

Licence L1 – Domaine Sciences, Technologie, Santé  
Année 2017/2018 – 1<sup>er</sup> semestre

## TECHNIQUES EXPÉRIMENTALES

### Document de référence

### Pourquoi mesurer ?

*« Quiconque sera convaincu d'avoir sciemment et à dessein, vendu à faux poids ou à fausse mesure, après avoir été précédemment puni deux fois par voie de police, à raison d'un délit semblable, subira la peine de quatre années de fers. »*

Code pénal de 1791<sup>1</sup>

## I. — La démarche physicienne

La physique est une discipline qui s'occupe de décrire certains aspects de la réalité. Elle permet d'effectuer des prédictions et ainsi de répondre à des questions comme : « Quel débit d'eau faut-il pour refroidir un réacteur nucléaire? », « À quelle heure aura lieu la prochaine pleine mer? », « Combien de temps mettra une bille pour chuter de deux mètres? », etc.

Pour parvenir à notre compréhension présente de la réalité sensible, il a fallu confronter des descriptions théoriques, de pensée, avec des expériences. Confronter le réel et l'intellect a été un processus long qui a permis de construire un système d'analyse particulièrement performant (même s'il n'est pas achevé). Parmi bien d'autres choses, il permet aujourd'hui de calculer avec une extrême précision la durée du jour prochain, et de vérifier le lendemain par une mesure que l'on ne s'était pas trompé. Toute théorie physique descriptive doit pouvoir subir le test de l'expérience.

### I.1. — L'expérience pour valider une prévision théorique

Si l'on réalise une expérience, c'est souvent dans l'espoir que la théorie déjà formulée, utilisée pour décrire une situation physique, est performante, c'est-à-dire qu'elle a des qualités prédictives. Par exemple, madame WU<sup>2</sup> a conçu une expérience de physique nucléaire afin de montrer avec succès la violation de la parité<sup>3</sup>, à savoir que les lois de la physique ne s'appliquent pas de la même façon à deux objets qui seraient images l'un de l'autre dans un miroir<sup>4</sup>.

1. Il s'agit d'un extrait du code pénal révolutionnaire, deuxième partie, titre II, section II, article XLVI, dont le texte intégral est accessible ici : <http://goo.gl/zbaja2>.

2. Chien-Shiung WU, née le 13 mai 1912 à Shanghai et morte le 16 février 1997 à New York, fut une physicienne sino-américaine, spécialiste de physique nucléaire. Elle travailla notamment à l'enrichissement de l'uranium pour le Projet Manhattan, afin de construire la première bombe atomique.

3. Les théoriciens LEE et YANG en ont effectué la prévision théorique et ont reçu le prix Nobel en 1957 peu après la découverte expérimentale de Madame Wu, qui, elle, n'a pas été récompensée.

4. Il s'agit ici d'un effet faible, que l'on peut mettre en évidence en physique nucléaire. En chimie organique par exemple, on néglige à juste titre cet effet de sorte qu'on considère que deux énantiomères ont exactement les mêmes propriétés physico-chimiques

## I.2. — L'expérience pour invalider une théorie existante

Une expérience peut aussi être réalisée dans le but de réfuter une théorie. C'est ainsi qu'à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle MICHELSON et MORLEY ont pu mettre en doute<sup>5</sup> l'existence de l'éther — hypothétique support matériel des vibrations d'une onde électromagnétique comme la lumière.

## I.3. — L'expérience pour établir une théorie

Des expériences ou observations effectuées peuvent conduire à formuler une théorie qui n'existait pas jusqu'à présent. En 1820, le savant danois CÆRSTEDT découvrit<sup>6</sup> que le passage d'un courant électrique pouvait faire dévier une boussole placée dans son voisinage. Cette observation permit d'établir le lien intime existant entre électricité et magnétisme. Le passage de l'observation à l'établissement d'une théorie prit du temps. Cela prit trois années à AMPÈRE<sup>7</sup> pour formuler une théorie qui ramène de la sorte les phénomènes de l'électrodynamique, du magnétisme, de l'électro-magnétisme et du magnétisme terrestre, au seul fait de l'action mutuelle de deux courants; et de proposer une formule de la force entre deux éléments de circuits parcourus par des courants. Toute sa théorie est, il l'affirme<sup>8</sup>, uniquement déduite de l'expérience.

## I.4. — L'expérience et la recherche en physique

Si l'on dispose d'une théorie, on compare les résultats de l'expérience à ses prédictions. S'ils sont compatibles, la théorie fournit une bonne description<sup>9</sup>. S'ils ne sont pas compatibles, alors soit la théorie est à rejeter<sup>10</sup>, ou, et c'est souvent le cas, des phénomènes ont été négligés à tort. Par exemple pour la chute libre, on néglige souvent les frottements, ce qui peut se révéler être une simplification abusive.

En résumé, pour un.e chercheur.e, l'expérience permet :

- de valider une théorie. Plus exactement son résultat permet d'affirmer que la théorie qui décrit l'expérience n'est pas incompatible avec la réalité.
- de réfuter (invalider) une théorie en montrant que ses prédictions vont à l'encontre de faits réels.
- d'obtenir des résultats utiles pour construire une théorie, en l'absence de celle-ci. Tant qu'on n'a pas obtenu de théorie (ce qui arrive), on fait ce qu'on appelle de la *phénoménologie*. On s'attache à décrire les phénomènes qu'on ne parvient pas autrement à prédire ou expliquer.

---

5. Le consensus actuel est que l'éther n'existe pas et que les ondes lumineuses se propagent bien dans le vide, sans support matériel.

6. Hans Christian CÆRSTEDT, *Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneticam*, traduit et publié en France par François ARAGO sous le titre « Expériences sur l'effet du conflict électrique sur l'aiguille aimantée » dans les *Annales de chimie et de physique*, vol. 14, p. 417-425 (Paris, Crochard, 1820). Le texte intégral est accessible en ligne à l'adresse suivante : <http://goo.gl/IG5cT>.

7. Ce physicien et mathématicien français est né en 1775 et mort en 1836. Son nom est resté populaire par son étourderie qui était devenue proverbiale. C'est à son cours de l'École Polytechnique, au milieu des élèves, que ses distractions éclataient dans toute leur singularité. Quand il avait achevé une démonstration sur le tableau, il ne manquait presque jamais d'essuyer les chiffres avec son foulard, et de mettre dans sa poche le chiffon traditionnel; toutefois, bien entendu, après s'en être préalablement servi! Cette anecdote est tirée de l'article AMPÈRE du *Grand dictionnaire universel du XIX<sup>e</sup> siècle* de Pierre LAROUSSE (Paris, Librairie Classique Larousse et Boyer, 1870).

8. André-Marie AMPÈRE, *Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience*, in Mémoires de l'Académie Royale des Sciences, année 1823, tome VI, p. 175-388 (Firmin Didot, Paris, 1827); accessible ici : <https://goo.gl/EwazoB>.

9. On ne peut donc l'invalider, ce qu'on considère souvent comme un succès de la théorie.

10. Il s'agit aussi d'un succès, car il donne du grain à moudre à des générations de théoriciens.

## II. — D'autres démarches

Ingénieur.e.s et technicien.e.s sont bien souvent intéressés par la mesure d'une quantité<sup>11</sup>. Il peut s'agir de développer un nouveau produit ou service, ou bien d'effectuer un calcul de nature économique. « Quel rendement a cette nouvelle cellule photoélectrique? », « Combien d'essence ce moteur consomme-t-il? ». Ces questions intéressent aussi les scientifiques d'autres disciplines que la physique, que ce soit la géographie, l'histoire, la sociologie, etc.

Mesurer, quantifier les choses, est une démarche qui a de toute façon *son intérêt propre*.

## III. — La place de l'expérience dans votre formation

Pour toutes ces raisons, quel que soit le métier auquel vous vous destinez, acquérir un savoir expérimental solide est nécessaire. Faire des *travaux pratiques* vous entraînera à réaliser des expériences *correctes*, c'est-à-dire des expériences dont les résultats sont exploitables.

Certes certaines expériences réussiront ou échoueront. Mais là n'est pas le problème : dans tous les cas, bien réalisées, elles nous apportent des informations. Il est donc nécessaire d'apprendre à effectuer des expériences de la meilleure manière possible, pour au moins pouvoir en déduire quelque chose ; et en outre il faut savoir en rendre compte.

Une des conditions d'obtention d'une expérience correcte, c'est d'avoir des instruments adéquats. À défaut il faut les concevoir et les construire. Par exemple, si l'on souhaite mesurer le temps de chute libre d'un corps du haut d'une table et qu'on réalise une expérience avec un cadran solaire comme seul outil de mesure du temps, l'expérience ne risque pas d'être concluante. Et on ne pourra vérifier si la théorie de Galilée est adaptée, si tel était notre objectif initial.

En outre, il est nécessaire d'utiliser ces instruments de la meilleure façon possible, c'est-à-dire à leur limite de résolution.

Il faut aussi s'efforcer de reproduire plusieurs fois l'expérience pour être raisonnablement sûr de ses résultats. Ou tout du moins en faire une description suffisamment précise pour que d'autres, indépendamment, puissent tenter de la reproduire.

Pour résumer, lors des séances de travaux pratiques à venir, on vous propose d'apprendre à :

- mesurer correctement (on dit souvent faire une mesure *propre*) ;
- exprimer les résultats d'une expérience selon les normes (ou canons) en vigueur ;
- le cas échéant vérifier la qualité prédictive d'une théorie (sous réserve que l'expérience permette de conclure) ;
- conserver un regard critique sur sa propre production scientifique (autrement dit proposer des améliorations et se demander ce qu'on aurait pu faire d'autre).



---

11. Autrement dit, le mesurage d'un mesurande.