». Dans certains domaines, plus spécifiques, telle la chimie organique, on exigera éventuellement que l'élève tienne un **cahier de laboratoire** dans lequel il consigne ses observations et ses notes personnelles pendant le déroulement de l'expérience.

De façon générale, ces outils d'évaluation couvrent les objectifs d'apprentissage visés par un laboratoire, sauf ce qui concerne les habiletés techniques et les attitudes, éléments essentiels de tout scientifique compétent et performant. Il nous paraissait donc nécessaire qu'elles soient vérifiées au collège. Aussi, le mode d'évaluation expérimenté prend en compte l'ensemble des éléments précédents; ils sont toutefois pondérés de façon à réduire

l'importance accordée aux comptes rendus et en tenant compte, croyons-nous, de l'ensemble des activités de l'élève en laboratoire.

Il faut aussi noter que les élèves faisant l'objet de cette expérimentation avaient déjà une bonne expérience du travail en laboratoire, puisqu'il s'agissait de leur troisième cours de chimie. Ils connaissaient déjà le matériel courant de laboratoire et étaient à l'aise avec le déroulement d'expériences simples. Par contre, il s'agissait de leurs premières expériences individuelles, et ils n'avaient pas eu l'occasion d'utiliser du matériel spécialisé ni de réaliser des montages plus complexes. Au moment d'accéder à ce niveau du programme des sciences de la nature, les élèves possèdent un bon bagage scientifique, bien qu'il n'ait pas été toujours appliqué à des expériences variées.

Activités au laboratoire de chimie organique

Le laboratoire de chimie, et plus particulièrement celui de chimie organique, représente un milieu d'apprentissage très diversifié et souvent complexe. L'élève doit faire appel à des **notions**, souvent théoriques, qu'il a plus ou moins **approfondies dans des cours antérieurs de chimie**, et qu'il doit maintenant appliquer dans un contexte pratique. Par exemple, dans le cours de *Chimie des solutions*, il apprend la notion de solubilité, laquelle lui permet de prédire avec plus ou moins de certitude que certaines substances, tel l'alcool, sont solubles dans l'eau, tandis que d'autres, le pétrole notamment, ne le sont pas. Ce pouvoir de prédiction concernant la solubilité pourra être confronté à la réalité dans la recherche d'un solvant de recristallisation. D'autres exemples concernant le rappel de notions de cours antérieurs pourraient être donnés, entre autres celle de la pression de vapeur et de certaines lois qui en découlent, lesquelles rendent compte des phénomènes de distillation et d'entraînement à la vapeur. C'est aussi le cas de la spectroscopie infrarouge qui permet au professeur de rappeler les divers domaines des radiations électromagnétiques et des phénomènes d'absorption d'énergie.

L'élève apprend aussi de **nouveaux concepts**, notamment la réfraction, et il découvre que **certains d'entre eux s'étendent à des domaines plus vastes**, entre autres que l'étude de l'absorption de certaines radiations conduit à une meilleure connaissance de la structure des composés chimiques.

L'élève atteint aussi un assez haut niveau de compréhension et de synthèse en appliquant ses connaissances théoriques à la **résolution de problèmes**

pratiques : séparer des composés liquides, purifier des substances solides, extraire des substances de produits naturels, préparer des composés chimiques, contrôler la pureté des produits isolés ou préparés par la mesure de leurs constantes physiques ou par le tracé et l'interprétation de leurs spectres infrarouges.

L'élève est amené graduellement à **maîtriser des techniques de laboratoire** sans lesquelles un scientifique ne peut mener ses travaux à terme. En conséquence, il doit utiliser non seulement le matériel courant de laboratoire, mais aussi du matériel plus spécialisé, propre à un laboratoire de chimie organique, habituellement une trousse de matériel en verre à joints rodés permettant de monter rapidement des appareillages plus ou moins complexes. Il doit aussi se servir d'appareils destinés à un usage spécifique, tels que réfractomètre, appareil à point de fusion, spectrophotomètre infrarouge, permettant d'aborder des domaines d'application plus spécialisés.

Le laboratoire constitue un milieu propice au développement de certaines **habiletés techniques** et **d'attitudes sécuritaires** propres à assurer un climat de travail intéressant. Ainsi, on observe dans le cheminement des élèves une progression constante quant aux apprentissages reliés au laboratoire.

Programme général du laboratoire de chimie organique

Le laboratoire comprend trente heures de travaux pratiques. Au Cégep de Jonquière, l'horaire prévoit que ces périodes sont réparties sur dix semaines, pas nécessairement consécutives, à raison de trois périodes hebdomadaires. Au lieu de programmer une période d'introduction du professeur avant chaque expérience, laquelle dure habituellement de vingt à trente minutes, nous avons opté pour une approche différente. À intervalles réguliers, le professeur utilise les trois périodes hebdomadaires pour fournir toutes les informations concernant une série d'expériences :

- rappel ou explication des fondements théoriques;
- démonstration des techniques à appliquer;
- précautions et mises en garde;
- montages et utilisation des appareils.

Au cours de ces périodes de planification, l'élève prend les notes qui complètent ou précisent les protocoles expérimentaux, relève les précautions particulières à propos des manipulations, apporte les modifications éventuelles aux montages illustrés. Cet ensemble de remarques est colligé dans son cahier de laboratoire qui lui sert alors de référence, en plus du protocole expérimental déjà fourni. Il est ainsi en mesure de bien préparer sa série d'expériences. Au cours des deux ou trois semaines suivantes, les élèves sont répartis en deux groupes et procèdent, en alternance, à deux ou trois expériences, ce qui permet d'utiliser au maximum les trois périodes hebdomadaires. Après chaque série d'expérimentations, l'élève est soumis à un examen portant

sur les connaissances et la compréhension des expériences réalisées : principes mis en jeu dans l'expérience, explication des techniques appliquées, compréhension de l'ordre des manipulations, etc.

Ces ensembles de planification suivis d'expérimentations occupent environ les deux tiers de la session (six semaines) au cours de laquelle le professeur intervient directement auprès de l'élève. Il corrige les montages, suggère d'améliorer telle technique en refaisant éventuellement une démonstration, rappelle certaines règles de sécurité. Le rôle du professeur consiste à amener progressivement l'élève à une plus grande autonomie.

Dans la dernière partie de la session, l'élève applique une seconde fois la plupart des techniques expérimentées dans la première partie et ce, dans le cadre de la préparation de substances chimiques. Le professeur profite de cette période pour procéder à une évaluation systématique et objective des habiletés techniques et des attitudes générales de l'élève en laboratoire. Il n'intervient que si c'est nécessaire et pour assurer que le déroulement des expériences soit conforme aux règles de sécurité.

Évaluation des apprentissages

Le but recherché était d'en arriver à une évaluation plus complète, reflétant mieux la véritable performance de l'élève. Cette évaluation nous semblait d'autant plus équitable que l'élève ne travaillait pas en équipe (sauf pour une expérience). Le professeur était par conséquent en mesure de porter un jugement assez éclairé sur le travail de l'élève en laboratoire. Aussi, les éléments suivants ont été pris en compte dans l'évaluation des élèves, avec la pondération correspondante indiquée entre parenthèses.

Tenue d'un cahier de laboratoire (20%)

L'élève y a consigné les détails concernant la marche à suivre de l'expérience, laquelle ne doit pas être une copie du protocole expérimental. Ces détails sont ceux notés lors de la démonstration du professeur et éventuellement complétés et réorganisés pendant la semaine précédant l'expérience. L'élève y reproduit notamment les schémas des montages, les tableaux de constantes et les précautions à prendre. Ce cahier fait foi, dans une certaine mesure, de la préparation de l'élève à l'expérience. Pendant le déroulement de l'expérimentation, l'élève note ses observations et ses remarques. Ce cahier est d'abord évalué de façon sommaire au cours de la séance de laboratoire par une cote, A, B ou C, puis il est soumis à un contrôle plus rigoureux à la fin de la série d'expériences.

Examens de laboratoire (20%)

Deux examens de laboratoire portent sur les connaissances des principes sur lesquels sont fondées les techniques appliquées et sur les justifications de certaines manipulations décrites dans les protocoles expérimentaux.

Comptes rendus (40%)

L'élève rédige quatre brefs comptes rendus (20%) dont les éléments sont déterminés par le professeur. Ils comprennent généralement la présentation des résultats (masse, constantes physiques répertoriées et mesurées, tracé et interprétation des spectres infrarouges), des calculs, le cas échéant, et une brève discussion. À ce stade, l'habileté de l'élève est partiellement évaluée, car le professeur tient compte de la quantité et de la qualité de la substance isolée ou préparée. Il contrôle notamment la quantité. Le professeur corrige rapidement ces comptes rendus afin de bien préparer l'élève à la rédaction d'un compte rendu complet, réalisé pour l'une des dernières expériences. Ces éléments sont : but, théorie, schéma de montage, calculs, résultats, interprétation des spectres, discussion et conclusion. Le professeur tient compte de la qualité de la présentation et du français.

Habiletés et attitudes (20%)

Durant les trois dernières semaines, l'habileté technique de l'élève et son attitude générale sont évaluées à partir de fiches d'observation. Le professeur n'intervient plus alors auprès de l'élève, sauf en cas de nécessité ou d'urgence. Il évalue l'élève sur des techniques appliquées dans des expériences précédentes, telles que la distillation fractionnée, le tracé de spectres infrarouges, la recristallisation. Il évalue aussi si l'expérience est réalisée dans les délais prévus, sans bris de matériel, ce qui permet de juger aussi son habileté technique. La fiche d'observation permet également de coter l'attitude générale de l'élève, notamment ce qui concerne le rangement du matériel, la propreté du poste de travail après avoir quitté le laboratoire, le port constant de verres de sécurité.

Ces fiches ont d'abord été conçues à l'aide d'un fascicule intitulé *Observer les élèves*, de Monsieur Dominique Morrissette, professeur retraité de l'Université du Québec à Trois-Rivières. On a d'abord sélectionné deux techniques à propos desquelles des items d'évaluation d'habiletés ont été déterminés. C'est évidemment la partie la plus difficile : il faut, pour ainsi dire, faire dérouler le film de l'expérience et noter ce que l'on croit constituer un élément à la fois important et évaluable. Nous avons été confrontés à un dilemme de taille : d'une part, les phénomènes observés doivent être spécifiques et précis pour que l'appréciation ne dépende pas de l'observateur; d'autre part, les phénomènes, dans leur ensemble, doivent être globaux pour établir l'acquisition d'habiletés complexes.

La même démarche a été appliquée à la recherche d'items d'évaluation d'attitudes, plus faciles à colliger dans ce cas. Cette fiche a été soumise à la critique de collègues non impliqués dans ce laboratoire, ce qui a conduit à la fiche #1 expérimentée auprès des élèves et présentée en annexe.

L'élève avait pris connaissance, au préalable, de la fiche d'observation, savait qu'il serait évalué au cours de cette période de trois semaines, mais ne connaissait pas le

moment exact. Pour bien réussir cet aspect de l'évaluation, le professeur doit bien planifier son opération. Il doit avoir ses fiches à la portée de la main, identifiées et classées selon l'ordre dans lequel il prévoit les remplir, tout en étant prêt à intervenir auprès des autres élèves, car il demeure toujours la personne ressource indispensable dans le laboratoire. C'est pourquoi, la technique évaluée doit s'étendre sur une période assez longue, pour assurer une marge de manœuvre suffisante au professeur. Par exemple, elle ne doit pas comprendre des items d'évaluation trop rapprochés dans le temps, car il risque que l'un d'eux lui échappe pour un élève, s'il est appelé par un autre élève en difficulté. Ainsi, la distillation ou la recristallisation sont des techniques qui se prêtent bien à cette évaluation. Par contre, les manipulations trop brèves, comme le tracé du spectre infrarouge, sont très difficiles à coter à moins qu'un collègue se charge de la supervision pendant que l'autre procède à l'évaluation. Dans ce cas-ci, le professeur était seul; c'est pourquoi, il devait interrompre fréquemment une évaluation pour intervenir ailleurs dans le laboratoire. Toutefois, il a eu tout le temps nécessaire à cette évaluation, car il avait les trois périodes à sa disposition; en outre, comme seule la moitié du groupe réalisait la technique évaluée, l'expérimentation se faisant en alternance, sa marge de manœuvre était assez grande. Malgré tout, certaines contraintes de temps peuvent entraîner l'annulation d'une partie de l'évaluation pour tous les élèves. C'est ce qu'a dû faire l'un des professeurs pour la deuxième partie des habiletés techniques, la spectroscopie infrarouge, parce que quelques élèves ont procédé au tracé de leur spectre alors qu'un autre tenait le professeur occupé.

La fiche d'observation doit être facile à remplir. Par exemple, il est plus facile de cocher des cases plutôt qu'observer et coter deux ou trois items simultanément. La fiche #2 annexée a été corrigée à la suite de notre expérimentation; elle est plus simple et plus facile d'utilisation. Elle sera probablement modifiée de nouveau avant la prochaine évaluation.

Nous avons noté un changement très significatif du comportement général des élèves pendant les trois dernières semaines de laboratoire, soit au moment de l'évaluation à l'aide de fiches d'observation. Ils portaient une attention beaucoup plus grande à ce qu'ils faisaient, étaient très minutieux et vérifiaient les éléments de leurs montages. Nous avons senti qu'ils prenaient très au sérieux cet aspect de l'évaluation. La majorité ont voulu connaître rapidement le résultat de cette évaluation. Par contre, cet aspect représente en même temps un inconvénient, car la présence de l'observateur, en modifiant les comportements des élèves, contribue à diminuer la fidélité des résultats.

Conclusion

L'aspect le plus positif de cette évaluation intégrant la majorité des éléments d'un laboratoire concerne la justesse

de la note qui reflète beaucoup mieux la performance de l'élève. L'écart entre les élèves les plus performants et les moins performants est beaucoup plus significatif qu'il ne l'était et correspond mieux à la qualité du travail que chacun a réalisé. Toutefois, plusieurs aspects de cette évaluation ont besoin d'être améliorés, notamment :

- un choix plus judicieux des items d'évaluation; par exemple, il faut aussi coter la réalisation de l'expérience dans les délais prévus;
- une organisation mieux structurée, cohérente et logique des items d'évaluation, pour faciliter la consignation des résultats;
- la collaboration de collègues de travail au moment de l'évaluation;
- une évaluation formative par les pairs précédant l'évaluation par le professeur, ce qui permettrait de sensibiliser l'élève à ses faiblesses et à ses forces.

Même si l'on considère que l'introduction de cet outil d'évaluation supplémentaire, les fiches d'observation, constitue un progrès, il faut admettre qu'il a des limites : entre autres, seules quelques techniques peuvent être facilement évaluées. On n'a pratiquement pas le choix d'éliminer celles qui sont effectuées dans un très court laps de temps. Il nous semble également impératif de limiter cette évaluation aux techniques répétées par l'élève. Il serait injuste d'évaluer un élève qui procède pour la première fois à l'application d'une technique; c'est le cas notamment de la chromatographie sur couche mince, technique utilisée une seule fois vers la fin de la session de laboratoire. Rappelons qu'il est essentiel de planifier soigneusement l'opération, de l'implanter progressivement et de s'assurer de la collaboration de collègues.

Il faut aussi noter que cet ensemble d'outils d'évaluation pour ce laboratoire a entraîné pour les professeurs un accroissement de travail lié à l'évaluation. Aussi, pour conserver un certain équilibre à cet égard, le nombre de comptes rendus complets a été limité à un seul. Enfin, cette méthode d'évaluation sera conservée et améliorée pour la session d'automne, et sera appliquée à de nouveaux groupes d'élèves de sciences de la nature.

FICHE D'OBSERVATION #1**A ATTITUDES****I 1,0 point par item**

- Respect de l'interdiction des sacs, porte-documents et manteaux. ()
- Surface de travail non encombrée inutilement. ()
- Disposition du matériel à l'endroit approprié à la fin de l'expérience. ()
- Poste de travail propre avant de quitter le laboratoire. ()

II 4,0 points

- Port des verres de sécurité en tout temps. ()

• HABILITÉS TECHNIQUES**I Distillation fractionnée****Appareillage**

- Les pièces du montage sont bien alignées.
- Les pinces sont posées aux bons endroits.
- La position du thermomètre dans la tête à distiller est appropriée.
- Le débit de l'eau dans le réfrigérant est correct.
- Le réglage du chauffage assure un débit de distillat correct.

0 ou 1 item	2 items	3 et 4 items	tous les items
(0 point)	(1 point)	(2 et 3 points)	(4 points)

Sécurité**2,0 points par item**

- L'appareillage est étanche. ()
- La source de chaleur peut être retirée rapidement ()

II Spectroscopie infrarouge

- La solution est préparée à l'aide d'un compte-gouttes propre.
- Les cellules sont remplies à l'aide d'un compte-gouttes.
- Le papier enregistreur est bien installé sur le plateau mobile.
- La cellule à échantillon est nettoyée, rincée et vidée après le tracé.

aucun ou 1 item	2 ou 3 items	tous les items
(0 point)	(2 points)	(4 points)

Nom : _____ Date : _____ Observateur : _____

Indiquer si le comportement est présent ou non.

Domaine		Comportement à observer		Points		
A T T I T U D E S		1. Il y a respect de l'interdiction des sacs, porte-documents et manteaux dans les laboratoires.		1 - 0	/8	
		2. La surface de travail est non encombrée inutilement.		1 - 0		
		3. Le matériel est disposé à l'endroit approprié à la fin de l'expérience		1 - 0		
		4. Le poste de travail est propre avant de quitter le laboratoire.		1 - 0		
		5. Les lunettes de sécurité sont portées tout au long de l'expérience.		4 - 0		
H A B I L E T É S T E C H N I Q U E S	Distillation Appareillage	6. Les pièces de montage sont bien alignées.	oui - non	5/5 = 4 4/5 = 3 3/5 = 2 2/5 = 1 0-1/5 = 0	/4	
		7. Les pinces sont posées aux bons endroits.	oui - non			
		8. La position du thermomètre dans la tête à distiller est appropriée	oui - non			
		9. Le débit de l'eau dans le réfrigérant est correct.	oui - non			
		10. Le réglage du chauffage assure un débit de distillat correct.	oui - non			
	Distillation Sécurité	11. L'appareillage est étanche.				
		12. La source de chaleur peut être retirée rapidement			2 - 0	/4
					2 - 0	
	Spectroscopie infrarouge	13. La solution est préparée à l'aide d'un compte-gouttes propre.	oui - non	4/4 = 4 2-3/4 = 2 0-1/4 = 0	/4	
		14. Les cellules sont remplies à l'aide d'un compte-gouttes.	oui - non			
15. Le papier enregistreur est bien installé sur le plateau mobile.		oui - non				
16. La cellule à échantillon est nettoyée, rincée et vidée après le tracé.		oui - non				
TOTAL					/20	