

# Physique expérimentale et physique théorique : quelles sont les différences?

Alain Haché

Département de physique et d'astronomie

Université de Moncton, Canada

© *www.unregardscientifique.com*

Les physiciens<sup>1</sup> ont la coutume de se classer en deux camps, soit les théoriciens d'une part et les expérimentateurs de l'autre. Les premiers sont ceux qui calculent; les seconds sont les rats de laboratoire. Il arrive toutefois qu'on excelle dans les deux domaines. C'était le cas notamment d'Isaac Newton. En plus de ses découvertes théoriques sur la mécanique et la gravité, il a expérimentalement percé le secret des couleurs de la lumière et développé un type de télescope à base de miroirs, toujours utilisé de nos jours. Mais les Isaac Newton sont aujourd'hui plutôt rares, peut-être parce que la physique est beaucoup plus développée qu'à son époque, de sorte qu'il faut se spécialiser d'avantage.

Dans cet article je vais comparer ces deux volets de la physique. Pour un étudiant se dirigeant vers une carrière scientifique, il est utile de comprendre les différences, les pour et les contres de chacun. Même si mon analyse se limitera à ce que je connais le mieux, la physique, on pourrait dire bien des choses similaires sur les autres sciences.

## **Yin et yang**

Un jour, au diner, je faisais remarquer à des collègues qu'on pourrait bientôt remplacer tous les théoriciens par *Mathlab*, un logiciel de calcul beaucoup utilisé par les scientifiques. Pensant que j'étais sérieux, un théoricien assis à la table n'a pas du tout apprécié la blague. La physique théorique et la physique expérimentale, comme le yin et yang chinois, sont des engrenages nécessaires à l'avancement de la physique. Les deux se complètent. Une percée théorique importante mène souvent à une série d'expériences révélatrices. Similairement, une découverte expérimentale ouvre un terrain vierge aux théoriciens. Une partie n'est pas plus importante que l'autre; le théoricien n'est pas plus physicien que l'expérimentateur, et vice-versa.

---

<sup>1</sup> Comme dans tous mes articles, le masculin est utilisé pour rendre le texte plus fluide. Les textes visent bien sûr tout le monde.

Mais cela ne veut pas dire que nous percevons pareillement les deux aspects de cette science. Pour le public en général, le yin est plus gros que le yang. Demandez à n'importe qui de vous nommer des physiciens célèbres, et vous entendrez les noms d'Einstein, Planck, Maxwell, Bohr, Heisenberg, Schrödinger, Feynman, Fermi, Pauli... tous des théoriciens pure laine. Nos programmes d'enseignement étant surtout axés sur la théorie, il n'est pas surprenant que ces physiciens soient populaires. En revanche, les géants de la physique expérimentale sont beaucoup moins connus. (Je vous glisse les noms de Michelson, Millikan, Shockley, J.J. Thompson, M. Curie et Aspect si vous êtes curieux). Leurs travaux, il va sans dire, sont tout aussi importants. D'ailleurs, les prix Nobels sont décernés en physique surtout pour des travaux expérimentaux. Depuis l'an 2000, des 22 lauréats en physique, 15 ont reçu le prix pour leurs contributions expérimentales. (Je n'ai pas eu la patience de remonter plus loin dans le temps, mais en gros la tendance est la même). Je discuterai des raisons pour cela un peu plus loin.

## **Type de travail**

Le travail d'un théoricien consiste à développer des modèles pour expliquer les phénomènes qui sont observés en physique. Cela implique du calcul analytique, avec des formules et du développement mathématique, et souvent du calcul numérique comme des simulations sur ordinateur. Les défis du théoricien sont multiples. Il faut d'abord faire preuve de créativité pour concevoir, à partir des données expérimentales, un modèle qui marche. Ça peut paraître banal, mais l'une des plus grandes difficultés dans cette tâche est d'arriver à simplifier des situations très complexes pour ne conserver que les mécanismes qui sont importants. Cette 'capacité de réductionnisme' est une aptitude qui se développe avec l'expérience, et non pas dans les cours universitaires. Si un modèle semble fonctionner, l'étape suivante consiste à faire des prédictions théoriques, ce qui implique parfois du calcul et des approximations additionnels.

Comme on peut s'imaginer, le travail d'un théoricien se fait sur papier, au tableau et surtout sur l'ordinateur. Bien des modèles théoriques sont trop compliqués pour être résolus exactement avec des mathématiques : Il n'existe pas de solution, de formule simple. L'ordinateur est alors un outil indispensable pour simuler numériquement ces phénomènes et examiner toutes sortes de scénarios possibles. (La physique numérique est un domaine fascinant qui nécessiterait un article au complet pour pouvoir bien l'expliquer). Dans ce type de travail, l'une des frustrations du théoricien est le fameux débogage de programme.

La physique au laboratoire, quant à elle, consiste à examiner, tester et démontrer différentes idées ou hypothèses sur les phénomènes physiques. Le travail de l'expérimentateur commence avec la conception de l'expérience. Chaque expérience est réalisée deux fois : une fois sur papier ou en pensée, ensuite dans la réalité. Simplicité de la procédure, précision et fiabilité sont ici des critères importants à considérer. Il ne faut pas laisser de place à l'ambiguïté ni à la possibilité d'une interprétation alternative des résultats expérimentaux.

Si en physique théorique il faut savoir faire des approximations, en physique expérimentale il faut savoir vivre avec les incertitudes reliées aux mesures. Peu importe la précision de l'instrument et le degré de soins qu'on y met, une mesure n'est jamais parfaite. Il existe toujours une incertitude, laquelle se traduit en bout de ligne comme une incertitude sur le résultat final. La problématique, c'est que l'expérimentateur doit être capable de déterminer quand une erreur expérimentale est acceptable ou non. Il n'y a pas de recette magique qu'on puisse appliquer en tout temps. C'est surtout une question de contexte : 'Qu'est-ce nous essayons de prouver? Cette incertitude nous empêche-t-elle de conclure?' Je suis toujours surpris par l'aversion quasi-universelle que les étudiants de physique portent envers l'erreur expérimentale. Pour beaucoup d'eux, une expérience n'est pas réussie tant et aussi longtemps que l'incertitude n'est pas 'négligeable' (peut importe ce qu'ils entendent par ça).

Les défis et les frustrations de l'expérimentateur sont différents de ceux d'un théoricien. Il doit surtout faire face à des difficultés techniques, des problèmes d'appareillage, et travailler avec des montages expérimentaux aussi complexes que délicats. L'expérimentateur doit aussi se tenir à jour avec la technologie et des équipements qui évoluent rapidement.

Il faut souligner une certaine asymétrie qui existe entre le yin et le yang de la physique. L'expérimentateur doit être un peu plus polyvalent que le théoricien; il doit être un peu théoricien et technicien à la fois. Par exemple, les expérimentateurs doivent régulièrement faire du calcul (typiquement plus simple que ceux des théoriciens, il faut l'admettre), alors qu'il est plutôt rare de voir un théoricien s'aventurer au laboratoire pour travailler.

L'étudiant qui doit décider entre carrière théorique et l'expérimentale devrait se demander quel genre de travail il préfère. Est-il prêt à passer beaucoup de temps sur l'ordinateur à calculer et simuler? Se sent-il à l'aise avec les mathématiques? Ou serait-il plus confortable dans un laboratoire avec un tournevis et un oscilloscope? Il faut se questionner, mais pas trop quand même, car il faut dire que les carrières de tous les physiciens dans le domaine académique finissent par se ressembler : on finit par superviser des étudiants et travailler devant un écran d'ordinateur pour écrire des

articles et faire des demandes de subventions! D'autre part, comme je connais plusieurs physiciens de formation théorique qui sont devenus expérimentateurs, et vice-versa, sauter entre le yin et le yang est toujours possible.

## **Coûts de la recherche**

Il existe une différence marquante entre les coûts associés à la recherche en physique expérimentale et théorique. Le théoricien a besoin de main-d'œuvre (étudiants, et parfois des post-docs ou des chercheurs associés) et de bons ordinateurs de calcul. En revanche, l'expérimentateur a besoin d'équipements dispendieux en plus de main d'œuvre. Plus la physique avance, plus les laboratoires sont complexes et coûteux. Seulement pour l'infrastructure, on parle souvent en millions de dollars. C'est pour cela que la physique expérimentale prend place surtout dans les pays développés. Pensez au « Large Hadron Collider », par exemple. Le coût monétaire associé à la physique expérimentale est peut-être la raison pourquoi les prix Nobels sont souvent associés aux percées importantes dans ce domaine.

## **Options d'emploi**

Pour l'apprenti-physicien, les options d'emploi que ses études vont ouvrir est une question importante. Quelles sont donc les différences à ce point de vue entre la formation théorique et expérimentale? Dans le domaine académique, les universités embauchent à peu près le même nombre de physiciens dans les deux catégories. Cela ne devrait donc pas être un critère important. Même chose pour le domaine de l'enseignement en général (écoles secondaires, collèges, Cégeps). L'industrie, par contre, donne faveur à la formation expérimentale pour des raisons évidentes. Par exemple, une compagnie qui fabrique des caméras CCD peut fort bien embaucher un physicien expérimental spécialisé en optique ou en physique des semi-conducteurs. Bien sûr, les physiciens de formation théorique percent eux aussi le secteur industriel, mais ils œuvrent typiquement dans un domaine autre que leur spécialité. Plusieurs de mes anciens collègues de PhD ont déniché des carrières intéressantes (et lucratives) dans le secteur des finances et du logiciel.

