

Les cahiers de laboratoire en recherche et en formation

Écrire pour communiquer, écrire pour formuler sa pensée

Carole Barbey, Franck Launay, Marie-Blanche Mauhourat et Jérôme Randon

- Résumé** Dès le plus jeune âge, l'utilisation de fiches expérimentales ou de carnet d'expérience à l'école primaire, puis du cahier de laboratoire, favorise l'usage de la langue française, mobilise le vocabulaire et les langages scientifiques et développe les compétences scientifiques. Plus tard, l'ambition consiste également à donner aux étudiants des méthodes pour capitaliser des savoir-faire, devenir autonomes et se préparer éventuellement aux métiers de chercheur, technicien ou ingénieur. Si un bénéfice substantiel est effectivement retiré par les élèves ou étudiants, les expériences restent assez isolées dans les activités de formation. Actuellement, une impulsion est donnée pour institutionnaliser davantage l'usage des cahiers de laboratoire, en particulier dans le cas du BTS Métiers de la chimie.
- Mots-clés** Cahier de laboratoire, école primaire, université, démarche scientifique, observations expérimentales, outil d'évaluation, JIREC 2015.
- Abstract** **Laboratory notebooks in research and training: write to communicate, write to express thoughts**
During a round table, concrete experiences dealing with the use of a laboratory notebook or experimental activity worksheets were presented, from primary school to university. For the young age, these tools promote the use of French language, help to mobilize vocabulary and the scientific languages, and develop the scientific skills. At a higher age, the challenge is also to give students methods to gather know-how, become autonomous, and eventually prepare for careers of researcher, technician and engineer. If a substantial profit is actually achieved by pupils or students, the experiences presented are rather isolated in the training activities. Currently, there is a trend to further institutionalize the use of laboratory notebooks, especially in the case of the "BTS Métiers de la chimie".
- Keywords** Laboratory notebook, primary school, university, scientific approach, experimental observations, assessment tool, JIREC 2015.

Depuis toujours, les cahiers de laboratoire accompagnent les chercheurs dans leurs travaux quotidiens. Ils sont aussi introduits dans l'enseignement des sciences expérimentales, de la chimie en particulier, avec différents objectifs de formation tout au long du cursus, de l'école primaire à l'université.

Une table ronde, organisée dans le cadre des JIREC 2015, a réuni trois enseignants-chercheurs et une inspectrice générale de l'Éducation nationale. Elle comportait une présentation de l'usage des cahiers de laboratoire en recherche, des exemples de mise en œuvre de ces cahiers en formation dans le cadre de projets en M2, de travaux pratiques en L3 et de démarches d'investigation en CM1, et une analyse des programmes officiels, de documents ressources et des pratiques pédagogiques, de l'école au lycée, recommandant l'usage de cet outil de communication des scientifiques.

Le cahier de laboratoire en recherche

La présentation a été introduite par un aperçu de quelques pages des cahiers rédigés par Pierre et Marie Curie (figure 1) et Louis Pasteur. Ces extraits ont permis de souligner la force des observations qualitatives qui s'avèrent tout aussi importantes que les éléments quantitatifs.

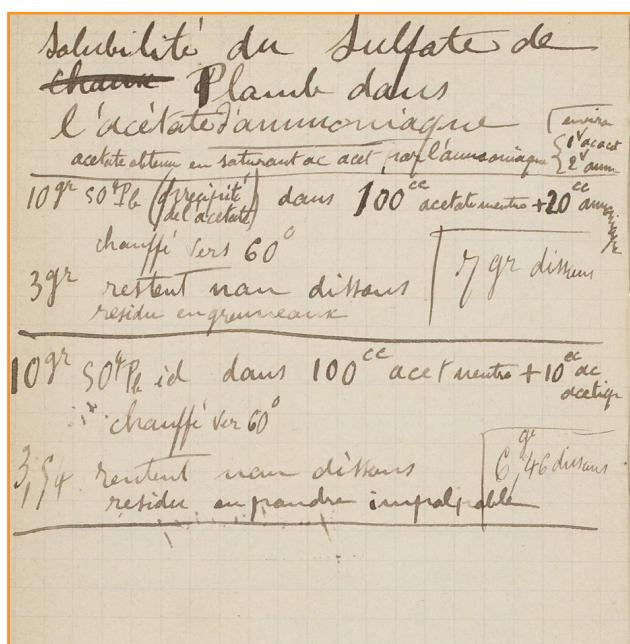


Figure 1 - Extrait de « Pierre et Marie Curie. Papiers. XVII Carnet de la découverte 3 : Uranium III-Polonium, 11 nov. 1898-13 juil. 1900 » (vue 22/166), BnF [1].

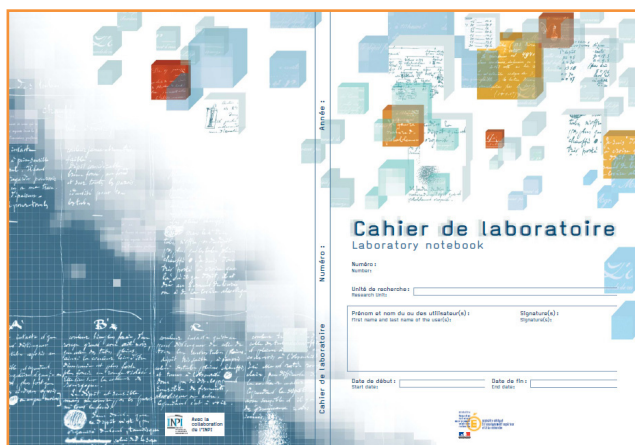


Figure 2 - Pages de couverture du cahier de laboratoire national.

De nos jours, les cahiers de laboratoire utilisés dans les organismes publics de recherche sont davantage normalisés et s'éloignent de simples cahiers ; l'esprit reste cependant le même. En 2007, un modèle établi en concertation entre le Réseau C.U.R.I.E. [2-3], le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, les grands organismes de recherche et la Conférence des présidents d'université, et toujours en vigueur (figure 2), a été proposé aux chercheurs académiques et, en partenariat avec l'INPI [4], aux PME (2008). Le cahier de laboratoire est considéré, plus que jamais, comme un outil de traçabilité des travaux de recherche, avec toutes les conséquences que cela implique au sens juridique du terme.

Ces cahiers, à la disposition des différents membres des équipes de recherche, ont pour objectif de capitaliser le savoir-faire du laboratoire et de faciliter sa transmission, d'adapter les pratiques des chercheurs aux exigences de la recherche internationale, tout en accompagnant une démarche qualité. Pour ce faire, une méthodologie clairement détaillée est proposée dans le guide d'accompagnement présent sur le site du réseau C.U.R.I.E. Le chercheur actuel étant toutefois confronté à d'importantes quantités de données stockées dans des fichiers informatiques, dont il est difficile de rapporter le contenu dans les cahiers de laboratoire en version papier, une tendance vise à passer du cahier papier au cahier électronique [5], mais encore peu de laboratoires universitaires utilisent cet outil numérique à ce jour. Dans ce domaine, les sociétés pharmaceutiques semblent avoir pris une certaine avance, comme en témoignent les conclusions d'une commission de la Société Française des Sciences et Techniques Pharmaceutiques (SFSTP) en date de 2011 [6]. Cette commission souligne que les cahiers de laboratoire électroniques (CLE) fluidifient les flux d'information, facilitent la rédaction des rapports, permettent de standardiser les descriptions d'expériences, mais engendrent aussi des contraintes inhérentes à l'outil informatique (mise en place, gestion des risques et nécessité d'une évolution).

Exemples d'utilisation du cahier de laboratoire en formation, de l'université à l'école primaire

Introduction du cahier de laboratoire en TP de master Analyse

L'usage du cahier de laboratoire a été initié dans le cadre d'un projet d'étudiants en M2 « Analyse et contrôle » portant

sur l'implantation d'un système qualité au sein de la plateforme d'enseignement dédiée à l'analyse physico-chimique à l'Université Claude Bernard Lyon 1. Le cahier proposé par les étudiants a été fortement inspiré de celui fourni par le CNRS, et depuis maintenant sept ans, ce cahier est exploité pour le suivi des activités expérimentales (voir encadré 1).

Au-delà du volet purement fonctionnel du cahier de laboratoire, l'intégration de son usage dans ces activités est un bon support pour la formulation de la pensée. Il est progressivement introduit en définissant clairement l'objectif associé à son usage – être capable de refaire, assurer la traçabilité de l'information, etc. – pour qu'il apparaisse *in fine* comme un outil naturel et indispensable pour le scientifique.

Exemple d'utilisation en L3 Chimie inorganique

À l'université, les étudiants chimistes sont fortement encouragés à effectuer des stages en laboratoires de recherche dès leur 3^e année de licence. Très vite, dans ce contexte, nombreux sont les collègues des laboratoires qui constatent que les étudiants éprouvent beaucoup de difficultés à rendre compte de leurs observations expérimentales, ou tout du moins à leur accorder de l'importance. Dans le processus de formation initiale, la rédaction des comptes rendus des séances de travaux pratiques peut constituer une première initiation à l'exercice, mais trop souvent, les contenus rédigés par les étudiants restent davantage inspirés par les photocopies servant d'énoncés que par les observations personnelles ou réalités expérimentales. Comment faire alors pour concilier les apprentissages des savoir-faire expérimentaux et la consignation des informations à retenir ?

Un des intervenants a rapporté l'expérience qu'il partage actuellement avec ses collègues de la plateforme de chimie inorganique à l'Université Pierre et Marie Curie (UPMC), Paris 6, dans le cadre d'une unité d'enseignement (UE) de chimie inorganique proposée en tronc commun de la 3^e année de licence (encadré 2).

Après enquête auprès d'autres responsables d'UE de L3 Chimie à l'université, cette pratique impliquant à la fois la tenue d'un cahier de laboratoire et son évaluation indirecte est unique. Cette expérience mériterait pourtant de pouvoir être

Encadré 1

Le cahier de laboratoire en TP master Analyse

Les étudiants sont confrontés pour la première fois à ce cahier lors de l'unité d'enseignement dédiée aux méthodes séparatives. Les travaux pratiques de cet enseignement sont réalisés par groupe de douze étudiants en binômes avec un enseignant (le petit nombre d'étudiants est lié à la technicité très élevée des instruments). Cette séquence de sept demi-journées de TP se déroule en deux phases : une phase de découverte de l'usage du cahier de laboratoire avec trois TP tournants, suivie d'une phase avec quatre TP tournants au cours de laquelle le cahier est évalué.

Au début de la première phase, les consignes d'utilisation du cahier sont fournies aux étudiants ; les trois premiers TP servent ainsi à une évaluation formative continue sur son utilisation. Lors de la deuxième phase, un vrai cahier de laboratoire est distribué. En parallèle, à l'issue de chacune des deux phases, les étudiants ont à faire une présentation orale d'un des TP élaborés à partir des données enregistrées dans le cahier de laboratoire.

L'année qui suit, il est prévu de travailler en plus sur la rédaction d'une note technique ciblant un point particulier traité en TP (le sujet sera distribué après les TP) pour laquelle les étudiants devront retrouver les données utiles dans leur cahier de laboratoire.

Encadré 2

Le cahier de laboratoire en L3 Chimie inorganique

Cinq séances de TP d'une durée de 5 h sont dispensées tout au long du semestre. Ces séances ne sont pas assorties de la rédaction d'un compte rendu : on demande ici aux étudiants de tenir un cahier de laboratoire. Pour ce faire, ils sont sensibilisés à cet outil dans le préambule du polycopié de TP et par quelques consignes adaptées du modèle préconisé en recherche académique. Il est ainsi précisé que :

- l'objectif de la séance doit être défini systématiquement au départ et les conclusions doivent être présentes à la fin ;
- les caractéristiques des réactifs et leurs quantités (en mole) doivent être indiquées ;
- le matériel utilisé doit être nommé correctement, avec éventuellement la réalisation d'un schéma de montage si ce dernier est complexe ;
- le cahier de laboratoire doit regrouper toutes les notes prises en séance et refléter le détail des calculs effectués ;
- les observations faites doivent être consignées, même si ces dernières sont contradictoires, en soulignant alors pourquoi il y a un problème ;
- les données caractérisant les composés obtenus doivent être fournies.

Le cahier de laboratoire est relevé par l'enseignant à la fin des deux ou trois premières séances de la série, ce qui permet de donner des consignes individualisées sur sa rédaction. Au départ, les étudiants éprouvent beaucoup de difficultés à s'éloigner du contenu du polycopié de TP. Les valeurs reportées pour les paramètres expérimentaux (masses, volumes, temps ou températures, etc.) sont très souvent celles attendues ou préconisées dans l'énoncé. La formalisation des observations est également un exercice difficile. Des dérives peuvent être constatées, liées le plus souvent aux contraintes de temps en séance. Sachant que le cahier est relevé à la fin de la séance de TP, certains étudiants ont tendance à le pré-remplir et à ne compléter que les « trous » pendant la séance. Le cahier de laboratoire ne constitue pas l'élément déterminant de la note de contrôle continu (10 points pour l'ensemble des séances). L'autre partie de la note de TP dans cette unité d'enseignement (15 points) est attribuée lors d'une séance d'une heure dite d'examen de TP durant laquelle le cahier prend toute son importance. En effet, c'est le seul document autorisé. La séance d'examen est constituée de deux parties. Dans un premier temps, les étudiants reproduisent une partie des manipulations d'une des séances de TP de l'année. Ensuite, ils sont confrontés à des extraits de cahier de laboratoire rédigés par l'équipe enseignante dans lesquels vont figurer des observations erronées, à charge pour eux de retrouver ces erreurs. Le cahier de laboratoire, à condition d'avoir été bien rédigé, est alors une aide précieuse pour démêler le vrai du faux, les observations expérimentales ne figurant pas dans le polycopié.

étendue et partagée, d'autant que lors des soutenances des stages effectués au sein de l'UPMC par les étudiants de licence, le cahier de laboratoire est mis à disposition des membres du jury et son évaluation fait désormais partie de la note finale, il en va de même dans les UE de projets.

Un exemple à l'école primaire

L'utilisation du cahier de laboratoire à l'école primaire est illustrée dans le cadre d'un accompagnement ASTEP [7], qui associe scientifiques et enseignants du primaire dans la mise en œuvre d'activités scientifiques. Ainsi, lors d'une séquence sur l'étude des cristaux, en lien avec l'Année internationale de la cristallographie, des fiches d'expérience ont été utilisées en classe de CM1. Le choix d'utiliser ces fiches a été présenté après avoir fait feuilleter le cahier de laboratoire d'un scientifique par les élèves. Pour l'élève, il s'agit d'un premier document scientifique, personnel, qui lui permettra de refaire l'expérience, de garder une trace, une preuve de ses résultats. Ces fiches présentent les cinq étapes de la démarche scientifique : la présentation du problème scientifique, l'élaboration d'une hypothèse personnelle, le déroulement de l'expérience, la description du résultat de l'expérience, et l'institutionnalisation des connaissances.

Une fiche à compléter est distribuée à chaque élève. Il note son hypothèse personnelle, planifie l'action à réaliser et établit un schéma expérimental en utilisant une symbolisation scientifique. Il reporte ensuite ses observations ; lors de cette étape, écrire pour apprendre à observer est vraiment essentiel. L'utilisation de ces fiches d'expérience à l'école primaire permet la mise en place progressive de la démarche scientifique, et l'écrit permet une réflexion personnelle avant la synthèse collective des connaissances. Une large part d'autonomie est laissée à chaque élève pour remplir sa fiche (figure 3). Ainsi l'élève s'approprie la fiche d'expérience, tout comme il s'approprie l'expérience... Au fil des séances, les élèves prennent l'habitude de travailler avec une fiche d'expérience grâce à laquelle ils acquièrent des concepts scientifiques. En effet, au cours de leurs investigations, ils ont appris à observer,

Fiche d'expérience: n° 2

Le problème scientifique: (ce que je cherche : la question de départ)

Peut-on dissoudre autant de sel que l'on veut dans l'eau

Mon hypothèse: (ce que je pense = la réponse à la question et les moyens de la vérifier)

Je pense que le sel ne va pas se mélanger si on n'en met trop.

Mon expérience: (ce que je fais)

Strabatal

1 Mesurer une quantité précise d'eau à l'aide de l'éprouvette → 80 ml

2 Verser l'eau dans le bécher

3 Peser le bécher avec l'eau 145g

4 Ajouter le sel petit à petit et mélanger

5 Arrêter quand le sel ne se dissout plus

On a mis 145 g d'eau et 22 g de sel et le sel ne se dissout plus dans l'eau

Le résultat des expériences: (ce que je vois, ce que je constate)

Je constate que si on met 22 g de sel et 145 g d'eau l'eau ne se dissout plus dans l'eau

Connaissances générales: (ce que j'ai appris, ce que j'ai compris)

Figure 3 - Fiche d'expérience complétée lors d'une démarche d'investigation sur la dissolution du sel dans l'eau [8].

raisonner, argumenter leurs résultats et leurs idées, et ils ont ainsi construit des connaissances pas à pas. L'élaboration d'une trace écrite personnelle rigoureuse qui a pris tout son sens à partir de la présentation d'un cahier de laboratoire du chercheur a suscité beaucoup de concentration, d'ardeur au travail et de curiosité d'apprendre.

Le cahier de laboratoire de l'école au lycée, des textes officiels aux pratiques pédagogiques dans les classes

Dans les programmes officiels de l'école primaire [9] figurent des références explicites au carnet d'observations ou d'expériences. De même, dans les programmes de physique-chimie des classes préparatoires aux grandes écoles [10], l'utilisation du cahier de laboratoire est encouragée comme outil pour former les étudiants à la conduite de projet et à la présentation de leurs travaux. Enfin, dans le référentiel du BTS Métiers de la chimie [11] qui entrera en vigueur en septembre 2016, un module de communication scientifique va permettre de développer des capacités du (de la) futur(e) technicien(ne) à consigner les résultats expérimentaux dans un cahier de laboratoire, document restant à la disposition de l'étudiant(e) lors d'une épreuve expérimentale prise en compte pour l'obtention du diplôme. Le cahier de laboratoire n'est pas mentionné dans les autres programmes. Cependant, on recommande, au collège, la production de traces écrites lors des activités expérimentales (contribution notamment à la maîtrise de la langue française) et, au lycée, le développement de la compétence « communiquer » (prise en compte dans l'épreuve pratique de physique-chimie des baccalauréats S et STL-SPCL).

Peu de documents ressources ont été produits sur cet outil de formation à la communication et aux sciences, si ce n'est au niveau de l'école primaire [12], et très récemment lors de l'évolution de l'épreuve pratique du concours des Olympiades nationales de chimie [13].

Dans l'enseignement secondaire, des comptes rendus de TP sont régulièrement rédigés par les élèves et parfois relevés par les enseignants, mais la tenue d'un cahier de laboratoire est encore peu observée. Certains établissements l'ont néanmoins mis en place avec profit dans toutes les classes, de la seconde à la terminale ; les équipes témoignent de son apport dans le suivi de l'acquisition des compétences de la démarche scientifique, et plus particulièrement en ce qui concerne l'appropriation des problématiques étudiées et l'autonomie des élèves à les résoudre [14].

En conclusion, du travail de description et d'argumentation à l'école primaire et au collège, à l'explicitation des démarches de résolution de problématiques scientifiques ou techniques au lycée ou dans l'enseignement supérieur, le cahier de laboratoire se révèle être un levier pour favoriser la langue française, mobiliser le vocabulaire et les langages scientifiques, développer les compétences scientifiques, capitaliser des savoir-faire, rendre les élèves et les étudiants autonomes, et les préparer aux métiers de chercheur, technicien ou ingénieur. Lors de la formation initiale aux métiers de l'enseignement, dans le cadre des parcours MEEF (masters

enseignement éducation formation) proposés par les ESPE, comme dans le cadre de la formation continue, une réflexion sur l'intérêt du cahier de laboratoire, sur diverses modalités de mises en œuvre, sur la progressivité dans les contenus attendus, sur l'évaluation des productions écrites et sur son utilisation lors des évaluations gagnerait à être proposée aux enseignants.

Notes et références

- [1] <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b8451521n/f1.image>
- [2] Le Réseau C.U.R.I.E fédère depuis 25 ans les professionnels de la valorisation, du transfert de technologie et de l'innovation issue de la recherche publique.
- [3] Cahier de laboratoire national : <https://www.curie.asso.fr/-Cahier-de-laboratoire-national-.html>
- [4] INPI : Institut national de la propriété intellectuelle.
- [5] Robyr J., Les enjeux du cahier de laboratoire (électronique ?), 10 avril 2014, Systèmes d'information/EPFL, <http://actu.epfl.ch/news/les-enjeux-du-cahier-de-laboratoire-electronique>
- [6] Commission SFSTP, Amiard A., Le cahier de laboratoire électronique (CLE), *STP Pharma Pratiques*, 2011, vol. 21(6).
- [7] ASTEP : accompagnement en sciences et technologie à l'école primaire (<http://fondation-lamap.org/fr/astep>).
- [8] La production personnelle des élèves peut comporter quelques imprécisions. La partie connaissances générales de cette fiche est ensuite correctement complétée lors de l'institutionnalisation des connaissances.
- [9] Programmes de l'école primaire entrés en vigueur en 2008 : les travaux des élèves en sciences font l'objet d'écrits divers consignés, par exemple dans un carnet d'observations ou un cahier d'expériences (www.education.gouv.fr/bo/2008/hs3/default.htm).
- [10] Nouveaux programmes de physique-chimie de CPGE entrés en vigueur en 2013 : www.education.gouv.fr/cid72084/au-bo-special-du-30-mai-2013-programmes-des-classes-preparatoires-aux-grandes-ecoles.html
- [11] Module communication scientifique du référentiel du nouveau BTS Métiers de la chimie (https://www.sup.adc.education.fr/btslst/referentiel/BTS_Metier_chimie.pdf).
- [12] Eduscol : le cahier d'expériences, <http://eduscol.education.fr/cid46561/le-cahier-d-experiences.html> ; Fondation La Main à la Pâte (LAMAP), [www.fondation-lamap.org/fr/search-document-pedagogique?facet\[im_categorie_pedagogique\]\[2128\]=2128](http://www.fondation-lamap.org/fr/search-document-pedagogique?facet[im_categorie_pedagogique][2128]=2128)
- [13] Notice et exemple commenté de cahier de laboratoire pour l'épreuve pratique du concours des ONC : www.olympiades-chimie.fr/documents/2015_Notice-cahier-de-laboratoire.pdf ; www.olympiades-chimie.fr/documents/2014_cahier-de-labo_commente.pdf
- [14] Le cahier de laboratoire en physique-chimie, de la seconde à la terminale au lycée Guehenno de Flers (Orne) : <http://physique-chimie.discip.ac-caen.fr/spip.php?article309>



C. Barbey



F. Launay



M.-B. Mauhourat



J. Randon

Carole Barbey est maître de conférences à l'Université Paris 13, **Franck Launay**, professeur à l'Université Pierre et Marie Curie, Paris 6, **Marie-Blanche Mauhourat**, Inspectrice générale de l'Éducation nationale, groupe physique-chimie, et **Jérôme Randon**, professeur à l'Université Claude Bernard Lyon 1.

Courriels : carole.barbey@univ-paris13.fr, franck.launay@upmc.fr, marie-blanche.mauhourat@education.gouv.fr, jerome.randon@univ-lyon1.fr