

Formation, entre filiation et principe de réalité

Patrick Donohue, enfant du "milieu", frère de Solange et
Chantal, né le 22 juin 1973 à Bègles

19 janvier 2018

Ce texte a pour objet de présenter ce que m'a transmis mon père, dans le domaine des sciences et aussi en terme de "développement personnel" (vu que c'est ainsi qu'aujourd'hui on nomme "la formation du caractère"). Après être passé par différents "rêves d'enfants" au fur et à mesure des années d'études, je me voyais volontier devenir chercheur en sciences physiques "comme son Papa".

J'ai eu la chance de bénéficier, les unes après les autres, des différentes étapes de formation que la nation française propose, ou proposait, à ceux qui sont en réussite scolaire. J'ai ainsi terminé mes études avec un doctorat en Physique de la matière condensée, tout en faisant partie du Corps (militaire) des ingénieurs de l'armement. A un moment donné, je me suis rendu compte que je ne m'épanouirai pas dans une carrière de chercheur. Cette prise de conscience est venue graduellement. En premier j'ai compris que je ne pouvais me comparer aux plus brillants esprits en mathématiques : exit la physique (théorique) des particules élémentaires (c'est à dire la connaissance des lois "fondamentales" du microscopiquement petit).

Je me suis alors réorienté vers la physique de la matière condensée, qui non seulement semblait plus abordable (moins abstraite, et vraisemblablement moins complexe mathématiquement), et de plus a des retombées "sociétales" nettement plus visibles (l'industrie "high-tech" : les microprocesseurs, les écrans plats, les applications des supraconducteurs à haute température critique -notamment pour l'imagerie médicale). J'ai poursuivi cette "veine" jusqu'au doctorat, mais là encore je me suis rendu compte que je ne possédais pas "l'autonomie intellectuelle" me permettant d'orienter par moi-même mes recherches ; le domaine choisi était là encore quelque peu au-dessus de ma "zone de confort" en termes de complexité.

C'est donc sans traumatisme psychologique qu'à l'issue de ma thèse j'ai commencé à travailler à la DGA dans le domaine des télécommunications. Là, j'y ai trouvé un travail intéressant pour lequel je me suis senti relativement vite qualifié. Malheureusement des soucis personnels, m'ayant fragilisé, je rencontrai de gros problèmes, de ceux que l'on prend en charge en psychiatrie, problèmes qui m'amèneraient à être en arrêt maladie pendant deux années (alors que je venais tout juste de compléter ma deuxième année de travail à la DGA).

C'est une longue introduction pour expliquer que je suis allé au bout de mon souhait d'adolescent de devenir physicien théoricien, "comme le Papa". Et quand j'ai compris (bien avant la fin de la thèse, en deuxième année il me semble), qu'une carrière de chercheur serait pour moi une vulnérabilité (avec le "stress de la publication"), j'avais la tranquillité intérieure de me dire que j'avais eu l'opportunité de poursuivre le "rêve", et donc j'étais finalement peu, voire pas du tout, amer, car ce ne sont pas de contraintes extérieures (financières par exemple) qui m'ont fait renoncé. A l'époque je n'ai pas envisagé une carrière d'enseignant, ce qui pourtant peut très vraisemblablement apporter une assise bienvenue pour quelqu'un qui a une activité de chercheur (contrebalancer le "stress de la publication" ?).

Comme j'ai pendant plusieurs années envisagé une carrière en physique, j'ai bien sûr réfléchi au métier tel que le pratiquait mon père, et le métier tel que j'aurai imaginé le pratiquer. J'ai pu aussi comparer le savoir-faire calculatoire qu'il avait (ou plutôt le savoir calculatoire que je l'ai vu pratiquer au domicile familial, bien souvent le soir ou le weekend) et celui que j'ai pu acquérir au cours de ces années d'études.

Ainsi la physique qu'il a apprise était essentiellement tournée vers le "problem solving" (qui est devenu une expression à la mode dans le cadre des politiques sociales ou économiques, il me semble). La physique que l'on m'a enseignée, était, je schématise beaucoup (peut-être trop ?), orientée vers les "concepts". Si je devais situer "historiquement" ce "changement de paradigme" (expression à la mode là aussi), je proposerais le début des années 70, où certains chercheurs ont expliqué la physique des transitions de phases (du 2e ordre) avec le concept de "groupe de renormalisation" expliquant comment des systèmes, différents à une petite échelle, peuvent avoir, proche d'une transition de phase, des comportements semblables grâce à des effets "collectifs", qui surviennent quand de nombreux degrés de libertés sont en interactions.

Il me semble qu'à partir de ce moment là, dans le cadre des enseignements de physique, comprendre de façon "conceptuelle" les systèmes physiques est devenu quasiment plus important que d'être capable de calculer des valeurs numériques de grandeurs physiques (c'est une perception certainement un peu simplifiée).

Peut-être serait-il plus sage de tout mettre à la première personne : durant mes études "post-graduate" (dea et thèse) j'ai passé plus de temps à vouloir comprendre des concepts qu'à développer un savoir-faire calculatoire "pratique".

Par contre mon père maîtrisait lui un savoir-faire qui lui permettait, encore tout récemment, de comparer ses modélisations analytiques avec les expériences et les simulations numériques de l'équipe du CESTA (un sujet évoqué par Jacques Gardelle). Il s'était adapté aux méthodes modernes, et utilisait beaucoup le logiciel de calcul symbolique "Maple" (et il me semble aussi Mathematica).

Durant ma thèse je me suis assez vite rendu compte que mon approche consistant à "comprendre conceptuellement" les choses, était une voie sans issue. Pour commencer, il y avait quantité de chercheurs dans le domaine qui maîtrisaient bien mieux les concepts que je ne pouvais le faire. Et ensuite avant de voir "grand", il faut avoir un, ou des, "outils", pour travailler, tout simplement. Et les concepts ne sont pas de outils, alors que les méthodes calculatoires le sont. Comme dans tout métier, c'est en connaissant les méthodes et en les pratiquant que l'on développe "l'intuition" qui permet parfois de progresser dans des directions où peu de personnes sont allées : la recherche.

Ainsi de nos jours, un physicien pourra développer des compétences en calculs numériques, ce qui lui permettra de se comparer à l'expérience, ou à d'autres résultats obtenus aussi par calcul numérique, ce qui permet ensuite d'essayer d'analyser les différences, et ce faisant permet parfois de trouver des améliorations, ou d'autres avancées méthodologiques. Mais ce n'est pas la direction que j'ai prise. Ainsi j'ai persévéré dans le "conceptuel" (c'est un peu schématique bien sûr), en sachant que je ne développais pas un réel savoir-faire de type "professionnel", d'où ma décision bien comprise de ne pas poursuivre une carrière de chercheur et de rejoindre un domaine associé à l'ingénierie : les télécommunications.

Si professionnellement mon doctorat ne m'a pas porté tort, et si j'ai trouvé des activités dans les télécommunications qui m'ont plu (notamment la gestion des fréquences radio), il me reste une certaine contrariété à être demeuré au pied du mur dans les sciences physiques faute d'avoir fait l'apprentissage de techniques calculatoires concrètes.

A présent je vais livrer mes pensées sur ce que cet apprentissage de techniques calculatoires serait, si un jour je choisissais d'y investir du temps.

Mon choix serait de développer des connaissances dans le domaine des "fonctions spéciales". Les "fonctions spéciales" sont des fonctions qui sont les solutions d'équations différentielles qui apparaissent souvent dans la mise en équation des problèmes de physique. Ce sont des solutions qui correspondent à des "géométries" régulières, des cercles, des sphères, des surfaces planes qui s'intersectent, et d'autres situations que je ne peux décrire, faute de compétences en la matière. Ce choix est étroitement lié à l'idée que je me fais des compétences calculatoires que mon père avait acquis pendant sa période de formation dans les années 60.

Pour commencer, dans notre bibliothèque il y avait toujours quelques livres scientifiques, et en général d'un aspect assez ancien. Comme beaucoup de personnes formées aux Etats-Unis, mon père entretenait une relation étroite avec les livres avec lesquels il avait appris différents domaines de la physique, ainsi que les techniques calculatoires du "physicien analytique" (j'en ai discuté avec David -Smith-, qui a aussi pris la parole cet après-midi ; David a une analyse relativement similaire mais plus précise sur la filiation des étudiants avec certains livres "Référence"). On peut définir le physicien analyticien comme étant celui qui parvient à produire une valeur numérique avec un minimum de machines de calcul, ou des machines "rustiques" (par exemple une machine à calculer Texas Instrument de la fin des années 70).

Donc lycéen j'étais souvent en présence de livres avec des couvertures aux titres incompréhensibles mais intrigants. Je me souviens d'un petit livre portant uniquement sur les fonctions de Bessel (je n'ai pas retrouvé ce petit livre), et bien sûr le livre sur l'électromagnétisme du Directeur de thèse de mon père, David Jackson (livre qui a connu plusieurs éditions et qui reste un "classique", alors que la première édition date de la fin des années 60).

Je crois pouvoir dire que mon père connaissait une bonne partie du contenu de ces livres. Et ici connaissance signifie qu'il avait effectué une bonne partie des exercices proposés par un livre. Je crois me souvenir qu'il était l'étudiant de David Jackson au moment du processus d'écriture de ce livre "classique" sur l'électromagnétisme, et il est possible qu'il ait, pour certains exercices, servi de "testeur".

J'ai été élevé dans le système français, et je dois reconnaître que les exercices du livre de Jackson m'ont toujours semblé "dans une autre catégorie", dans le sens, où l'énoncé était bien souvent très concis (bien plus concis qu'un énoncé de problème de classe préparatoire), et la résolution demandait une certaine expertise calculatoire que je ne maîtrisais pas. Ainsi, bien que j'ai sois passé dans les classes préparatoires, considérées par certains comme "trop scolaire", il me semblait que je ne maîtrisais pas la dextérité calculatoire qu'un bon étudiant dans une faculté de physique aurait pu développer aux Etats-Unis dans les années 60 ou 70. En tout cas, je ne maîtrisais pas le savoir faire de mon père en matière de compétences en manipulations calculatoires.

Un des points les plus visibles de ce déficit en compétences calculatoires me semble être la connaissance des "fonctions spéciales". Dans mon cursus scolaire, il me semble que je n'ai jamais eu besoin, ou l'occasion, d'utiliser une fonction spéciale dans le cadre d'un exercice de physique, (à l'exception notable des "harmoniques sphériques", que l'on rencontre dans la résolution de l'équation de Schrödinger avec un potentiel coulombien central à trois dimensions d'espace, c'est à dire le modèle de "l'atome d'Hydrogène", un proton au "centre" et un électron qui "gravite" autour).

potentiel central coulombien

$$E\Psi = \frac{\hbar^2}{2m}(\partial_x^2 + \partial_y^2 + \partial_z^2)\Psi - \frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r}\Psi \quad (1)$$

Dans mon souvenir, je n'ai ainsi jamais employé, durant la partie scolaire de mes études (DEA inclus) de fonctions de Bessel, ni par exemple de fonctions d'Airy. J'ai "utilisé" ou plutôt rencontré une fonction de Bessel lors de mes années de thésard alors que j'apprenais les "fondamentaux" du modèle de Sine-Gordon (un modèle important pour la physique quantique "unidimensionnelle", ou à une seule dimension d'espace, le "fil conducteur" de mes années d'études doctorales). Ainsi la fonction de Bessel d'ordre 0 est la fonction de Green d'un champ classique massif à deux dimensions. Or je ne connaissais rien de cette fonction spéciale (et cela reste le cas). Je sais uniquement que les fonctions de Bessel interviennent dans la résolution d'équations différentielles à deux dimensions avec une symétrie centrale ("cylindrique").

Un autre "point de rencontre" avec ces fonctions de Bessel peut survenir pendant les cours d'optique ondulatoire du premier cycle universitaire avec le phénomène de diffraction de la lumière par un trou d'Young de forme circulaire. La diffraction s'exprime avec des fonctions de Bessel (il s'agit là d'une intégrale à deux dimensions d'une fonction avec une symétrie cylindrique). Or en général le seul résultat connu des élèves (et c'est mon cas), est que le demi-angle (?) de la "tâche centrale" est de $1,22^\circ$ (en espérant que ce souvenir soit exact).

action du modèle de Sine-Gordon à 2D

$$S(\phi) = \int dx \int dy (\partial_x \phi)^2 + (\partial_y \phi)^2 + g \cos(\phi) \quad (2)$$

Equation pour le propagateur d'un champ "libre avec une masse" à 2 dimensions

$$\Delta V + m^2 V = \delta(x, y) \quad (3)$$

$$J_0(r) \propto \iint dk_x dk_y e^{i\vec{k}\vec{r}} \frac{1}{k^2 + m^2} \quad (4)$$

Intégrale pour la diffraction avec trou d'Young circulaire

On considère l'axe "z" comme perpendiculaire au trou d'Young, et la direction de diffraction dans le plan des "x" ($\vec{k} = k_x \vec{e}_x + k_z \vec{e}_z = k(\cos(\theta) \vec{e}_x + \sin(\theta) \vec{e}_z)$).

$$A(\theta) = \iint_{r < r_Y} dr r d\phi e^{i\vec{k}\vec{r}} \quad (5)$$

$$A(\theta) = \iint_{r < r_Y} r dr d\phi e^{ikr \cos(\theta) \cos(\phi)} \quad (6)$$

J'ai aussi, à la toute fin de l'écriture de mon mémoire de thèse, "rencontré" les fonctions Beta (rapports de fonctions Gamma). Il s'avère que certaines fonctions de corrélations en loi de puissance dans l'espace des "distances", et à température non-nulles, peuvent s'exprimer avec l'aide de fonctions Beta dans l'espace des impulsions. J'ai reporté dans mon mémoire une formule que l'on trouve publiée pour la première fois par un chercheur russe, ou "soviétique" vu que la publication date du milieu des années 70 (les physiciens russes étant, d'après ma courte expérience, eux aussi rompus aux techniques de calculs dits "analytiques"). A noter que ce chercheur s'est par la suite installé en France !

Je dois reconnaître que je fais une "fixation", quelque peu "vaine et futile" (ou peut-être "contemplative" ?), pour ces fonctions spéciales. Le côté "obsessif" vient peut-être du fait que ce sont des objets mathématiques dont je ne connais quasiment rien alors que mon père en avait une connaissance détaillée et pratique ? Ou cela pourrait aussi venir de l'idée "conceptuelle" que je me fais de ces fonctions : elles seraient le "chaînon manquant" entre l'écriture formelle d'une équation à résoudre (c'est à dire le plus au niveau d'abstraction), et sa résolution par une modélisation numérique de type "brute force" (par exemple en utilisant un maillage, spatial et/ou temporel), une telle modélisation étant à l'autre extrémité du "niveau d'abstraction".

Une deuxième obsession personnelle, serait que "la pratique de la physique symbolique" puisse se vivre comme un "hobby". Tout comme certaines personnes avec de l'intérêt pour la musique sont musiciens "pour le plaisir", j'aimerais devenir "physicien -papier/crayon- pour le plaisir" avec non seulement le plaisir de connaître les équations de la physique (et le langage mathématique sous-jacent), mais aussi d'être capable de résoudre ces équations dans des configurations en lien avec la réalité; d'où l'idée d'avoir de bonnes compétences pour les fonctions spéciales! La physique (théorique) pratiquée sans outil calculatoire spécifique se résume vite à la contemplation d'équations certes séduisantes mais bien rapidement, muettes!

Je finirai par dire que mon père a accumulé au cours des années une bibliothèque plutôt fournie de livres sur la physique (et aussi parfois sur les mathématiques). Certains livres, un bon nombre, sont un peu "datés" (années 50 ou 60). J'ai une fascination coupable pour les livres (que je dois autant à ma mère, qu'à mon père), et donc j'apprécie contempler une bibliothèque fournie en livres variés. En même temps un livre que l'on n'a pas lu est une sorte de défi, comme une "montagne à l'horizon", et parfois trop de "défis" conduit à l'immobilisme. Donc voici un rêve éveillé :

Il est l'an deux mille "XXX", nous vivons dans une société où une "potion magique" (le bien-être social ?) permet à la majorité des jeunes personnes avec un goût pour les sciences de parvenir à une bonne maîtrise du calcul différentiel et de l'algèbre linéaire. La société, pour préserver le potentiel biologique de la planète, rationne le papier qui est perçu comme une commodité essentielle pour l'apprentissage de l'écriture cursive. Les jeunes personnes férues de science font donc le siège des bibliothèques municipales où les rayonnages scientifiques ont été pourvus par des donations heureuses des personnes de "l'avant génération de l'écran plat".

Il reste à déterminer qui seront les enseignants, nécessairement nombreux, en sciences physiques, pour former ces générations à venir !