



HAL
open science

Démarche scientifique et Black Boxes : une expérience utile, frustrante mais passionnante pour nos étudiants

Maya Lemaitre, Stéphanie Bonneau

► To cite this version:

Maya Lemaitre, Stéphanie Bonneau. Démarche scientifique et Black Boxes : une expérience utile, frustrante mais passionnante pour nos étudiants. 2019. hal-02077732

HAL Id: hal-02077732

<https://hal.science/hal-02077732>

Submitted on 23 Mar 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Démarche scientifique et Black Boxes : une expérience utile, frustrante mais passionnante pour nos étudiants

Maya Lemaitre, Stéphanie Bonneau

Sorbonne Université, Faculté des Sciences et Ingénierie, UFR 925, 4 place Jussieu, Paris, France.

Qu'est-ce que la science ? Comment est-ce que ça fonctionne ? Quelles en sont les spécificités ? Sans doute s'agit-il d'un ensemble d'approches impliquant non seulement l'acquisition de connaissances explicatives du monde naturel, mais aussi la conquête des moyens d'y agir concrètement et efficacement. La démarche scientifique se donne en tous cas pour dessein une connaissance vraie du monde ce qui la différencie de beaucoup d'autres activités ayant des buts louables (améliorer la société, donner de l'espoir, véhiculer des opinions, convaincre...). Ce savoir vrai est en effet lié à une volonté double de produire des connaissances en adéquation avec la réalité et de s'extraire des croyances et des dogmes. De nombreux scientifiques se sont frottés à ces épines, parfois acérées.

Les scientifiques testent des idées, construisent des preuves : la vision populaire de la démarche scientifique en fait une démarche très spécifique, constituée d'une série d'étapes définies, nombreuses et ordonnées. Mais la science et ses démarches sont plus complexes. Elles constituent une entreprise créative, composée d'éléments et d'approches très variés tels que l'exploration ou la découverte, mais aussi les interactions au sein de la communauté scientifique vue comme groupe social, liée donc à son environnement social et à ses contingences, à ses apports (et à ceux, en retour, dont la société bénéficie), à ses représentations. Si elle est, néanmoins, centrée sur un élément clé - le test des idées - la science est le résultat des interactions nécessairement complexes entre ces éléments très divers.

Dans le projet "Boîtes Noires" que nous décrivons dans cet article, une série d'exercices est proposée avec l'objectif de générer des situations où les conceptions préalables des étudiants sont questionnées, pour élargir leur point de vue sur la science et la démarche scientifique. Par ailleurs, ces situations ont été pensées de façon à renforcer la motivation des étudiants : elles constituent des mises en situation stimulantes et conduisent à la construction d'un rapport "intellectuel" et personnel à la science ce qui, ne le cachons pas, est implicitement recherché par les enseignants-chercheurs et les évaluateurs que nous sommes ! Le projet "Boîtes Noires" est donc la première marche menant à un rapport universitaire à la connaissance.

Par ailleurs, ce projet - mené par les étudiants de façon autonome et en groupes - les met en situation de confronter et de renforcer leurs connaissances, de faire des liens entre elles, entre les différentes disciplines scientifiques qui leur ont été et qui leur sont enseignées. Il les met en situation de mettre en place une compréhension personnelle et en profondeur des notions préalablement et nouvellement acquises.

Le projet "Boîtes Noires" se déroule en deux séquences. La première, qui s'étend sur le premier mois et demi d'enseignement, commence par une séance introductive qui donne aux étudiants les objectifs d'apprentissage, ainsi qu'un premier regard sur la démarche scientifique et la ou les conceptions qu'ils peuvent en avoir à travers un "brainstorming". Classiquement, les aspects technologiques, les "instruments scientifiques" et les méthodes complexes prennent la plus grande part de ces représentations préalables. Le fait qu'il s'agit d'activités intellectuelles (calculer, réfléchir, penser) est clairement énoncé comme central. Viennent ensuite les "Grandes découvertes", puis des notions comme l'intuition ou le génie qui sont plus faiblement énoncées.

Dans la suite de cette première séquence d'enseignement, des cours d'histoire des sciences alternent avec des "Ateliers Boîtes Noires". Les séances de cours présentent quelques concepts épistémologiques utiles (observation et interprétation, théories, modèles, lois...) ainsi que quelques inférences logiques (déduction, induction...). Parallèlement, pendant les ateliers, les étudiants sont amenés à mettre en pratique ces concepts.

Les trois ateliers proposés ont le même dispositif (Fig.1). Chaque groupe d'étudiants dispose d'une boîte blanche contenant onze objets, monde en réduction que les étudiants peuvent ouvrir afin d'en étudier les caractéristiques. Il s'agit de la phase d'exploration. Ils disposent également d'une boîte noire renfermant un objet mystère choisi parmi les onze objets potentiels de la boîte blanche. La boîte noire, bien sûr, ne doit pas être ouverte durant l'atelier. Elle sera l'objet d'une étude ayant pour but de déterminer la nature de l'objet mystère qu'elle contient.



Fig.1: Dispositif des "Ateliers Boîtes Noires". Chaque groupe dispose d'une boîte blanche contenant 11 objets potentiels et d'une boîte noire contenant le ou les objets mystères.

La démarche mise en œuvre, systématique, est celle du test des idées : formulation des hypothèses, des prédictions correspondantes, réalisation des tests et établissement des conclusions.

Au cours de chacun des ateliers, une procédure différente est mise en œuvre. Dans le premier, chaque boîte noire contient un seul objet. A la fin de la séance, les groupes présentent leur démarche et leurs conclusions, dont la pertinence est débattue avec l'ensemble de la classe. Puis la boîte est ouverte afin de rendre objective l'efficacité de la démarche scientifique suivie. Le second atelier suit le même déroulé mais, cette fois, la boîte noire contient deux objets, dont les interactions doivent donc être prises en considération lors de l'étude proposée. Enfin, lors du troisième et dernier atelier, tous les groupes ont chacun une boîte noire contenant, toutes, le même objet. Cette fois, la boîte n'est pas ouverte à la fin de la séance, et la "vérité scientifique" émerge des débats entre les groupes - comme cela est d'ailleurs le cas dans la vie des chercheurs.

A la fin de ce dernier atelier, les principaux éléments de la démarche scientifique ayant été abordés, une "vraie boîte noire" est distribuée à chaque groupe. Cette boîte contient un objet quelconque, du monde réel, dont bien sûr ni les étudiants ni l'enseignant qui encadre les séances de structuration n'ont connaissance. Pour permettre aux étudiants de résister à leur curiosité, cette boîte est scellée. Son étude va constituer la seconde séquence du projet. Pour cela, les étudiants disposent d'un accès au FabLab de l'université, de l'aide bienveillante de leurs enseignants et des personnels des plateformes de TP, et de toute leur imagination. Les règles du jeu sont données très clairement : on n'ouvre pas la boîte, même lors de l'évaluation (c'est la démarche qui est évaluée). L'évaluation sera faite à la fois par les pairs (les autres étudiants) et par un jury de chercheurs, sur la base d'une grille détaillée donnée en même temps que la boîte noire. La note finale de chaque étudiant est constituée de la moyenne entre ces deux notes et d'une note reflétant la corrélation entre les notes qu'il a attribuées aux différents groupes et celles données par le jury.

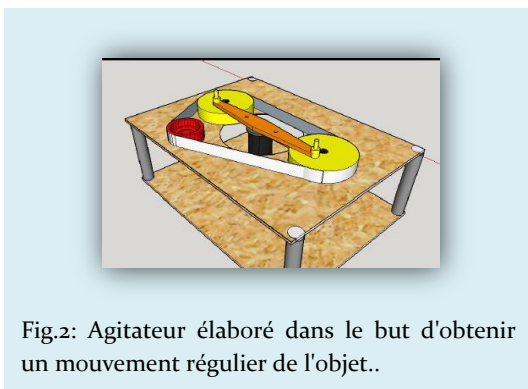


Fig.2: Agitateur élaboré dans le but d'obtenir un mouvement régulier de l'objet..

Au cours de la mise en œuvre de cette étude, les étudiants déploient différentes stratégies. D'abord, ils reprennent les expériences réalisées lors des ateliers. Compte tenu des incertitudes généralement importantes de ces expériences, ils proposent souvent des améliorations expérimentales (Fig. 2). Ils peuvent, par exemple, produire et analyser des enregistrements des bruits caractéristiques de l'objet dans la boîte à l'aide de logiciels tels qu'Audacity ; il peuvent aussi proposer des disposi-

tifs mécaniques pour améliorer la régularité et la reproductibilité des mouvements engendrant ces bruits et/ou faire varier les conditions expérimentales (les effets de la température sont beaucoup étudiés). Enfin, des modèles simples (chute libre, frottements etc...) peuvent être proposés pour interpréter les résultats.

Simultanément, les étudiants proposent des expériences directement issues d'expériences de cours suivis lors du semestre (calorimétrie, chute le long d'un plan etc...). Un peu plus tard dans la séquence, les groupes commencent à proposer des expériences plus personnelles, mettant en jeu des dispositifs plus ou moins complexes (fig. 3). Ils sollicitent parfois des "collaborations" basées sur des besoins de technologies de mesures. Ils ont, par exemple, sollicité assez massivement des musées parisiens pour passer leurs boîtes noires aux rayons X, parfois même des laboratoires médicaux ou de recherche pour utiliser des méthodes de pointe (Tomographie par exemple). Dans ces cas, ils doivent, bien sûr être en mesure d'exploiter et de comprendre leur résultats, mais aussi de les défendre face à leur "communauté" puisqu'ils seront évalués par leurs pairs sur la démarche qu'ils ont mise en œuvre. Ils doivent donc, à leur niveau, avoir compris la méthode utilisée et être capables de l'expliquer.

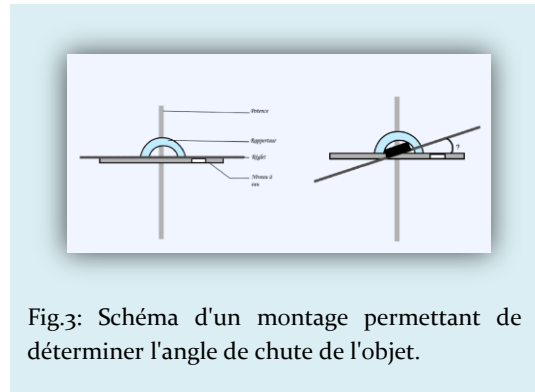


Fig.3: Schéma d'un montage permettant de déterminer l'angle de chute de l'objet.

Dans l'exploitation des données (utilisation de l'imprimante 3D par exemple) comme dans la réalisation des dispositifs expérimentaux, les étudiants ont largement utilisé les ressources du FabLab, y acquérant des capacités techniques certaines. Ils ont également clairement compris l'importance des incertitudes (qui accompagnent quasi-systématiquement toute mesure faite, ce qui est loin d'être le cas pour les autres étudiants de L1). Leurs résultats sont discutés au regard de la littérature existante, par exemple comparés à des tables de données sur les matériaux, ou des standards d'objets industriels. Les "témoins" et les "étalons" étant nécessaires à l'analyse des données, ils sont rarement oubliés. Enfin, les remerciements présentés lors de la séance d'évaluation expriment clairement le fait que le rôle bénéfique des collaborations, internes comme externes, est assez bien compris. Et, bonne nouvelle, l'appropriation des critères d'évaluation, et par là même de la démarche scientifique, est attestée par le fait que les notes données par les pairs s'écartent peu de celles données par le jury de chercheurs.

Les retours des enseignants comme ceux des étudiants sont très positifs. La motivation semble renforcée, la démarche d'investigation assez bien comprise et, surtout, les étudiants commencent à développer un rapport personnel au savoir, à faire des liens entre leurs différents enseignements, et ainsi à construire, dès le L1, un rapport universitaire à la connaissance. Enfin, en se lançant dans ce projet, les étudiants ont très nettement amélioré leur connaissance de l'Université, des personnes (étudiants et personnels) qui la constituent, des locaux, des ressources à leur disposition... L'Université est devenue la leur.

Vous l'aurez compris, ce projet nous semble être un exercice riche et stimulant, qui aide les étudiants à prendre pied à l'université et à s'inscrire dans leur rôle d'étudiant. De l'avis de tous, il constitue un apprentissage réel, y compris sur le plan disciplinaire. Il représente cependant une entrée dans les apprentissages par des objectifs de "haut niveau", nécessitant certainement d'avoir préalablement acquis un niveau académique suffisant ainsi que compris certaines conditions implicites de réussite.