

Changer un labo traditionnel en labo par enquête guidée



Présenté par Caroline Cormier et Véronique Turcotte, Cégep André-Laurendeau

Équipe de recherche sur le laboratoire dans le programme de Sciences de la nature
Jeudi 9 juin 2022 – 41^e colloque de l'AQPC

1

Mise en contexte : sous-équipe de recherche en charge des ateliers



Caroline Cormier
Cégep André-Laurendeau - Chimie



Véronique Turcotte
Cégep André-Laurendeau - Chimie



Sean Hughes
John Abbott College - Chemistry



Karl Laroche
Vanier College - Biology

Les autres membres de l'équipe






2

Objectifs de l'atelier

Se pencher sur le concept d'autonomie scientifique.

La typologie des expériences de laboratoire et comment implanter l'enquête

Des exemples de labos par enquête guidée

3

Autonomie scientifique



4

Autonomie scientifique



Choisir sujet



Formuler question



Choisir matériel/chercher dans inventaire



Trouver protocole/adapter protocole/s'adapter protocole



Réaliser les manipulations/respecter les normes de sécurité



Analyser et discuter les résultats

5

Des lacunes dans la formation collégiale en Sciences de la nature

Les consultations réalisées en vue du nouveau programme de Sciences de la nature (Belleau, 2017; ÉduConseil, 2014) soulignent des lacunes chez les finissantes et les finissants.

Lacunes identifiées	Manifestations
<ul style="list-style-type: none"> Mettre en application la méthode scientifique Résoudre des problèmes complexes Faire preuve d'autonomie Mettre en œuvre une véritable démarche de résolution de problème Faire des choix adaptés à la situation 	<ul style="list-style-type: none"> Manque d'initiative Confusion et incertitude devant un problème ouvert Tendance à vouloir appliquer des recettes toutes faites Manque de ressources interne pour établir un plan d'action

6

Connaissances à développer en labo

Post-it : Pour quelles raisons fait-on faire des expériences de laboratoire dans nos cours?



7

Les laboratoires par enquête guidée

Typologie et comment les implanter



8

L'enquête en laboratoire : trois niveaux

Différences entre les trois niveaux d'enquête possibles pour les activités de labo

	Question de recherche	Méthode expérimentale	Interprétation des résultats
Niveau 1 : Vérification	Prof	Prof	Prof ou Étudiant
Niveau 2 : Enquête guidée	Prof	Étudiant	Étudiant
Niveau 3 : Enquête ouverte	Étudiant	Étudiant	Étudiant

Aditomo & Klieme (2020), Blanchard et coll. (2010), Buck et coll. (2008)

9

Connaissances à développer en labo

Post-it partie 2 : classer les post-it

À gauche

- Labos traditionnels

À droite

- Labos par enquête



10

Pourquoi fait-on faire des labos?

Idées qui pointent vers labo traditionnel

- Faire pratiquer des techniques
- Apprendre à utiliser un instrument
- Vérifier une loi ou un principe
- Récolter assez de données pour traiter d'exactitude/précision

Idées qui pointent vers labo par enquête

- Apprendre à développer son autonomie
- Comprendre la nature de la science
- Développer son habileté à mettre en œuvre une démarche scientifique
- Étudier une situation authentique

- Socialiser
- Rendre concrète la théorie
- Changer d'air
- Faire du travail en équipe
- Susciter l'intérêt

11

Avantages de chacun des types de labo

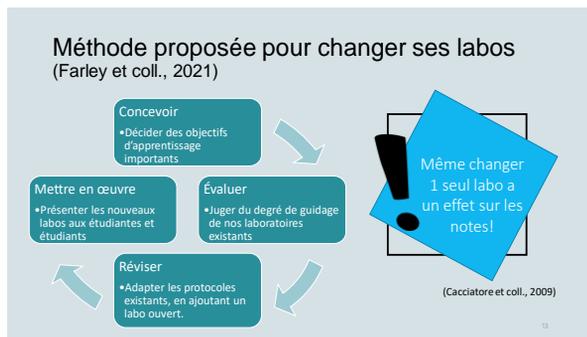
Labos traditionnels

- Rapide
- Sécurisant (pour profs et étu.)
- Tout le monde apprend la même chose
 - Mais est-ce bien le cas?

Labos par enquête

- Plus réaliste (nature de la science)
- Meilleur engagement des étu.
- Développe autonomie
- Étu. apprennent à gérer leur incertitude

12



13



14

Chimie générale : Avogadro

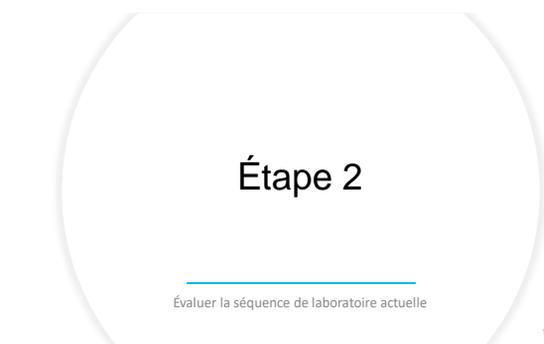
- Réaction entre Mg et HCl
- Pour vérification du nombre d'Avogadro
- Objectifs
 - Recueillir un gaz avec une burette à gaz
 - Mesurer : pression atmosphérique, température de l'eau // chercher P_{vap}
 - Calculs : convertir des unités de pression, pressions partielles, utiliser $PV=nRT$
 - Juger de l'exactitude (% d'écart avec la valeur attendue)

15

Mais comment faire place aux labos par enquête?

Éliminer certains laboratoires!

16



17

Le laboratoire devrait-il être conservé?

- Cette expérience est-elle cohérente avec les objectifs d'apprentissage du cours?
- Les techniques utilisées peuvent-elles permettre de résoudre des problèmes réels?
- "Depth versus Breadth": en voir moins, mais le voir mieux (Schwartz et coll., 2009)
- "As the level of inquiry increased, student learning gains on content exams trended upward even while traditional content coverage taught decreased" (Luckie et coll., 2012)

18

Étape 3

Réviser les laboratoires

19

Penser les labos sur « deux semaines »

Première semaine

- Labo traditionnel utilisé comme modelage pour élaborer une méthode expérimentale.
- On apprend : techniques, analyse de données, etc.

Deuxième semaine

- Labo par enquête
- Souvent : la méthode ou la procédure d'analyse des données n'est pas fournie

20

Des exemples de labo par enquête



21

Chimie générale : Avogadro et ratio stoechiométrique

Semaine 1

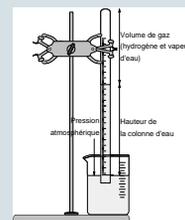
- Vérification du nombre d'Avogadro
- Réaction de Mg et HCl

Semaine 2

- Vérification du rapport stoechiométrique entre un réactif et un produit
- Réaction de Al et de HCl

En commun

- Collecte et mesure du gaz en tant que produit de la réaction



22

Avantages du labo « semaine 1/semaine 2 »

Pour le prof

- Minimise les coûts et le temps de prép
- Moins difficile à développer et à implanter
 - On change seulement 1 labo sur 2
 - Suffit souvent d'enlever des portions dans le texte de laboratoire.

Pour les étudiant.e.s

- Diminue la charge cognitive
 - Gradation des apprentissages
- Déroulement qui fait du sens
 - Réinvestissement des apprentissages dans des contextes plus complexes et authentiques

23

Un exemple en biologie (Wallace et coll. 2003)

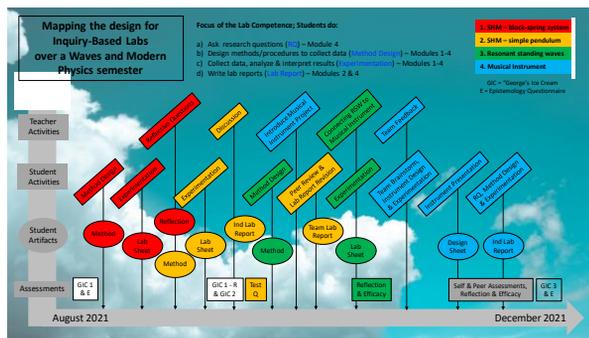
- Mini-écosystème : récolter des spécimens naturels et construire un mini-écosystème
- Objectifs :
 - Inventorier organismes dans un écosystème naturel
 - Apprendre à récolter les données (pH, O₂ dissout, etc.) et traiter données

Semaines 1 à 7 :
Labo recette

Semaines 8 à 12 :
laboratoire
partiellement ouvert

- Expérimentation sur l'eau du « lac » de leur mini-écosystème
- Objectifs :
 - Poser une question de recherche
 - Choisir la méthode
 - Apprendre à isoler/contrôler les variables dans le design expérimental

24



25

Convertir un labo en "labo semaine 2"

Pour un labo plus ouvert on peut prendre un texte de laboratoire existant et se demander:

Quelles responsabilités pourraient être confiées aux étudiants?



26



27

Les fonctions du guidage (étayage)

- Susciter l'intérêt des étudiantes et étudiants envers la tâche
- Simplifier une tâche complexe en donnant des contraintes
- Motiver en proposant des défis à celles et ceux qui réussissent
- Remettre sur la bonne voie, sans donner la bonne réponse
- Aider à contrôler leur frustration quand ça ne fonctionne pas
- Démontrer et modeler le raisonnement
 - On sait que ceci. Maintenant, voici comment moi j'y réfléchis...

Wood (1976)

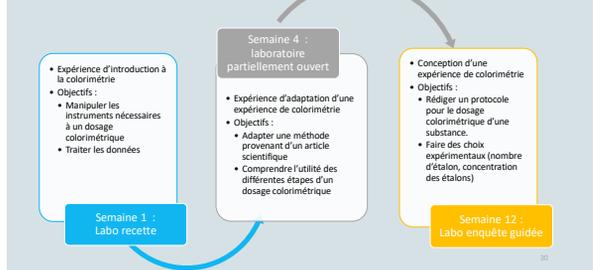
28

Guidage pour le labo de la « semaine 2 »

<p>Séquence</p> <p>Éléments déjà vus lors du labo « semaine 1 » ou pendant une séance magistrale → Assurer une progression</p>	<p>Tâche</p> <p>Aborder la pertinence des étapes du labo "semaine 1"</p>	<p>Question de guidage et contraintes</p> <p>Dans le texte de laboratoire ou dans un gabarit fourni aux étudiants pour l'élaboration du protocole</p>	<p>Travail d'équipe en classe</p> <p>Élaboration du protocole avec l'aide des questions de guidage</p>	<p>Interventions de l'enseignant.e</p> <p>Aider à faire des liens, préciser la tâche, modelage, encouragements, orienter la réflexion avec des questions ouvertes</p>
---	---	--	---	--

29

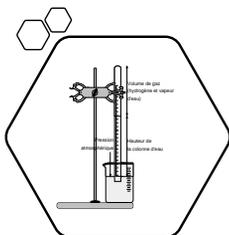
Un exemple de tâche



30

Exemple de questions de guidage « semaine 2 »

1	2	3
<p>Écrivez l'équation chimique équilibrée de la réaction entre l'aluminium et l'acide chlorhydrique.</p> <p>Déterminez ce qu'est un coefficient stoechiométrique. Expliquez son utilisation en chimie.</p>	<p>Énumérer les mesures expérimentales nécessaires au calcul du rapport des coefficients stoechiométriques.</p> <p>Identifiez ce que doit contenir votre protocole afin de pouvoir évaluer la fidélité du résultat.</p>	<p>Choisir le réactif limitant pour l'expérience.</p> <p>Compte tenu de la capacité limitée de certains instruments, calculez la quantité de chaque réactif à utiliser pour réaliser l'expérience.</p>



31

Que faire avec les méthodes qui sont vouées à l'échec?

Corriger les étudiants (Farley et coll., 2020)

- Discussion de groupe pour consensus sur méthode
- Tout le monde fera la même méthode
- Évite que des étudiant.e.s s'engagent dans une méthode qui ne fonctionnera pas
- Peut-être plus sécuritaire
- Assure que tous les étudiants apprennent la même chose

Faire de la place à l'erreur

- Plusieurs méthodes différentes possibles au laboratoire
- Laisse l'étudiant.e expérimenter
- Donne la possibilité de constater les erreurs dans la méthode
- Permet d'adapter et de corriger la méthode sur place.

32

32

Étape 4

Encore des post-it! Quels sont les défis pour l'implantation? Pensez aux défis : dans votre discipline/dans votre programme/dans votre cégep.

L'implantation

33

Évaluer les apprentissages



34

34

Évaluer les labos par enquête



Objectifs différents

On doit évaluer autre chose que dans un labo traditionnel



Évaluer le processus

Le préciser au plan de cours



Évaluation individuelle?

Penser à : entrevue individuelle, questions réflexives en portfolio

35

35

En conclusion : des conseils pour l'implantation

- 🎯 Favoriser l'enquête guidée plutôt que l'enquête ouverte
- ∞ Développer des interventions à long terme
- 🗨️ Rendre le raisonnement disciplinaire explicite par le modelage
- 📊 Réduire progressivement l'étagage
- 🧩 Découper les tâches en étapes pour réduire la charge cognitive
- 👥 S'entourer de collègues pour le développement des labos

Merci!
caroline.cormier@clairendeau.qc.ca
veronique.turcotte@clairendeau.qc.ca

36

Autres exemples de labos

37

Remplir le Ziploc : pour chimie générale

Objectif

- Remplissez complètement un sac Ziploc avec le gaz produit par la réaction entre le vinaigre et le bicarbonate de soude.
- Le Ziploc ne doit pas exploser.



Lanni, (2014) « Filling a Plastic Bag with Carbon Dioxide », JCE.

38

Étayage du « Ziploc »

Démonstration

- Dans une éprouvette : vinaigre + bicarbonate de soude

Questions à discuter avec la classe

1. Que sont les bulles de gaz ?
2. Quelles sont les entités chimiques (noms et formules) du bicarbonate de soude et du vinaigre ?
3. Quelle est l'équation équilibrée qui vient de se produire dans l'éprouvette?
4. Quel volume de gaz carbonique serait produit à partir de 1,00 g de bicarbonate de soude avec un excès de vinaigre à TPN ?
5. Cette pièce est-elle à TPN ?

39

39

Séparation de solides (Farley et coll., 2021)

Semaine 1

- Labo « recette »
- 3 protocoles pour séparer des mélanges binaires de :
 - SiO_2
 - CaCO_3
 - KCl

Semaine 2

- Labo par enquête guidée
- Objectif : séparer un mélange ternaire
- Les mêmes solides

40

40

3. Contexte du problème

Le calcaire (CaCO_3) est un minéral utilisé depuis longtemps comme matériau de construction. C'est le principal constituant, par exemple, de la pierre grise de Montréal, une pierre à bâtir qui a été utilisée dans la construction de nombreux bâtiments de la ville, notamment dans le Vieux-Montréal (4). Encore aujourd'hui, du calcaire est utilisé dans la fabrication de mortiers et de bétons est exploité dans la grande région de Montréal (5). Cependant, pour certaines applications, le calcaire extrait directement du sol n'est pas d'une pureté suffisante.

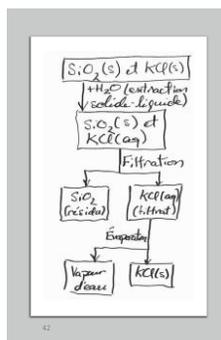
Imaginez que vous travaillez pour une société minière et que vous recevez un échantillon de minéral de calcaire brut contaminé par du sable (SiO_2) et un sel (KCl). Votre tâche consiste à concevoir une procédure pour déterminer la composition en pourcentage du minéral de calcaire, ce qui vous obligera à séparer ce mélange ternaire (c'est-à-dire un mélange de trois composés) en ses constituants en utilisant les connaissances que vous avez acquises lors du laboratoire précédent.



Figure 3 La gare de Windsor est l'un des nombreux édifices de Montréal construits en pierre grise de Montréal, principalement constituée de calcaire. Image tirée du site du Réseau canadien d'éducation géoscientifique (5).

41

41



42

42

Étayage pour Semaine 2

- Quelle masse du mélange de solides utiliserez-vous ? Quelle(s) technique(s) allez-vous utiliser pour séparer les trois composés du mélange ? Quel équipement et pièces de verrerie requiert chaque technique ?
- Quelles mesures allez-vous prendre pendant le laboratoire pour déterminer la composition du mélange en pourcentage ?
- Comment allez-vous analyser les données ? Autrement dit, que devez-vous faire pour convertir les mesures directes que vous prenez en une composition en pourcentage ? De quelles mesures aurez-vous besoin pour évaluer le rendement d'isolation ?
- Quelles sources d'erreur pouvez-vous anticiper ? Comment pouvez-vous minimiser l'erreur ?

Chimie des solutions ou organique : labo par enquête sur une seule semaine

- Isoler l'ibuprofène de l'Advil Liqui Gel
- Par extraction liquide-liquide
- Nécessite des changements de pH
- Pureté vérifiée par point de fusion (et spectre IR en chimie organique)



43

Critères à respecter

- L'isolation de l'ibuprofène doit se faire par extraction liquide-liquide.
- Le contenant dans lequel vous ferez l'extraction doit être une petite fiole de verre de 15 mL.
- Le protocole doit employer le changement de pH pour moduler la solubilité du médicament. Vous devez obligatoirement faire deux changements de pH durant l'expérience.
- Vous serez évalués sur l'évaluation correcte du rendement et de la pureté de l'ibuprofène isolé. Prévoyez donc de prendre les mesures nécessaires pour calculer le rendement et pour démontrer la pureté de votre produit.

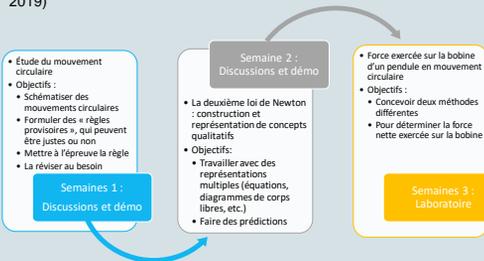
44

Questions d'étayage

- Qu'arrive-t-il à la solubilité de l'ibuprofène dans l'eau lorsque le pH augmente? Lorsque le pH diminue? Au besoin, révisez la question 3 des exercices du portfolio Chapitre 4 – série 1.
- Qu'arrive-t-il à la solubilité de l'ibuprofène dans des solvants hydrophobes lorsque le pH augmente? Lorsque le pH diminue?
- Comment pouvez-vous, lors d'une extraction liquide-liquide, vous assurer de conserver l'ibuprofène dans la phase aqueuse? Comment vous assurer de le conserver dans la phase hydrophobe?
- Quelles impuretés sont les plus solubles dans l'eau? Quelles impuretés sont les plus solubles dans des solvants hydrophobes? Cette question implique des recherches sur la nature et la solubilité des impuretés.

45

Un exemple en physique (Etkina & van Heuvelen, 2019)



46

Pour guider les étudiants

- Farley et coll. (2021) proposent 4 questions à adresser aux étudiant.e.s :
 - a. Quelles techniques utiliserez-vous et quel équipement ou verrerie cette technique requiert-elle ?
 - b. Quelles mesures allez-vous prendre, et quel équipement est requis pour prendre ces mesures ?
 - c. Comment allez-vous analyser les données pour convertir les mesures directes en valeurs qui répondent à l'interrogation ?
 - d. Quelle est une source possible d'erreur et comment allez-vous minimiser cette erreur ?

47

Références

- Cacciatore, K. L., & Sevan, H. (2009). Incrementally Approaching an Inquiry Lab Curriculum: Can Changing a Single Laboratory Experiment Improve Student Performance in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 86(4), 456. <https://doi.org/10.1021/ed086p456>
- Etkina, E., & Van Heuvelen, (2019). Investigative science learning environment—A science process approach to learning physics. *Research-based Reform of University Physics*. <https://www.compadre.org/per/items/detail.cfm?ID=4988>
- Farley, E. R., Fringer, V., & Wainman, J. W. (2021). Simple Approach to Incorporating Experimental Design into a General Chemistry Lab. *J. Chem. Educ.*, 98(1), 350-356. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.0c00911>
- Lanni, L. M. (2014). Filling a Plastic Bag with Carbon Dioxide: A Student-Designed Guided-Inquiry Lab for Advanced Placement and College Chemistry Courses. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1390-1392. <https://doi.org/10.1021/ed400901x>
- Luckey, D. B., Aubry, J. R., Marengo, B. J., Rivkin, A. M., Foss, L. A., & Maliszewski, J. J. (2012). Less teaching, more learning: 10 yr study supports increasing student learning through less coverage and more inquiry. *Advances in Physiology Education*, 36(4), 323-335. <https://doi.org/10.1152/advan.00017.2012>
- Schwartz, M. S., Sadler, P. M., Sonnert, G., & Tai, R. H. (2009). Depth versus breadth: How content coverage in high school science courses relates to later success in college science coursework. *Science Education*, 93, 788-836. <https://doi.org/10.1002/sce.10128>
- Wallace, C. S., Tosi, M. X., Calkin, J., & Darley, M. (2003). Learning from inquiry-based laboratories in nonmajor biology: An interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 986-1024. <https://doi.org/10.1002/tes.10127>

48