

Défier les lois de la physique

Frédéric Bouquet, Julien Bobroff, Lindsey Paek*

Quand l'erreur devient un outil pédagogique en physique expérimentale.

La physique est une science expérimentale, et les enseignants s'accordent sur l'importance des travaux pratiques (TP) dans le cursus des étudiants, au lycée comme à l'université. À l'université, les enseignants ont souvent une activité de recherche en parallèle d'une activité de l'enseignement. Mais en quoi les TP qu'un enseignant-chercheur encadre ressemblent-ils à la façon dont il pratique la physique dans son laboratoire ?

Les TP en physique se déroulent souvent dans de grandes salles avec le même montage dupliqué, dans lesquelles les étudiants, souvent en binômes, suivent un protocole précis pour réaliser les mêmes mesures. Ces TP « presse-boutons » présentent des avantages face à la massification de

l'enseignement, car ils sont faciles à entretenir, à encadrer et à corriger.

Cependant ce format donne aux étudiants une vision faussée de la physique expérimentale :

l'idée qu'il existe un unique « bon » résultat, et que tout écart par rapport aux prédictions théoriques est une erreur, conséquence d'un travail mal fait. Cette vision pousse certains à modifier leurs mesures artificiellement pour se rapprocher des attentes ou, pire, à inventer des mesures.

Une telle approche est en contradiction avec la démarche scientifique et la pratique réelle en laboratoire, où l'exploration, l'erreur, et le questionnement sont au cœur de la recherche. Il est donc essentiel de permettre aux étudiants de faire l'expérience de l'erreur comme une étape normale et enrichissante du processus expérimental.

CRÉER DES DISPOSITIFS EXPÉRIMENTAUX

Une façon de se rapprocher de la démarche expérimentale est de proposer aux étudiants des problèmes ouverts à résoudre ou des projets à réaliser, pour les amener à s'écarter des solutions idéalisées et à expérimenter des résultats moins prévisibles. Avec ces approches, l'autonomie des étudiants sur les démarches à effectuer peut être plus grande, et il y a souvent plusieurs façons également satisfaisantes d'aborder le problème et le résoudre. Cela permet de redéfinir la façon dont les étudiants perçoivent la physique expérimentale.

Ces dernières années, nous avons développé plusieurs formats de cours qui reprennent ces idées, en insistant sur le travail de groupe et sur l'autonomie des étudiants.

Certains mécanismes nous semblent particulièrement efficaces : sortir le cours de la salle de TP,

en utilisant du matériel de la vie quotidienne. Aller dans une autre salle permet d'ancrer les expériences dans le réel, en dehors des situations idéales que proposent les TP presse-boutons. Le recours à des objets tels que des ficelles, des cartons, du Scotch, ou du papier alu permet aux étudiants de construire leurs propres dispositifs expérimentaux. Certes, ces objets du quotidien sont limités par rapport aux instruments de laboratoire ; mais la nécessité de concevoir soi-même le dispositif est très formatrice. Cela permet de valoriser des compétences chez les étudiants rarement mises en avant dans le cursus, telles que la créativité et la capacité de bricolage.

De plus, l'utilisation des smartphones comme instruments de mesure, grâce aux différents capteurs qu'ils contiennent, offre une autre opportunité pour connecter les étudiants à des outils déjà connus et maîtrisés.

DES DÉFIS... DES NOTES ?

« Les défis olympiques (pas sportifs) » sont un de ces formats expérimentés. Les étudiants, partagés en équipes, doivent concevoir et tester différents dispositifs : fabriquer une tour en papier la plus haute possible qui puisse soutenir un smartphone en position verticale ; créer un appareil pour mesurer une durée sans électronique et mesurer le plus précisément possible la durée d'une vidéo qui est projetée une seule fois ; concevoir et vulgariser une expérience de physique comme pour la Fête de la science ; construire un dispositif qu'on puisse jeter par la fenêtre, contenant un œuf qui doit rester intact, et dont le temps de chute soit de deux secondes... Ces défis se déroulent dans une salle de classe, avec les tables installées en ilot, et une abondance de matériel du quotidien.

Comment évaluer ces activités ? Nous avons décidé de totalement découpler la note de la qualité des réalisations. Durant l'enseignement, nous faisons des retours réguliers aux étudiants sur leur travail. Les dispositifs qu'ils fabriquent sont testés, les performances sont comparées, et des discussions sont organisées sur les résultats et les méthodes de travail. En revanche, la notation est identique pour tous : une note de 18/20.

Dès le début, nous prenons le temps d'expliquer les objectifs pédagogiques, que ces activités visent à apprendre par l'expérimentation, développer l'autonomie, et cultiver l'esprit d'équipe. En termes de « notation », une compétition ludique et sans pression, accompagnée de médailles symboliques, est organisée à chaque défi. Charge à nous, par notre comportement et notre animation de

Nous avons décidé de totalement découpler la note de la qualité des réalisations.

* Frédéric Bouquet est maître de conférence en physique, université de Paris-Saclay CNRS, Institut Villebon-Georges Charpak.

* Julien Bobroff est professeur des universités en physique, université de Paris-Saclay CNRS.

* Lindsey Paek est post-doctorante, Centre d'expérimentation pédagogique, Institut Villebon-Georges Charpak.

séance, d'assurer que la compétition ainsi installée soit motivante mais reste bienveillante.

L'objectif clé est de réorienter la motivation des étudiants : il ne s'agit pas de « réussir pour la note », mais d'oser expérimenter et apprendre la physique avec plaisir. Les échecs, qu'ils proviennent de conceptions imparfaites ou de difficultés organisationnelles, sont intégrés au processus d'apprentissage. Ces moments offrent des opportunités pour progresser, grâce aux retours réguliers et à l'observation des autres équipes. Dans ce cadre, les erreurs ne sont plus un obstacle, mais un véritable levier de réflexion et de créativité.

LE DROIT DE TÂTONNER

À la fin des deux jours, nous organisons systématiquement une séance de débriefing, pendant laquelle les étudiants peuvent s'exprimer librement sur leur expérience. Leurs retours sont généralement très positifs, malgré quelques appréhensions initiales (dans une des formations, notre enseignement intervient juste après une période chargée d'examens pour les étudiants). Les points les plus souvent soulignés comme bénéfiques incluent : le travail en équipe et l'autonomie accordée dans la résolution des défis ; la créativité permise, qui s'éloigne des approches traditionnelles ; et le droit à l'erreur, perçu comme libérateur.

En effet, l'absence de pression liée à la notation a particulièrement marqué les étudiants. Beaucoup ont exprimé leur soulagement de pouvoir expérimenter sans crainte, tester des solutions originales et parfois audacieuses – sans conséquence négative sur leur scolarité ou le reste de l'équipe. Une étudiante a confié : « *C'est la première fois que j'avais le droit de me tromper* », malgré trois années de licence en physique. Les étudiants ont également souligné que, dans un cadre traditionnel avec des notes, certains auraient triché, grand tabou dans la pratique en laboratoire.

Proposer des problèmes ouverts, qui n'admettent pas une solution unique mais de multiples solutions, transforme aussi le rôle de l'enseignant. Il faut accepter de ne pas tout maîtriser et être prêt à dire « je ne sais pas, teste pour voir ». Cette posture, bien que déstabilisante pour certains collègues, rapproche les étudiants de ce qu'est vraiment la physique expérimentale. L'enseignant n'est plus celui qui a réponse à tout, mais il incarne la démarche expérimentale, même lorsqu'on est face à des résultats inattendus.

EXPÉRIMENTER EN COLLABORANT : TOUJOURS POSSIBLE ?

L'avantage de ce type d'apprentissage est qu'il est adaptable à divers contextes et publics. Ainsi, nous avons testé des enseignements similaires (problèmes ouverts, matériel frugal) en L1, L2, L3, et M1, avec des modalités variées, tant sur le format (défis, fictions, dans la forêt) que dans le découpage temporel (deux jours consécutifs, une



demi-journée par semaine, une semaine entière). À priori, ce type d'activités n'est pas limité à la physique ou à l'université : tant que l'esprit d'expérimentation et de collaboration est priorisé, elles peuvent être adaptées en conséquence.

Il y a néanmoins des limites à considérer. La première est la taille des classes, car des effectifs trop nombreux pourraient rendre difficile le soutien individuel et les débriefings, essentiels pour promouvoir un environnement d'apprentissage sécurisé où les élèves ou les étudiants se sentent à

l'aise pour tester et faire des erreurs. L'autre est la sécurité lors des manipulations, particulièrement importante dans certaines disciplines (chimie, biologie) d'autant plus si les étudiants sont mineurs : il faut alors un cadre et des limites claires.

De toute façon, nous ne pensons pas que les TP doivent tous changer de format, et les TP presse-boutons sont utiles, bien sûr. Au-delà de leurs avantages logistiques, ces derniers permettent l'apprentissage de gestes techniques fondamentaux (aligner des lentilles ou utiliser un oscilloscope correctement, etc.) et offrent une illustration concrète des modèles physiques.

Mais ne laissons pas croire aux étudiants qu'un résultat qui semble diverger de ce que prédit le cours est forcément une erreur ! En embrassant le droit à l'erreur et en valorisant des résultats inattendus, nous pouvons former non seulement des physiciens compétents, mais aussi des esprits scientifiques prêts à relever des défis complexes et imprévisibles. ■

Il ne s'agit pas de « réussir pour la note », mais d'oser expérimenter et apprendre la physique avec plaisir.