

Leçon inaugurale

EAMEA

Cherbourg, 25 Octobre 2012

Science et éducation

Introduction

Développement fantastique de la **science** contemporaine, et de sa sœur jumelle, la technique. Les merveilles de la science contemporaine enchantent les chercheurs, séduisent ou parfois inquiètent nos sociétés et leur jeunesse, interrogent la conscience morale, bouleversent nos vies par leurs applications.

Mais simultanément :

*Some decrease of interest for science careers in developed countries, the role of innovation and knowledge-based industry for the economic and military ambitions of nations, and the growing questioning addressed by the public to the perspectives offered by discoveries and technologies are serious issues which today are debated inside and outside the science community. Given this fact, it seems reasonable to wonder if, throughout the world, the **education** systems are properly reacting and transmitting these new treasures of knowledge ?*

Evaluations nationales ou internationales, incertitude des professeurs, insatisfaction de bien des élèves, tout exprime la nécessité de changements profonds dans la transmission de l'héritage scientifique, hormis une petite élite. Sans de tels changements, la société de la connaissance et de l'innovation en Europe n'aura été qu'un beau rêve.

How are children of the world prepared to cope, as future citizens, with these changes ? If the generalisation of learning and writing ability has been the goal of basic education since two centuries, is 'nt it timely to consider an equally urgent, and new, goal regarding science education ? Have the conceptual revolutions, introduced by Einstein in 1905 and the science of the 20th century, modified the visions of our world beyond a small circle of intellectuals and the equally small circle of specialized engineers ? Can these visions be shared to become a common good for the whole humanity, or at least an increasingly large fraction of it ? As a recent UNESCO report questions it, is « Science education in danger ?

Exposé organisé en trois parties : la science contemporaine ; science et technique face à la société ; un défi pour l'éducation.

1. La science contemporaine

In 1905, the young Albert Einstein published three articles which revolutionized physics, the very same physics that Lord Kelvin had, a few years earlier, considered as definitely concluded by the electromagnetism of James Maxwell and the thermodynamics of Ludwig Boltzmann. Indeed, these articles introduced entirely new ideas in physics and opened immensely fertile or radically questionable (as the Hiroshima bomb) avenues for the whole century. These ideas have deeply modified our representations of some fundamental elements of nature, which anyone, whether physicist or not, encounters when using such words as matter, energy, light, space, time, universe ? Let us simply give two examples.

The first paper³ of 1905 deals with the creation and conversion of light . Light quanta were mere abstractions, when Max Planck introduced them for the first time in 1900. In his paper, Einstein questioned the commonly accepted view that « the energy of a light ray [can be] distributed continuously over an ever increasing volume » and showed the need to quantify the exchanges of energy between light and matter. The quantum world opened to investigation, leading to the many objects of our daily life – lasers, digital cameras – as well as to the understanding of the light emitted by stars. Yet, very few people have integrated this quantum representation of the micro-world – even physicists, many of them using it from a purely technical point of view. It is so distant from common sense and experience that it seems simply beyond understanding, as illustrated by the famous example of the Schrödinger cat, being simultaneously dead and alive.

Let us consider now gravitation, this universal property of nature which determines the structure of the whole universe. After the introduction of the special relativity in 1905, the conceptual revolution came with the Einstein's 1916 article⁴, which totally changed our representation of the good old force attaching the Earth to the Sun, by proposing a coupling between space, time and the presence of masses. Space could even become closed on itself when matter is sufficiently concentrated – this concentration being defined by a simple relations, which sets the horizon of a black hole. Today, astronomers discover massive black holes, as in the center of our Galaxy⁶, within which the physical state of matter or the running of time remain a deep mystery. And relativistic corrections, accounting for the effect the Earth's gravitation imposes on the time measured by clocks, are essential to ensure the accuracy of the clocks used in the Global Positioning System (GPS), which we have in our cars to find directions.

Science et technique : une intime intrication. Les travaux de Serge Haroche, notre tout récent prix Nobel de physique, n'ouvrent dit-il, à aucune immédiate application, mais il ne s'en excuse pas. Il sait, comme héritier d'Alfred Kastler et de Claude Cohen-Tannoudji, qu'un jour sans doute, un ordinateur quantique s'emparera de ses travaux comme le laser le fit de ceux de Kastler. **Partage ?**

Therefore, we observe a kind of contradiction between the omnipresence of these discoveries and the difficulty to understand and share the new vision of nature they contain. Science curricula, even at the end of secondary schools, seem unable to convey anything but the « old » physics, and its associated, outdated representations.

Devons-nous renoncer au partage, la caste des savants et des ingénieurs construisant « le meilleur des mondes » au bénéfice de tous (le rêve de Jules Verne) ?

2. Science et technique face à la société

Presque chaque jour désormais, la société interroge l'usage fait de la science et des connaissances construites par elle. Interrogation emplie souvent de soupçons, qui se mêlent, ambivalents, à l'admiration et à la fierté d'un pays qui arrive au podium du Prix Nobel. Désormais, la science ne peut ignorer l'éthique. Sans doute connaît elle cette interrogation depuis les guerres du XX^e siècle. A l'Académie des sciences de Berlin, le bureau d'Einstein le pacifiste était contigu de celui du chimiste Fritz Haber (prix Nobel en 1919) qui rompit les conventions internationales pour utiliser l'arme chimique à Ypres. La mystérieuse et jamais élucidée disparition de l'immense physicien Ettore Majorana, en 1938 entre Naples et Palerme, résulta sans doute d'une dramatique déchirure intérieure. Après Hiroshima, un autre physicien, Robert Oppenheimer, dont on sait le rôle dans le projet Manhattan, écrivit que « la science avait connu le péché ».

Aujourd'hui, lorsque les acquis de la science modifient tant d'activités humaines, jusqu'à notre représentation du monde ou de notre place dans l'univers (exoplanètes), il n'est plus possible pour ceux

qui bâtissent cette science, comme pour ceux qui la transmettent, de se désintéresser de la façon dont elle est comprise, reçue, acceptée ou rejetée par la société, ni des valeurs que ces postures mettent en jeu.

Lors d'un Colloque à l'Académie pontificale des sciences, il y a quelques années, nous avons demandé au philosophe Paul Ricoeur – quelques mois avant sa mort – comment il élucidait cette confrontation entre la science et l'éthique.

Il proposait ainsi « ...une réponse de conciliation et de pacification à la question posée par le statut de l'homme dans le champ du savoir (...) Il n'est pas sûr que les techniques et le politique puissent être caractérisés, comme la science, par *un projet instaurateur*, cette notion ne paraissant pouvoir s'appliquer qu'à l'épistémè comme projet de vérité (...) ».

Projet de vérité : quelle immense entreprise pour la science, quelles exigences d'honnêteté, de rigueur et d'ouverture à l'autre ce projet n'exige-t-il pas ? C'est ici l'éthique même de la pratique scientifique, de ses régulations, qui est posée par cette ambition. Les débats sur le climat, sur les OGM illustrent cet impératif du vrai que Kant soulignait déjà en rapprochant *le ciel étoilé au dessus de nos têtes de la loi morale en nos cœurs*.

Et Ricoeur ajoutait : « Le faisceau des *pratiques relatives aux mœurs* garde une consistance propre dans le tableau de la pluralité des pratiques (...) L'idée de justice en constitue l'emblème par excellence. » La science ne dit point l'usage du vrai, dans les pratiques et les mœurs. La justice, sur laquelle la science est muette, est alors le critère du jugement éthique.

Si nos sociétés, si les hommes de ce monde globalisé sont ainsi, chaque jour, confrontés à la science et à la technique dans leur emploi et leur corps, dans les outils de leur communication, dans la paix comme dans la guerre, n'y a-t-il pas une ardente obligation à les y préparer ? afin qu'ils puissent faire, chacun à la mesure de ses moyens, un lien entre les convictions, les valeurs qui animent leur vie et ce nouveau monde qui se construit et les déconcerte.

3. Un défi pour l'éducation

Condorcet, dans ses Cinq mémoires sur l'instruction publique, prenait le parti d'une science pour tous : *la foi que le paysan peut accorder à l'homme de science doit être éclairée par l'instruction, afin que le paysan juge d'après sa raison et ne se fie point à l'argument d'autorité, guidé par une aveugle confiance*. Foi exprimée dans les Lumières et dans le fait qu'elles peuvent éclairer chacun. Quelle ambition pour l'école, le lycée, le collège, l'université même !

La légitimité d'une telle ambition, qui ne saurait être le vœu corporatiste d'un cénacle scientifique ou d'ingénieurs, repose sur l'extraordinaire pacte que la science veut et sait construire entre l'individu, la nature et la société. En construisant la mathématique et en comprenant la nature, l'individu dépasse sa propre subjectivité pour toucher à la vérité ; en partageant son savoir, il l'augmente ; en l'appliquant, il ouvre à la société une maîtrise de la nature et d'elle-même. Il y a là une utopie politique que tout scientifique porte en son cœur, malgré les détournements, les inégalités qui demeurent et les guerres qui déchirent, une espérance et un universalisme dont, pendant les deux siècles qui viennent de s'écouler, notre société s'est nourrie et sur lesquels elle a organisé – en partie au moins – son projet d'éducation.

Pourtant, voici qu'un constat de crise ébranle ce pacte séculaire. Écoutons

aujourd'hui les pays développés par la voix de l'O.C.D.E. ou de leurs Académies des sciences, les États-Unis par celle de la National Science Foundation, l'Europe par celle d'un récent rapport de Michel Rocard. Chacun adhère fortement à l'objectif d'une science pour tous les citoyens mais constate, à des

degrés divers, combien se creuse la fracture avec ces derniers. Ces analyses plaident pour une vision nouvelle de l'éducation à la science, et énoncent des objectifs politiques en soulignant l'urgence de leur mise en œuvre. La Chine, pourtant marquée par un contexte historique si différent, l'affirme dès 2006 par la voix de son Conseil de l'État.

Nous étions pourtant si certains des vertus que la science enseigne. Nous aimions une science « institutrice » selon la belle expression d'Yves Quéré, celle qui instaure chez l'enfant créativité et honnêteté, tolérance et écoute, admiration pour la beauté du monde, ces valeurs que la science met en œuvre depuis sa naissance et chaque jour dans nos laboratoires. Nous pensions que la recherche de la vérité, l'humilité devant les faits, le primat de l'expérience, l'échange d'arguments fondés en raison étaient la rude et bienfaisante discipline qui instillait, chez l'enfant ou l'adolescent, des germes d'une plus grande humanité

Que s'est-il donc passé pour que le pacte ancien vienne à se craqueler ? Avec l'antique « leçon de choses », notre école primaire obligatoire avait, dès sa naissance, donné place à la science pour tous. Mais vingt ans après que se fut calmé le tourbillon né en 1968, cette école abandonna les sciences expérimentales au profit d'un retour aux « fondamentaux », énoncés aujourd'hui sous forme d'un slogan: un « lire, écrire, compter » où même les mathématiques perdent leur goût savoureux. En 1996, lorsque débuta une *Main à la pâte* dont je vais reparler, moins de 5% de nos classes primaires étudiaient des sciences expérimentales ou d'observation, pourtant au programme ? Au collège unique, mathématiques et sciences n'éveillent plus guère la passion des jeunes. Bien souvent, ils ne les cultivent que parce qu'au lycée la lettre S signifie plutôt sélection que science. Cette science qui se voulait promesse d'égalité, la voici désormais qui instaure la différence sociale. Quant à la pédagogie, alors que nos élèves sont avides de savoir comment fonctionne le monde et veulent assouvir leur curiosité, ils comprennent mal que tienne tant de place la résolution de problèmes formels, portant sur des sujets étroits dont ils recherchent la pertinence pour leur propre vie, lors d'une adolescence où le cœur s'emplit de désirs.

Scientifiques ou ingénieurs, il nous faut donc ranimer le pacte ancien. Nous avons évoqué le consensus, qui va de l'Europe à la Chine, de l'Allemagne – où manquent aujourd'hui 40 000 ingénieurs – aux Etats-Unis, dont les jeunes scientifiques viennent davantage du reste de la planète qu'ils ne sont issus de leur propre population. L'économiste Jean-Claude Berthélemy raconte que le piège de pauvreté qui enserme tant de pays, en Afrique et ailleurs, ne se desserre qu'avec une solide éducation de base où la science est présente, ainsi qu'en font l'expérience depuis un demi-siècle Corée du Sud, Thaïlande, Malaisie ou Lesotho.

Ce n'est donc pas tant la nécessité du développement scientifique qui est mise en question de par le monde que la possibilité d'y faire adhérer les jeunes générations : ne nous y trompons pas, c'est au cœur de l'éducation que le défi trouvera, ou non, sa réponse. Le législateur le perçut aussi, puisqu'en 2005 la loi imposa à la scolarité obligatoire, qui en France est identique pour tous les élèves, la nécessité d'une culture scientifique et humaniste pour favoriser le « libre exercice de la citoyenneté ».

Comment faire ? C'est dans cette tâche que s'est engagée, aux côtés de Georges Charpak dès 1996, l'Académie des sciences. Elle porte dans la durée, auprès des enseignants et des pouvoirs publics, une volonté de changement de l'éducation à la science, et développe, par son action « La main à la pâte », les outils qui y sont nécessaires, en lien étroit avec l'Europe et le reste du monde qui sont confrontés aux mêmes défis. Elle prolonge aujourd'hui cet effort au collège pour y rendre moins étanches des cloisons disciplinaires, héritées de l'université et morcelant à l'excès les connaissances au détriment des élèves les moins aidés par leur famille. Elle ne cesse de souligner le lien fondamental qui, depuis toujours, unit la science à la maîtrise et, plus encore, à la beauté de la langue.

Notre proposition est celle d'une pédagogie d'investigation, cultivant la curiosité, dans un mélange subtil d'inductif et de déductif, pratiqué avec bonheur par l'élève. Cette pédagogie n'est pas si nouvelle que cela, puisque la vision d'un Georges Charpak – qu'un enfant ou un adolescent *fasse des mathématiques ou des sciences de la nature, autant que d'en apprendre – fut celle de Faraday, de Jean Perrin et de bien d'autres, faisant écho au *leidenschaftlich neugierig*, ce passionnément curieux d'Albert Einstein. Inutile d'insister ici sur ce message de *La main à la pâte*, désormais connu, sinon écouté partout, qui percole tout doucement – trop lentement encore – dans nos écoles primaires et , plus lentement encore dans nos collèges, comme au Pérou, en Chine, en Serbie ou au Maroc. L'hétérogénéité des classes, que je préfère alors appeler diversité des talents, y devient un atout, quand le dialogue et la curiosité, universelle chez les enfants, rejoignent l'universalité de cette science qu'ils découvrent avec un verre d'eau, une bougie, un insecte, au delà de leurs horizons culturels individuels.*

Science opens young people's minds to the wonders of the natural world; introduces them to the elegance and honesty of scientific endeavours; and equips them with cognitive and problem-solving tools that will serve them well in the future.

Science brings children closer to the natural objects and phenomena that surround them; endows them with a rich understanding of our complex world; helps them practice an intelligent approach to dealing with the environment; develops their creativity and critical mind, their understanding of the resistance of reality, compared to virtuality : and teaches them the techniques and tools that societies have used to improve the human condition.

As children become familiar with the universality of the laws of science, they also learn to recognize science's ability to create and cement together a unity for humanity. Science helps children – the future citizens – to develop the mental and moral predispositions to imagination, humility, rigour, curiosity, freedom and tolerance - all essential ingredients for peace and democracy.

Georges Charpak nous a quittés il y a deux ans, nous laissant cette tâche en héritage au monde scientifique. Passionnante, elle progresse – la moitié de nos classes primaires, l'esprit d'investigation qui lentement gagne collège et même lycée, tant de pays étrangers, -, mais est loin d'être achevée.

Conclusion

Le XXe siècle fut celui de la physique, ouvrant au XXIe qui devient celui de la biologie. Ces deux sciences se conjuguent en sciences de la Terre pour nous aider à maîtriser la destinée de notre petite planète et de ses habitants. A l'horizon déjà, se profilent des milliers ou des millions d'autres terres dans la Galaxie, porteuses peut-être de la vie : un nouveau bouleversement se dessine, plus majeur encore que la révolution de pensée qu'initia Copernic. Comme le propose Michel Serres, notre projet d'éducation à la science peut désormais se nourrir du « grand récit » commun et universel que dit aujourd'hui la science. Ce récit dévoile puis met en perspective l'émergence de la matière et de l'énergie, la formation des galaxies, la puissante évolution qui conduisit aux molécules, à la vie et au phénomène humain (Teilhard), comme peut-être à mille autres formes aujourd'hui encore inconnues.

Encore faut-il des conteurs, des professeurs pour lesquels la science et la technique soient vivantes, heureuses et qui la communiquent par une pédagogie active. Encore faut-il qu'à l'image d'un Faraday ou d'un Jean Perrin, scientifiques et ingénieurs se soucient d'un partage devenu difficile, un partage sans lequel le pacte ancien ne revivra pas. Alors, la merveille de ce grand récit, souffle d'esprit, pourra deviendra audible par chacun, dans sa langue et à son niveau : enfants de CM1, adolescents de nos banlieues, ingénieurs du nucléaire et biologistes creusant le sillon ouvert par Darwin.

La science et sa sœur la technique seront alors partagées avec tous.