



Pr. Jean-Pierre Fillard

L'Homme survivra-t-il à la science ?

Des espoirs ou désespoir ?

Préface du Pr. Pierre Ambroise-Thomas



« Nous savons ce que nous sommes
mais nous ne savons pas ce que
nous pourrions être. »

William Shakespeare
"Hamlet"

Préface

Présenter le remarquable ouvrage du Professeur Jean-Pierre Fillard est pour moi un très grand plaisir. A cela participe bien sûr notre vieille amitié, qui remonte à la fin de nos études secondaires dans un lycée d'Alger, il y a près de 60 ans. Mais si l'amitié donne une tonalité particulière à un jugement, elle n'en exclut pas la lucidité et l'objectivité. Or le livre qui nous est proposé est remarquable à plusieurs égards, par le fond et par la forme.

Avec une maestria étonnante, Jean-Pierre Fillard dresse d'abord, dans "l'Homme survivra-t-il à la Science ?", un état des lieux époustouflant sur les connaissances actuelles et sur l'évolution récente des "sciences dures", dont il est spécialiste comme physicien, mais également de la biologie et de la médecine, toutes deux qualifiées, parfois et curieusement, de "sciences molles", peut-être parce que leur sujet, la vie, est éminemment variable.

Les domaines abordés sont nombreux et variés puisqu'ils vont de la physique, à l'électronique, à la robotique, à l'informatique et aux nanotechnologies. Tous ces sujets sont traités avec une maîtrise reflétant

une vaste compétence scientifique mais aussi une érudition étonnante dont témoigne une bibliographie faisant références aux plus récentes données. Chaque fois, l'auteur sait faire la part de la science et de la technologie, en soulignant combien elles sont indissociables, chacune d'entre elles permettant tour à tour les progrès les plus significatifs. Ces progrès scientifiques et techniques, le plus souvent très spectaculaires, vont d'ailleurs en s'accélégrant puisque, par exemple, moins de 80 ans séparent l'"Eole" puis le "Zéphyr" de Clément Ader, plafonnant à quelques centimètres d'altitude, et le vol inaugural du Concorde à plus de 10.000 mètres d'altitude et à une vitesse de Mach 2. C'est précisément cette accélération fabuleuse des connaissances et des progrès techniques qui en découlent qui amènent à se poser la question de la place et de l'évolution de l'homme dans un monde aussi profondément changeant.

Les mêmes commentaires s'appliquent aux chapitres de l'ouvrage concernant la Biologie et la Médecine, mais dont la qualité est d'autant plus remarquable que l'auteur n'est plus directement ici dans son domaine de compétence. Il nous présente pourtant un remarquable panorama des progrès biologiques et médicaux, dans des voies aussi variées que la génétique, le clonage, les neurosciences, la pensée ou l'intelligence. Dans tous les cas, on voit se dégager la profonde convergence et l'évidente complémentarité des "sciences dures", de la Biologie et de la Médecine. Cette complémentarité est pourtant trop fréquemment méconnue ou même ignorée – souvent en raison de l'esprit de chapelle de certains spécialistes – et je ne résiste pas à évoquer ici le souvenir d'un cercle dont mes parents, avant 1962,

étaient membres à Alger, le Cercle Franco-Musulman, dont la devise était une phrase du philosophe Paul Valéry "enrichissons-nous de nos mutuelles différences"...

Face à cette montée brutale, à cette véritable explosion continue des connaissances, comment l'homme pourra-t-il évoluer et quelle sera sa place dans un monde en perpétuel changement ? C'est la question majeure qu'aborde Jean-Pierre Fillard, avec d'autant plus de courage que cette question est éminemment difficile, notamment parce qu'elle touche aussi bien à la philosophie et à la morale qu'à la prospective. Certes, les schémas que l'on peut imaginer aujourd'hui ne se réaliseront peut-être jamais et nous feront sourire dans quelques années. Mais quelle qu'en soit la difficulté, il n'est pas moins essentiel de savoir prendre du recul, de réfléchir et d'imaginer ou de prévoir l'avenir. Aidés ou poussés par les progrès de la science, irons-nous vers l'apparition d'"hommes transhumains" ou d'"hommes zéro défaut" produits par des clonages ou des filtres génétiques, ce qui évoque bien sûr la perspective effrayante de l'eugénisme. Sans aller jusqu'à ces extrêmes, l'homme saura-t-il évoluer pour ne pas disparaître et sauver l'essentiel de son essence matérielle mais aussi intellectuelle et morale ? Nul ne peut répondre à ces questions mais il est fondamental de savoir les poser et c'est cette réflexion que nous apporte l'ouvrage de Jean-Pierre Fillard.

Passionnant par le fond, ce livre est également remarquable par la forme. Les sujets les plus complexes sont présentés avec une parfaite simplicité qui donne au lecteur le sentiment – peut-être injustifié parfois... – d'avoir tout compris, mais cette volonté

de "faire simple" n'altère en rien la rigueur de l'exposé. Celui-ci est conduit d'une manière naturelle, presque chaleureuse et, en le lisant, on a l'impression d'entendre Jean-Pierre Fillard dont les qualités de conférencier ne sont plus à vanter.

L'"Homme survivra-t-il à la Science ?" est donc un livre passionnant, par les données scientifiques qu'il présente et par les pistes de réflexion qu'il ouvre. Mais c'est aussi, et c'est ce qui en fait également la valeur, un livre facile et agréable à lire.

Professeur Pierre Ambroise-Thomas

Président honoraire et membre de l'Académie
nationale de Médecine.

Membre de l'Académie nationale de Pharmacie.

Avant-propos

Avant tout, quelques mots pour faire connaissance.

Qui suis-je ?

Pour que mes propos soient crédibles et que le lecteur puisse me situer, il est d'abord nécessaire que je me présente : je suis né, scientifiquement, à la fin des années 50. C'était une époque extraordinaire où l'on quittait les vieilles conceptions du monde pour aborder la modernité. La Physique était reine et engendrait un bouquet de domaines scientifiques nouveaux aussi enthousiasmants que futuristes ; ces domaines divergeaient fortement, chacun se développant pour son propre compte.

C'était, alors, un véritable "Far West" intellectuel, l'époque de la physique nucléaire triomphante, mais aussi l'émergence de nouvelles promesses, dont on appréciait mal la nature, en cours de gestation. C'était l'espace, sous toutes ses formes, le laser naissant, l'information en théorie, la chimie organique et les polymères, l'informatique balbutiante, les télétransmissions et la télévision, les mathématiques

"modernes", bien sûr, et le petit dernier qui allait faire sa révolution : le transistor.

Cette floraison allait être magnifiquement illustrée par deux tomes d'un ouvrage en grand format publié par Larousse en 1965 : "La Science Contemporaine – Les sciences physiques et leurs applications", collection alors dirigée par Louis Leprince-Ringuet et somptueusement illustrée. Quel enthousiasme !

A cette époque, la suprématie scientifique était nettement dévolue aux sciences "dures". Les sciences ("molles" ?) de la nature, étaient en arrière-plan et la biologie semblait réservée aux "chasseurs de papillons" ; les toutes premières investigations sur l'ADN ne faisaient pas la une des revues. Les choses ne changeront et ne s'inverseront que bien plus tard, lorsque les sciences dures se seront fatiguées en accouchant de ce bébé vigoureux : l'instrumentation.

Dès lors les spectroscopes, les microscopes, les capteurs et sondes divers, les analyseurs, les imageurs, les scanners, les IRM et, bien sûr, l'incontournable ordinateur vont devenir puissants, précis, accessibles, adaptés, presque intelligents ; ils vont donner une toute autre dimension à ces recherches jusque-là mal considérées. Le mouvement sera tel que ces sciences divergentes inverseront leurs trajectoires pour devenir aujourd'hui non seulement convergentes mais fortement associatives.

Revenons aux années 50. C'est donc dans cette ambiance stimulante que j'ai eu la très grande chance de rencontrer un homme exceptionnel par son savoir, sa pédagogie et sa chaleur humaine : le Professeur André Blanc-Lapierre¹ (qui fut, plus tard, Président

¹ <http://www.supelec.fr/actu/Blanc-Lapierre.PDF>

de l'Académie des Sciences). J'ai plaisir à rendre hommage, ici, à cet homme infatigable, brillant mathématicien mais aussi physicien. Je fus son élève attentif à l'Institut d'Etudes Nucléaires d'Alger et je lui dois mon enthousiasme pour la Physique ainsi que ma culture scientifique fondamentale.

Naturellement, mes tout débuts se sont faits dans la discipline reine : la physique nucléaire théorique ; mais très vite le destin m'a fait bifurquer vers l'électronique du solide² qui s'efforçait alors de consolider théoriquement cette récente découverte expérimentale : l'effet transistor. Mes premiers travaux de jeune chercheur m'ont ainsi conduit à une thèse de spécialité démontrant le dédoublement de la Bande de Conduction dans les cristaux d'Oxyde de Cuivre, prédiction jusque-là purement théorique.

La suite des événements est plus tragique puisque nous sommes en 1962 et que ma province natale doit être abandonnée en catastrophe pour fuir vers une patrie hostile. Mais c'est, d'ailleurs, cette hostilité qui m'a conduit à revenir peu après à Alger, avec, cependant, une nouvelle orientation scientifique : me voilà associé à une jeune équipe de l'Ecole Normale Supérieure³ qui se partageait entre Alger et Paris et me proposait un sujet tout à fait iconoclaste à cette époque où la vérité académique se trouvait dans le Germanium ou, à la limite, le Silicium : les semi-conducteurs organiques.

On ne pouvait pas faire plus exotique (et casse-gueule). Je me suis donc plongé dans l'étude des propriétés semi-conductrices totalement inconnues

² Avec mon coach, le Professeur Michel Savelli.

³ Equipe sous la direction de Michel Schott.

d'une substance bizarre : la Phtalocyanine (de Cuivre pour être plus précis). Pourquoi ? Eh bien, pourquoi pas ? Et il advient que j'obtiens des résultats encourageants... et entièrement originaux, évidemment. Plus de vingt ans après, j'apprenais, par hasard, que ces résultats avaient fait le bonheur d'un chercheur japonais qui allait pousser plus loin mes investigations.

Mais, mon travail achevé, il me faut cette fois-ci quitter cette terre que j'ai autrefois aimée, mais qui n'est définitivement plus la mienne, et me voilà docteur es-sciences, cum laude, dans la toute neuve Faculté des Sciences et Techniques de Montpellier sortie de terre en 1965. Je me trouve aussitôt affublé d'un laboratoire personnel et de plusieurs tout jeunes assistants avides d'en découdre avec la Science.

Suivirent trente années à diriger un laboratoire. Ma curiosité, au début, était orientée vers le comportement des électrons lorsqu'ils rencontrent des défauts dans l'organisation régulière des milieux cristallins semi-conducteurs. Lumière, chaleur, champ électrique vont interagir pour capter, libérer, recombinaison ces électrons, perturbant ainsi leur fonction dans les dispositifs électroniques. L'époque était à la recherche de successeurs au roi Silicium dont on exigeait toujours plus. L'Arséniure de Gallium avait toutes les faveurs. La pression industrielle était forte et, pendant dix ou quinze ans, une activité inimaginable s'est développée à travers le monde entier autour de la compréhension de ces mécanismes gênants dans ce matériau.

Des milliers de chercheurs ont multiplié les théories et les expériences ; il n'était pas un seul numéro de la prestigieuse Physical Review qui ne

consacrât au moins un article à ces problèmes. Chaque théorie nouvelle, chaque résultat expérimental se répercutait peu ou prou sur la perfection des cristaux produits ; ceci jusqu'à ce que la qualité de ces substrats soit suffisante pour la fabrication de Circuits Intégrés performants dans le domaine des hautes fréquences. Ainsi sont devenus accessibles le GPS, le téléphone mobile, la TV satellitaire, Internet, les écrans plats, la fibre optique intercontinentale etc...

Un défaut cristallin récurrent avait nom "EL2" et, pendant quinze ans, des flots d'encre n'ont cessé de couler à travers le monde scientifique sans que l'on parvienne à une explication satisfaisante sur sa véritable nature physique. Etait-ce un désordre moléculaire local, était-ce une impureté chimique, était-ce les deux ? Finalement, la technologie a réussi à surmonter l'obstacle, empiriquement, et plus personne (ou presque) ne parle plus de EL2. Cet exemple montre bien que si la Science est nécessaire à l'avancement des choses, elle n'est parfois pas indispensable, la technologie finit toujours par trouver son chemin.

Pendant cette période, nous avons été parmi les tout premiers à croire en l'imagerie numérique. Avec un collègue et ami japonais (le Professeur Tomoya Ogawa, aujourd'hui décédé) nous avons imaginé un scanner laser⁴ infra rouge qui permettait de visualiser, à l'intérieur du cristal, des imperfections de l'ordre de quelques nanomètres. Et nous voilà donc dans l'imagerie numérique et le monde nanométrique, avec un nouveau mot que nous avons inventé pour la

⁴ Laser Scanning Tomography (LST).

circonstance : la "Nanoscopie"⁵. Ceci s'est prolongé avec l'arrivée de l'AFM⁶ que Calvin Quate (qui était passé chez nous en visiting professor quelques années auparavant) venait tout juste de mettre au point à Stanford.

Cette nouvelle méthode d'imagerie s'intègre dans la famille des microscopes dits "de proximité" ; elle fonctionne un peu comme le "pick-up" de ma jeunesse : une aiguille extrêmement fine portée par un bras microscopique de Silicium s'approche doucement de la surface du matériau. Lorsque le contact est presque atteint d'infimes forces de répulsion apparaissent qui repoussent le levier, il ne reste plus qu'à détecter optiquement ce fléchissement et on obtient une appréciation fine du relief lorsqu'on déplace cette sonde sur la surface. L'ordinateur fait le reste.

Ces instruments constituent un moyen extraordinaire d'investigation dans le monde nanométrique permettant de faire des images mais aussi de déplacer éventuellement des atomes un par un et de faire ainsi des constructions moléculaires individuelles dont les lois physiques constituent une chimie nouvelle. Mais le monde nanométrique est d'un accès aussi peu facile pour y mettre des outils que le monde de l'espace extraterrestre. Il est tout de suite apparu que de tels outils pouvaient être optiques et qu'il serait utile de transformer la pointe de notre microscope en un nano-robot capable de diriger de la lumière vers, ou depuis, des cibles précises.

⁵ Near Field Optics and Nanoscopy – Jean-Pierre Fillard – World Scientific – Singapour 1996

⁶ Atomic Force Microscopy (AFM)

L'expérience fonctionne⁷ ; on peut guider un faisceau laser jusqu'à la cible minuscule en se servant du bras de silicium comme d'une fibre optique !

Voilà donc, en un survol rapide, ce que furent mes horizons pendant trente années. De cette longue période, je retiens que le "métier" de chercheur est vraiment particulier, hors du commun. La Science n'est acquise qu'une fois que le chercheur a exploré, douté, imaginé, vérifié, une fois, peut-être, qu'il a reconnu s'être trompé et qu'un autre a repris le flambeau. Les succès doivent être pris avec réserve sachant que la vérité acquise n'est peut-être que partielle et provisoire. Un ami m'a dit un jour : « j'aime quand tu dis : je ne sais pas ».

Pourquoi ce livre ?

Voici quelques temps, un ami m'envoie un court extrait (mal choisi, hélas) d'un ouvrage qu'il venait de lire et qui anticipait, avec vigueur, le développement de la biologie et de la génétique humaine et ses répercussions sur l'avenir de l'Humanité. Quelques maladresses de style m'avaient indisposé, mais ma curiosité naturelle est passée par-dessus, j'ai lu l'ouvrage en entier et le sujet m'est apparu, alors, tout à fait pertinent. Je me suis donc cultivé dans cette direction, au point d'en tirer un thème de conférence que je viens d'inaugurer avec satisfaction. Les premières réactions autour de moi m'encouragent même à en tirer une version étendue pouvant faire l'objet d'un livre pour peu que je puisse trouver un éditeur complice. What I did !

⁷ Grace à l'habileté de ma collaboratrice, le Dr Pascale Gall-Borrut

Les développements auxquels je vais me livrer sont bâtis sur les résultats les plus récents que la Science nous apporte et que la Technologie met en œuvre. Ces résultats nous parviennent, en vrac, à une cadence infernale et les conclusions qu'ils appellent évoluent sans cesse. Il faut donc être conscient de cette accélération et de cette remise en cause permanente à laquelle nous assistons. Ce qui est impossible aujourd'hui sera peut-être trivial demain. Claude Allègre disait, imprudemment, mais avec juste raison, dans son excellent ouvrage⁸, en 2009 : « l'homme ne sait pas synthétiser la vie », mais Craig Venter l'a fait depuis, avec une cellule. Et ce n'est qu'un début.

Je vais donc, moi qui ne suis en rien un biologiste, vous parler de génome, de cellules souche et autres molécules d'ADN ; mais ceci n'est guère surprenant ; nous sommes dans une époque où la "convergence" rapproche furieusement les sciences. Mes élèves, qui m'ont succédé au laboratoire, travaillent aujourd'hui avec des médecins, des chimistes, des biologistes pour mettre au point une nano-IRM⁹ destinée à donner des images fonctionnelles des cellules vivantes. D'autres utilisent le microscope optique à champ proche pour étudier des chromosomes par fluorescence localisée ! Autres temps, autres mœurs, autres nanoscopies !

On trouve aujourd'hui beaucoup de publications qui abordent le sujet qui nous retient, sous ses différentes facettes. On peut constater toutefois, chez

⁸ Claude Allègre "La Science est le défi du XXI^e siècle" – Plon – 2009

⁹ Imagerie par Résonance Magnétique à l'échelle nanométrique.

de nombreux auteurs, un usage souvent inconsideré du mot "exponentielle" ou du préfixe "nano" qui sonnent bien dans un contexte scientifique, mais ne se justifient pas, bien souvent¹⁰. Ces débordements enthousiastes nuisent à la crédibilité du propos ; il ne faut cependant pas s'y arrêter mais voir plutôt au-delà.

Il m'a semblé intéressant de tirer une morale générale de tout cela, non pas pour dresser un bilan ou faire des pronostics, ce serait présomptueux et vain, car rien n'est définitif, loin de là, mais pour tenter d'ouvrir des fenêtres de réflexion sur le futur possible (sinon probable), futur à la fois intime et collectif, qui nous attend, demain. C'est de notre avenir qu'il s'agit, les bouleversements sont à notre porte, ils sont inscrits dans notre destin. Nous les accepterons, nos enfants les connaîtront et nos petits-enfants vivront dedans. L'Homme ne sortira pas indemne de ce "choc du futur". Autant s'y préparer.

¹⁰ On peut même trouver, chez R. Kurzweil, cette phrase qui ferait hurler un mathématicien débutant : « exponential trends do reach an asymptote » !

Introduction

La futurologie trouve sa matière dans l'histoire passée et présente, ce qui arrivera étant un prolongement direct et logique (ou non) de ce qui existe déjà ; on appelle cela le déterminisme, avec, toutefois, une touche d'impondérable sans laquelle rien n'existerait. Notre histoire récente est fascinante parce qu'elle accélère terriblement son mouvement ; alors qu'il y a seulement un siècle ou deux, une vie d'homme ne suffisait guère pour percevoir le "progrès", aujourd'hui, nos enfants verront des phases rapides de l'évolution se succéder sous leurs yeux. Ils en distingueront les étapes et la direction et devront s'y adapter.

Il a fallu des millions d'années pour que la vie sur terre sélectionne une espèce un peu plus futée que les autres. L'"homo habilis" était tout nu et tenait difficilement sur ses deux pattes. Puis, pour "l'homo erectus" suivi de "l'homo sapiens", les choses sont allées beaucoup plus vite. Tout au long du Néolithique les étapes de "cognition élémentaire" ont été, successivement, de plus en plus courtes.

Les récentes publications sur le sujet évoqué par ce titre montrent une grande diversité d'approches : biologistes, informaticiens, généticiens, médecins, roboticiens, philosophes même, nous présentent, chacun, les perspectives à moyen terme issues de leurs sciences respectives. Tous convergent vers une même conviction : les bouleversements attendus seront puissants et pour bientôt.

L'intention de ce livre est de faire le point, de donner au lecteur une vue d'ensemble de toutes ces promesses qui vont, à coup sûr, chambouler notre façon de vivre et même nos concepts fondamentaux, et ceci dans un avenir tout proche, à n'en pas douter. Nous sommes tous concernés, pour notre bien ou pour notre malheur ; nous aurons tous, collectivement et individuellement, à subir cette inéluctable évolution.

Je ne voudrais, en aucun cas, être source de cauchemars mais simplement montrer des réalités actuelles et poser des questions, pas y répondre, hélas !

Le sujet est immense, complexe, mouvant. J'ai essayé de "faire simple" en regroupant, un peu en vrac peut-être, des informations que l'actualité nous apporte presque quotidiennement. Mais, le temps de rédiger ce texte, et déjà bien des détails auront changé, bien que mes références se situent presque uniquement dans les toutes récentes années.

Il ne s'agit pas de prédire un avenir catastrophique : accident nucléaire, virus destructeur, réchauffement climatique ou crise économique mondiale¹¹. Rien de tout cela : c'est beaucoup plus

¹¹ Sans toutefois exclure ces éventualités.