

A decorative geometric pattern in light blue, consisting of interlocking hexagons and squares, is located in the four corners of the page, framing the central text.

ROYAUME DU MAROC

* * * * *

ACADÉMIE HASSAN II DES SCIENCES ET TECHNIQUES

**Conférence donnée
par le professeur Yves Quéré**

(Membre de l'Académie des Sciences de France)

Thème de la conférence

«*Enseigner la science aux enfants : pourquoi, comment?*»

Rabat : 29 octobre 2009

Mot d'ouverture

par le Pr. Omar Fassi-Fehri
Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II
des Sciences et Techniques

Monsieur le professeur,
Mesdames, Messieurs,

Je voudrais tout d'abord remercier toutes les personnes qui ont pu répondre à notre invitation pour assister à cette conférence; et je voudrais surtout, et avant tout, remercier le professeur Yves Quéré d'avoir bien voulu répondre à notre invitation et accepté de donner, dans le cadre du cycle de conférences ouvertes au public, organisées par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques, une conférence sur «Enseigner la science aux enfants : pourquoi, comment?».

Le professeur Yves Quéré, après des études d'ingénieur à l'Ecole des Mines de Paris, a obliqué vers la recherche scientifique et s'est spécialisé dans la physique des solides, plus particulièrement celle des matériaux qu'il a pratiqué entre sciences fondamentales et sciences appliquées. Il a exercé au Commissariat à l'Energie Atomique (CEA français), à l'Ecole Polytechnique à partir de 1987 où il a enseigné la physique et dirigé un laboratoire de recherche en étudiant les propriétés des défauts cristallins dans les métaux, les effets des irradiations sur les solides et l'interaction des particules avec la matière. Il a notamment découvert le phénomène de décanalisation des particules par les défauts cristallins ainsi que divers effets de volume, de taille, de conduction, observés dans les particules irradiées par des particules rapides comme les électrons ou les neutrons à basse température. Il a dans le même temps dirigé une équipe dédiée aux applications médicales des éléments lourds radioactifs (plutonium, californium), ainsi qu'à l'étude des éléments combustibles pour réacteurs nucléaires.

Nommé professeur à l'Ecole Polytechnique, au Département de physique et Président du Sénat des professeurs. Comme Directeur de l'Enseignement, il a fortement contribué à l'introduction de la biologie dans le tronc commun de l'Ecole Polytechnique, ainsi qu'à une ouverture accrue aux sciences expérimentales et à la pluridisciplinarité par le biais des matières dites majeures qu'il a créées dans le cursus des élèves. Il a aussi enseigné dans nombre d'autres grandes écoles d'ingénieurs (Ecole des Mines, Télécoms, Centrale). Il a aussi enseigné à l'université de Paris et également à l'étranger, dans différents pays, en Amérique Latine, aux USA, en Chine et en Russie.

Correspondant dès 1980, puis membre à partir de 1991, de l'Académie des Sciences française, il en a été durant huit ans le délégué aux relations internationales, ce qui lui a valu d'être élu à la présidence de l'IAP (Inter Academy Panel), qui est l'Assemblée des académies des sciences existant dans le monde. A ce poste, il a pu stimuler la collaboration internationale entre académies et faire adopter par elles un certain nombre de déclarations destinées à l'ONU et aux Gouvernements sur des sujets tenant à l'éthique, à l'enseignement des sciences, aux armes bactériologiques, à l'enseignement de l'évolution, à la relation science-média, à la santé de la mère et de l'enfant. Depuis 1996, il travaille aux côtés de Georges Charpak, l'initiateur de "la main à la pâte" et de Pierre Lena, dans le cadre de l'Académie des Sciences, à la rénovation d'une pratique, à l'école, des sciences de la nature qui soit fondée sur l'observation, l'expérimentation et le raisonnement, reliés avec les enseignements des mathématiques, du langage et de l'histoire. A ce titre, il est amené à donner de très nombreuses conférences en France et à l'étranger où "la main à la pâte" est de plus en plus pratiquée y compris, et grâce à l'équipe de l'Académie des Sciences française, dans notre pays.

Pr. Yves Quéré a publié plusieurs ouvrages dont : les défauts ponctuels dans les métaux, la physique des matériaux, la science institutrice, la sagesse du physicien, l'enfant et la science, enseigner-communiquer.

Mesdames, Messieurs, Cher professeur,

Si vous le voulez bien, avant de céder la parole à notre éminent invité, je souhaiterais replacer cette conférence dans le cadre d'un des chantiers importants dans lequel l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques a décidé de s'investir, celui de l'enseignement des sciences dans notre pays. Bien entendu, l'intérêt de l'Académie Hassan II pour l'enseignement des sciences est tout naturel; il est inscrit dans la Loi de création de notre Compagnie. De plus l'étude élaborée par l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques – "pour une relance de la recherche scientifique et technique au service du développement du Maroc" – propose une stratégie à l'horizon 2020 pour mettre la recherche résolument au service du développement, dont l'un des axes majeurs concerne l'enseignement des sciences et le développement de la culture scientifique. Nous serons tous d'accord pour reconnaître que le développement de la recherche scientifique est largement tributaire de l'enseignement des sciences et surtout des premiers contacts de nos enfants avec la science. La conférence, que va donner notre éminent invité le professeur Yves Quéré, constitue donc pour notre Académie la première action dans le cadre de la mise en œuvre et de la déclinaison des recommandations préconisées dans le document concernant l'enseignement des sciences dans notre pays, et je donne sans plus tarder la parole au Pr Yves Quéré.

Conférence du Pr. Yves QUERE

Monsieur le Secrétaire Perpétuel de l'Académie du Royaume,
Monsieur le Secrétaire Perpétuel de l'Académie Hassan II des Sciences et
Techniques,
Monsieur le Chancelier,
Messieurs les Présidents et Doyens,
Mesdames et Messieurs les académiciens,
Messieurs les Professeurs,
Chers amis du Maroc et en particulier jeunes amis du Lycée,

Je vous dis d'abord à tous la joie, que j'ai d'être ici, et qui est amplifiée depuis deux jours. Elle est toujours grande ma joie d'être au Maroc, et je crois que c'est le cas de tous les français, qui sont toujours heureux d'être au Maroc, un pays si ami, un pays si beau où nous rencontrons toujours des partenaires charmants, d'une part, et intelligents, d'autre part.

Je le redis encore, ma joie était amplifiée depuis deux jours et surtout après qu'on a eu ce colloque, un colloque exceptionnellement intéressant pour moi et pour tout le monde, et en particulier pour nos amis marocains et surtout pour les étrangers qui étaient là, français, canadiens notamment. Colloque extrêmement intéressant, qui était organisé par le CNRST, mais plus exactement par le Réseau National de Transmission et d'Illustration de la Science au Maroc, réseau très jeune mais déjà très actif et que je remercie lui aussi de m'avoir invité à ce séminaire et que je félicite vraiment devant tout le monde pour la vigueur de ses actions en faveur de la dissémination de la culture scientifique au Maroc.

Le problème de la dissémination de la culture scientifique est universel. J'avais l'occasion de dire, il y a deux jours, sur le plan développement tout le monde est en développement et tous les pays, les pays les plus riches les Etats-Unis, les pays européens, et les pays les plus pauvres sont au même degré; ils ont à tous à répandre l'idée que la science est importante. Comme vous le disiez si bien, Monsieur le Secrétaire Perpétuel, et je vous remercie infiniment pour vos paroles, c'est très jeune qu'il faut commencer à faire aimer la science. C'est très jeune qu'un enfant peut être dégoûté de la science ou peut être totalement absent de la science parce qu'on ne lui parle pas suffisamment ou qu'on ne lui parle pas du tout, ou au contraire qu'il peut être informé de la science ou plus que ça qu'il peut l'aimer. Et je voudrais vous dire que si on leur enseigne la science d'une certaine façon, ils adorent la science. Aussi je voudrais dire à nos amis mathématiciens, et Dieu sait qu'ils sont nombreux et forts, que quand je parlerai ici de sciences je voudrais parler de sciences de

la nature. Il est bien évident que les mathématiques font partie de la science, oh combien, je me limiterai aujourd'hui aux sciences de la nature : physique, chimie, biologie, géologie, etc.

Alors l'histoire que j'aimerais vous raconter est une histoire que je connais assez bien parce que je l'ai vécue de très près. Elle commence en 1996, au moment où Georges Charpak, physicien Prix Nobel, expérimentateur, Pierre Lena, astronome, aussi expérimentateur et moi-même expérimentateur en physique des solides, trois physiciens, collègues et amis, parlant entre eux, avaient observé que la science avait quasiment disparu dans l'enseignement primaire français. Ceci était stupéfiant parce qu'il y avait une grande tradition en France, on aime beaucoup la science, on la respecte, les sondages d'opinion le disent, mais la science avait disparu. Les chiffres officiels du Ministère disaient que 3% des classes c'est-à-dire finalement des instituteurs ou des professeurs faisaient encore de la science, un peu, moyennement beaucoup, on ne sait pas trop, 97% n'en faisaient plus. Peu importe les raisons, les raisons ne sont pas ici très importantes. Le fait était là, donc il n'y avait plus de science. Il y avait donc encore quelques milliers de professeurs qui en faisaient encore et de la meilleure. Nous avons pensé utile de parler à ces professeurs pour savoir comment ils faisaient, souvent dans l'indifférence générale ou dans la suspicion de leurs directeurs. Des instituteurs nous ont dit : «je n'ai même pas le droit de faire de la science dans mon école, mon directeur ne le veut pas, mais j'en fais quand même» et nous avons puisé là une matière dont je voudrais vous parler, et que vous pratiquez d'ailleurs fort bien au Maroc, mais nous pouvons mettre nos expériences en commun et Dieu sait combien nous avons à échanger et partager avec nos amis marocains.

A l'époque, nous avons parlé avec les instituteurs, nous avons vu comment ils faisaient et, une fois que nous avons bien préparé notre dossier, nous sommes allés voir le Ministre de l'époque, François Bayrou. Nous lui avons dit voilà : la science s'est effondrée en France, pouvions-nous vous aider? Aucun de nous trois n'était du ministère, nous venions quand même au nom de l'Académie des Sciences, et l'Académie des Sciences, je le signale au passage, avait, dans un vote initial qui avait précédé notre visite au Ministre, voté unanimement, fait rare à l'Académie des Sciences, l'appui à notre initiative.

Nous avons dit au Ministre «nous pouvons vous aider»; et le Ministre nous a posé la question suivante qui est si intéressante : «et pourquoi voulez-vous qu'on enseigne la science aux enfants et comment?».

Le pourquoi, nous y avons répondu ce jour là au Ministre : il y a deux grandes catégories de raisons pour enseigner la science aux enfants et aux enfants les plus petits de la maternelle :

- La première va de soi, les enfants vivent dans le monde qui est fait d'un ciel avec des étoiles, de l'air que nous respirons, du vent, des nuages, des arbres,

...et il faut naturellement que les enfants sachent un petit peu pourquoi il fait froid l'hiver et chaud l'été, quels sont les fondamentaux de l'évolution du monde, etc.

La deuxième raison, c'est que nous devons, par la science, aider les enfants à former leur esprit, à acquérir de la rigueur, à acquérir le sens de ce qui est vrai et de ce qui ne l'est pas. Ces enfants vivront, je ne sais pas pour le Maroc, mais en France ça devient assez dur à vivre, dans un monde où tout se relativise, à chacun sa vérité.

Sur le comment? Nous avons notre dossier prêt puisque nous avons vu ces instituteurs et nous avons dit au Ministre plusieurs choses. Il y a une façon que l'on peut appeler "verticale", le savoir tombe de la bouche du professeur dans le cerveau de l'enfant. Le professeur dit une phrase ou l'écrit sur le tableau et l'enfant l'écrit peut être sur son cahier et demain il devra connaître cette phrase par cœur. C'est une façon de faire, elle n'est pas mauvaise, et je pense que nous le voulons que nos enfants sachent les noms des planètes. Et bien, je ne vois pas comment on peut faire autrement. C'est une façon de faire que je vais sous-estimer tout de suite dans mon exposé et ce n'est pas parce que je la sous-estime dans le temps de l'exposé que ce n'est pas important. Il faut que l'enfant apprenne des notions scientifiques ou géographiques (nord, sud) pratiquement par cœur. Si je dis que je n'en parlerai pas beaucoup de cette méthode dans mon exposé, c'est qu'elle est évidemment, pour les professeurs, plus facile que la seconde dont je vais parler maintenant parce que ce n'est pas très difficile pour le professeur de regarder dans son livre la veille et de relire une phrase de science, de donner un exemple (l'eau bout à 100°C) et d'écrire cette phrase au tableau et d'exiger que l'enfant la sache par cœur. On n'a pas besoin d'aider les professeurs sur cette façon de faire. C'est tout à fait différent pour la seconde façon de faire que j'appelle horizontale par symétrie avec la vision verticale que j'évoquais. L'enfant va découvrir des faits de la nature et va évidemment faire de la science. Au fond c'est «apprendre et faire de la science». Donc, c'est ça ce que nous avons dit au Ministre : nous vous proposons d'aider les professeurs à se lancer là dedans. Nous appelons ça la main à la pâte parce que ça donne l'impression que l'enfant ne fait que triturer quelque chose avec ses mains. Nos amis suisses ont appelé cela «penser avec les mains».

Voyons ce que nous voulions dire, ce que nous avons exprimé au Ministre, et il a été d'accord tout de suite, est la chose suivante, pour lancer avec nous une action expérimentale. Il avait la sagesse de ne pas dire, comme certains ministres, c'est formidable ma réforme et le premier septembre prochain toutes les écoles de France adopteront cette méthode. Nous avons fixé avec lui à 400 le nombre d'instituteurs, tous volontaires bien sûr, que nous avons réunis et à qui nous avons donné des principes. Alors, pour résumer les choses, je vous dirai qu'une leçon «la main à la pâte» consiste, si possible, à parler

du questionnement des enfants et à favoriser le questionnement sur notre monde, et même si nous pensons plus loin, à ces enfants qui deviendront des ingénieurs, des scientifiques, nous pensons très important de stimuler leur imagination, et l'imagination commence par poser des questions sur le monde. Un enfant qui ne se pose aucune question sur ce qui l'entoure n'est pas disposé naturellement à avoir de l'imagination et nous voulons que ces enfants n'acceptent pas ce monde exactement tel qu'il est mais qu'ils l'améliorent par exemple techniquement ou éthiquement.

Donc, **premièrement**, commencer par des questions d'enfants ou s'il n'y a pas de questions d'enfants, les stimuler. C'est le début de toute science.

Deuxièmement, et de façon un petit peu paradoxale, supposons que l'enfant a posé une question, le maître n'y répond pas. Et ça, certains parents d'élèves nous ont dit au début mais qu'est ce que c'est que cette histoire, certains étaient très contents et d'autres nous disaient il faut que le maître réponde. La réponse a été au fond différée, en ce sens que le maître ne répond pas aux questions, il renvoie la question aux enfants, et voilà que les enfants sont invités officiellement par le maître à faire ce qu'en sciences nous appelons des hypothèses. Vous vous doutez, nous le verrons tout à l'heure, que la plupart de ces hypothèses sont évidemment naïves, probablement fausses, pas toujours, et quelquefois elles approchent la vérité. Peu importe, le maître accepte ces hypothèses comme étant une production des cerveaux des enfants. Ces derniers se font des images de ce qui est caché.


Troisièmement, alors vraiment nous arrivons au cœur d'une séance, qui peut durer une heure ou trois quarts d'heure. Nous allons faire une expérience. Le professeur ne va pas le dire chaque fois, mais il répond «à la Galilée». Galilée, qui était l'homme de la Terre qui tourne, nous dit que les réponses aux questions que nous nous posons sur la nature c'est à la nature d'y répondre; et demander la réponse à la nature c'est dialoguer avec la nature et le dialogue avec la nature ne peut se faire que par une expérience. Alors, il y a une expérience qui se fait, le professeur va disposer les enfants par 3 ou 4 et il y aura peut être 5 ou 6 tables. Les enfants vont travailler par petites équipes et vont faire l'expérience en question. S'agissant d'enfants de l'école primaire, ces expériences vont se faire avec un appareillage excessivement simple : une balance Roberval, un double décimètre, un chronomètre, des morceaux de bois, des choses infiniment simples. L'expérience se fait dans la joie, dans la douleur peut être, l'expérience marche ou ne marche pas, et finalement on peut espérer que les enfants aient la réponse à la question posée et finalement rédaction des enfants sur leur cahier d'expérience pour que le lien entre la langue et la science soit établi très fortement. Alors le cas où l'expérience ne marche pas ou bien elle n'a pas été très bien montée. Ca arrive très rarement, et ça arrive nous pensons que finalement l'enfant doit avoir la réponse à la fin du cours.

Je pense que le mieux c'est que je vous donne 2 ou 3 exemples, et les exemples nous en avons des dizaines puisque nous visitons beaucoup d'écoles en France et à l'étranger. Je vous propose trois exemples, deux en France et un au Maroc:

- Le **premier** exemple concerne une école maternelle dans les Yvelines, où l'expérience a été faite au mois de juin, il y avait du soleil toute la journée. La maîtresse avait le matin dessiné sur fond noir dans la cour un rond avec la craie. Elle avait mis Brigitte dans le rond et avait demandé à Jean-Baptiste de dessiner l'ombre de Brigitte à 8h du matin. Au bout de chaque heure, un enfant dessinait à nouveau l'ombre de Brigitte. A 5h, la maîtresse regroupait les enfants et leur demandait ce qu'ils voyaient sur le sol. L'un répondait c'est Brigitte, un autre disait que c'était une fleur, et alors qu'une petite fille de 3 ans disait calmement : «maîtresse, ça a tourné». Cette petite fille avait compris que dans ce dessin qui était sur le sol, il y avait une rotation. Elle était incapable de dire quoi, mais elle a compris que ceci exprimait une rotation. Petit à petit, la maîtresse a su extraire des enfants que c'est le soleil qui avait tourné. Elle avait préparé dans une salle obscure une ampoule, le soleil, la terre, des petits français avec un drapeau français, des petits japonais avec un drapeau japonais. Ces enfants ont eu là une leçon absolument magnifique. Au lieu simplement de les amener directement devant cette petite sphère, la maîtresse avait fait toute cette préparation tout à fait géniale.
- **Deuxième** exemple dans une classe de CM2, une leçon extraordinaire dans un village de Provence. Quelques jours avant la visite de la délégation de l'Académie des Sciences, un enfant avait demandé à la maîtresse ce que c'est que le rythme? Le jour de la visite, la maîtresse avait commencé par faire entendre aux enfants une musique très rythmée et avait fait faire aux enfants des gestes du corps qui s'adaptaient au rythme. Puis les enfants étaient placés par petits groupes et elle leur avait donné deux boîtes : une boîte de ficelles et une autre remplie de poids (10g, 20g, 500g, etc.). Le menuisier du village leur avait fait des petites potences extrêmement simples. La maîtresse avait demandé aux enfants d'accrocher la ficelle à la potence avec un poids à l'autre extrémité de façon à avoir un pendule à actionner. Elle leur demanda d'arrêter le pendule à intervalles réguliers, en leur expliquant le parallélisme avec le rythme musical, et de mesurer le temps à l'aide du chronomètre. Le temps enregistré n'était pas le même à chaque mesure lorsqu'un enfant disait : «maîtresse, ça serait mieux si on mesurait 10 coups et on divisait le total par 10». Cet enfant avait mis le doigt, sans qu'on le lui dise, sur la précision expérimentale. Les enfants croyaient qu'ils devaient trouver un nombre unique et ils étaient prêts à se chamailler pour défendre leur trouvaille étant évidemment sûrs d'avoir le bon résultat. La maîtresse a dû intervenir pour calmer la classe et convaincre les enfants qu'ils avaient tous un bon résultat.

Pourquoi les pendules sont-ils différents? Il y avait des questions comme des poupées russes; et là venait la vraie question de mécanique et les enfants ont compris que les pendules étaient différents de là à là. La première hypothèse d'un petit garçon, tout à fait inattendue : maîtresse, je pense que c'est la façon de faire le nœud. Devant cette hypothèse un petit peu légère, la maîtresse a mis au tableau le nœud et dix autres hypothèses : l'épaisseur de la ficelle, l'angle, le poids... Il a fallu un peu de temps pour qu'une petite fille dise "long" et la maîtresse a dit "longueur". Nous avons alors les hypothèses et les enfants se sont mis pendant quelques minutes à faire n'importe quoi. Ils voyaient au tableau la longueur, l'angle, le poids. Ils étaient en face d'un problème de quelques paramètres et puis une petite fille a dit : «maîtresse, on ne peut pas changer tout à la fois», mais cette petite fille avait fondamentalement compris que, pour étudier les raisons de différence d'un objet comme un pendule, il faut garder tous les paramètres identiques sauf un. Cela représente une découverte importante pour les enfants, ils n'avaient jamais pensé qu'un phénomène a besoin qu'on en sépare les paramètres et qu'on l'étudie avec énormément de soin. La maîtresse a été superbe parce qu'elle a après avoir commenté en leur disant : pour un phénomène aussi simple, vous avez trouvé dix paramètres par vous-mêmes et vous en avez trouvé un seul qui était important c'était la longueur. Eh bien, sachez les enfants que quand vous serez confronté à un phénomène beaucoup plus vaste de la nature, un conflit, une épidémie, tous ces événements sont bien plus compliqués que le pendule, ce n'est pas dix paramètres mais quelquefois 50 paramètres. Méfiez vous, quand la télévision ou le journal dit que quelqu'un est responsable d'un événement ou d'une épidémie, faites attention et demandez-vous si tous les paramètres ont bien été examinés.

Cette maîtresse leur avait dit de mesurer la longueur et de la diviser par 4. Et voilà que, pour ces enfants, le lien était fait entre la science et les mathématiques. Et non seulement des nombres, leur dit-elle, mais voyez-vous la multiplication que vous étudiez dans le cours de mathématiques, vous voyez que ce n'est pas seulement pour les maths, et la nature est complètement structurée par les mathématiques. C'était une leçon absolument magnifique et j'ai été parler avec cette jeune femme juste après pour lui dire toute mon admiration et lui demander quelles études elle avait faites avant de devenir institutrice, elle m'avait dit qu'elle a fait une licence d'anglais. Autrement dit, cette femme était littéraire et nous avons remarqué assez souvent que des professeurs qui ont fait des licences de sciences humaines font très souvent des leçons de science magnifiques. Je pense que ces littéraires, au sens large du mot, qui tout d'un coup, parce qu'ils sont obligés de donner des leçons de science à l'école, découvrent la beauté des sciences.



Troisième exemple (pris au Maroc) qui illustre cette façon très simple de faire de la science dans des milieux très rudimentaires. Je prends l'exemple de Madame Mikou, de Casablanca, qui va dans des villages extrêmement reculés, isolés et défavorisés où les enfants ne vont pas à l'école, où les parents sont analphabètes, et où la science peut se révéler un outil merveilleux de pénétration et d'ouverture des enfants. L'exemple qu'elle donnait était la purification de l'eau. Devant les enfants, on amène une bouteille d'eau très sale, l'eau est brune, et les enfants sont invités à fabriquer un filtre avec une bouteille en plastique coupée, des cailloux et du sable. Petit à petit, ils sont amenés à comprendre pourquoi l'eau devient plus propre et on leur demandait s'ils la boiraient, et les enfants ont tendance à dire oui parce que l'eau transparente on la boit. Là, on leur a dit attention, et voilà que sort de la voiture un petit microscope sur lequel on met de l'eau. Les enfants voient alors, ce à quoi ils n'ont jamais pensé, que cette eau transparente est pleine plus ou moins de bactéries. D'où la nécessité, qui est prouvée là par l'expérience, qui n'est pas tombée par une sorte de loi du Gouvernement ou de la Wilaya, de mettre quelque chose (un produit chimique) dans l'eau. Et on va plus loin, puisque l'œil n'a pas pu voir qu'il y avait des bactéries avec cet instrument, peut être qu'un instrument plus fort verrait autre chose (des métaux lourds, du mercure, du plomb). S'il y a des métaux lourds dans l'eau, c'est que des gens y ont mis des piles, ont pollué l'eau.

Voilà une très belle leçon marocaine, ce que nous appelons une leçon «la main à la pâte» qui montre de façon très concrète comment on peut enseigner les sciences de façon vivante, très riche qui fasse travailler l'imagination, stimuler les questions et pousser le raisonnement.

Maintenant qu'on a compris le comment, nous sommes ici à l'Académie, un lieu de propagation et de concentration de la science, je voudrais évoquer avec vous qu'est ce qu'une Académie des Sciences viendrait faire là dedans. Les exemples que je vous ai donnés, il n'y a pas besoin d'une Académie des Sciences, semble-t-il du tout, pour filtrer de l'eau sale ou pour faire balancer un pendule ou bien regarder l'ombre de la petite Brigitte dans la cour.

Alors, je voudrais revenir au départ lorsque nous allions voir le Ministre, nous venions au nom de l'Académie des Sciences et là ça a été absolument essentiel, parce que trois physiciens qui veulent voir le Ministre, pourront-ils le voir? S'ils le voient, ce seront trois messieurs qui viennent parler des sciences, c'est leur métier. Voilà qu'ils parlent au nom de l'Académie, soutenus par un vote unanime, ça un ministre est tout de même frappé.

Une académie, qui est en principe un club de scientifiques de bonne qualité, qui s'occupe de la recherche dans le pays, s'intéresse aux enfants, pourquoi?

Les académies s'intéressent de plus en plus aux enfants, comme je l'ai dit au début et comme vous le disiez Monsieur le Secrétaire Perpétuel, parce que nous sentons tous qu'il y a un réservoir d'enfants ou d'adolescents, qui vont aimer ou ne pas aimer la science. Il est à peu près clair que lorsqu'ils font la science de cette façon là, ils l'aiment, c'est à cet âge là qu'ils se passionnent par la science. Donc, les académies jouent leur jeu, et l'Inter Academy Panel (IAP), que vous mentionniez tout à l'heure, lorsqu'il a été créé, l'une des premières tâches à laquelle il s'est attelé était l'éducation des enfants. Un bon nombre aujourd'hui, pas toutes, ce sont 25 académies qui se sont vraiment impliquées fortement, c'est-à-dire ce sont une vingtaine d'académiciens qui passent un temps significatif à établir le lien entre le monde de l'enseignement, le monde des professeurs des écoles et le monde de la science à son plus haut niveau. Ce que nous avons proposé au Ministre c'était de faire une expérience, 400 puis 800 instituteurs, incidemment aujourd'hui nous sommes remontés à près de 40% en France. Nous sommes à la fois heureux et tristes, heureux que ce ne soit plus que 3% des classes qui font des sciences mais très tristes parce qu'il y a encore 60% des classes en France qui ne fassent pas de science; mais nous progressons très lentement. Ce que nous avons dit au Ministre : il faut que nous aidions les professeurs parce que les professeurs ont peur de la science; et nous avons créé en France ce que nous appelons ASTEP (Accompagnement Scientifique et Technique de l'Enseignement Primaire) pour lequel nous avons mis en place des règlements (un site internet, un colloque par an, mise en présence des professeurs et des scientifiques,...). De plus en plus de scientifiques répondent à des questions des professeurs sur le site internet, nous avons maintenant quelques 1500 questions avec leurs réponses sur le site et ça croît plus vite.

Un dernier mot sur l'aspect international : cette question de l'effondrement de la science dans un pays comme la France a eu plusieurs conséquences. Les sciences sont universelles : le pendule bat de la même façon à travers le monde. L'une des conséquences a été le lancement des leçons de sciences internationales. Nous avons quelques leçons qui sont faites à l'échelle de plusieurs pays le même jour. Je vais vous en citer une - parce qu'elle est à la fois si simple à mettre en oeuvre et facile à comprendre - et je serai ravi si les écoles marocaines pouvaient s'y joindre : c'est la mesure du rayon de la Terre par la méthode d'Eratosthène. Ce dernier, qui vivait en Egypte au 3^{ème} siècle avant J.C. avait entendu dire que les gens, à Assouan, voyaient à une certaine heure, le même jour de l'année, le 21 juin, le soleil au fond de leurs puits, c'est-à-dire que le soleil était éminemment à la verticale. Or lui, à Alexandrie, ne voyait jamais le soleil au fond du puits. Alors il s'est dit que peut être la Terre n'est pas plate et donc il a imaginé cette expérience si facile à faire que le soleil à midi, au midi solaire, vont mesurer l'ombre de ce bâton, reconstitution trigonométrique tout à fait élémentaire que les petits enfants peuvent comprendre. Imaginez donc la joie extraordinaire de ces enfants à travers le monde qui communiquent leurs mesures et trouvent avec une bonne précision le rayon de la Terre.

Voilà donc ce qu'on peut faire en mêlant nos efforts je tiens à vous dire ma très grande joie d'être ici et mon espoir d'y revenir et d'amplifier nos liens entre le monde des professeurs et le réseau dont j'ai parlé tout à l'heure. Je vous redis mon admiration pour ce que vous faites ici au Maroc et l'espoir que nos relations ne fassent que s'amplifier. Je vous remercie.

Pr. Omar .Fassi-Fehri :

Au nom de vous tous, et en mon nom personnel, je voudrais remercier très chaleureusement le professeur Yves Quéré qui, après cette conférence, où effectivement les mots utilisés paraissent très simples, mais combien les idées et les phénomènes derrière ces mots sont complexes et profonds. Je pense que chacun d'entre nous et grâce à la simplicité des mots que vous avez utilisés, cher professeur, dans votre exposé et sa clarté, sera amené, non seulement ce soir mais pendant longtemps à réfléchir à toutes les idées que vous avez développées devant nous.

Merci professeur, et pour aller dans votre sens, surtout à propos de ce que vous avez dit à la fin, non seulement l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques mais aussi le CNRST, le réseau de diffusion de la culture scientifique, nos Universités et surtout nos écoliers et nos écoles sont tout à fait disposés à développer cette coopération entre nos deux pays. Notre Académie a fait une proposition à votre prestigieuse Académie pour développer une action commune dans le domaine de l'enseignement des sciences et surtout, pour notre Académie, profiter de votre expérience et de vos compétences dans ce domaine.

Alors, si vous le voulez bien, nous allons ouvrir un petit débat; certainement les collègues et surtout les jeunes souhaiteraient poser quelques questions à notre éminent invité.

Q : Est-ce que ce plan à long terme, qui est basé sur des principes pourtant simples, peut être appliqué dans le milieu de l'enseignement au Maroc? Si oui, est ce que les solutions seront les mêmes?

R : Naturellement, ma réponse est massivement oui, et j'ai donné un exemple parce que ça me semblait intéressant de donner un exemple aussi dans un village apparemment très pauvre mais je pense que ce genre d'enseignement peut être pratiqué aussi dans toutes les écoles marocaines, dans les villes, dans les banlieues, dans les campagnes parce que la science fait appel à des notions universelles. Je prenais l'exemple de la pierre qui tombe, elle tombe de la même manière partout dans le monde. J'ai donné cet exemple pour montrer qu'on peut faire de la science même dans un village extrêmement pauvre.

Q (Mustapha BITI, Inspecteur stagiaire de l'enseignement primaire) :

Au nom des inspecteurs stagiaires, je vous remercie professeur. Parmi les obstacles épistémologiques qui entravent la pratique de l'enseignement des sciences ce sont les représentations des élèves à propos d'un phénomène scientifique donné. D'après votre approche, comment peut-on corriger les représentations des élèves concernant certains phénomènes scientifiques?

R : C'est évidemment une très bonne question que les professeurs connaissent bien mieux que nous d'une certaine façon parce qu'ils sont en contact permanent avec les enfants. Il y a des livres entiers sur la question et nous croyons qu'ils se font la même représentation que nous. Je prends un exemple très classique qui est celui de la vision. Beaucoup d'enfants de 4-5 ans paraît-il, je ne le savais pas, s'imaginent que quand ils regardent un objet, il y a quelque chose qui part de l'œil vers l'objet. Et en français nous avons malheureusement une expression qui contribue à cette erreur qui est «jeter un coup d'œil». Comme vous le savez, c'est la science musulmane qui a résolu ce problème au 11^{ème} siècle, c'est plutôt la lumière qui vient de l'objet vers l'œil. Comment contre battre les représentations erronées : à la fois en disant que c'est une erreur et, si on le peut, le mieux par une expérience.

Q (Ali BOUKHARI, membre correspondant de l'Académie Hassan II des Sciences et Techniques) :

Merci Pr. Yves Quéré pour cette conférence qui m'a rappelé mon enfance et ma jeunesse. Personnellement, j'en garde un grand souvenir dans les premières années du collège. Alors, ma question est simple, si j'ai bien compris ça fait 12-13 ans que vous travaillez avec les petits enfants, mais on n'a pas entendu le feedback. Quel a été le résultat de l'expérience, est-ce qu'on peut le quantifier?

R : C'est évidemment une excellente question que nous posons nous-mêmes parce que nous ne pouvons pas, ni nous trois ni l'Académie des Sciences, faire les sondages; ça ne pouvait être fait que par le Ministère. C'est un processus très lourd et très coûteux que nous n'avons pas pu obtenir qu'il soit réalisé par le Ministère et obtenir la réponse de la mesure que vous demandez. La seule mesure que nous avons pu obtenir, et qui nous intéresse le plus, c'est ce retour des sciences à l'école primaire qui s'exprime par ce taux de 3%. Il faut reconnaître que la Direction des évaluations se trouve face à une population d'élèves, comme en France, beaucoup plus mobile. Quant à la question si les élèves vont beaucoup plus vers les sciences ou vont moins vers les sciences, aurions-nous une mesure positive disant que depuis 12 ans il y a eu «la main à la pâte» et maintenant il y a plus d'enfants qui vont vers les sciences. Certains seront tout prêts à dire : c'est formidable c'est dû à «la main à la pâte», nous serions les premiers à dire pas du tout, c'est comme le phénomène du pendule, ce sont des phénomènes multi-paramétrés qui font que même s'il y a eu une augmentation, elle n'est pas due à «la main à la pâte». Nous nous

cramponnons à l'idée que la science doit revenir à l'école primaire et puis les enfants aiment la science. Votre question est excellente mais malheureusement nous n'en avons pas de réponse et il n'y a de réponse dans aucun pays, au point que l'IAP a nommée une commission pour se pencher sur cette question. Maintenant on appelle ceci IBSE (Inquiry Based Science Education) c'est-à-dire l'enseignement de la science fondé sur l'enquête.

Q : En vous écoutant faire cette démonstration, dans des termes très simples mais très profonds, du pourquoi et du comment enseigner la science aux enfants, je me suis posée la question du pourquoi pas le faire de cette façon? Mais très vite je me suis trouvé en face de cinq paradoxes dont je voudrais vous parler :

- Le premier paradoxe est celui de la quantité/qualité. Si les enseignants arrivent en septembre avec ce projet d'enseigner de la qualité, très vite la quantité prend le pas et ils se trouvent à faire le mieux qu'ils peuvent pour faire passer l'énorme quantité de savoir qu'il doit faire dans une année parce qu'au bout de la ligne il y a malheureusement les examens.
- Le deuxième paradoxe : vous avez dit que la science est utile, importante et j'ajoute qu'elle indispensable pour l'homme et la femme du 21^{ème} siècle, mais face à cela, nous constatons un grand fléchissement du nombre relatif de jeunes qui choisissent de faire la science.

Troisième paradoxe : l'enseignement scientifique, à mon sens, doit suivre la démarche fondatrice de la création de la science, c'est-à-dire la méthode scientifique. Or, pour mettre en œuvre la méthode scientifique avec les enfants, mises à part ces expériences non coûteuses avec des moyens de recyclage, avec ce qu'on peut trouver à la portée de sa main comme le pendule, l'enseignement scientifique expérimental coûte cher. Il peut ne pas être très coûteux au primaire et au collège, mais dès la fin du collège et du début du lycée, on ne peut pas faire l'économie d'une masse critique de matériel de laboratoire pour pouvoir faire les sciences sur ses fondements principaux qui sont la démonstration par l'expérience.

- Cinquième paradoxe (paradoxe temps) : l'établissement scolaire ouvre à 8h, ferme à midi, ouvre à 14h et ferme à 18h. Or, vous venez de faire la démonstration, avec laquelle je suis tout à fait d'accord, vous venez de dire que le temps d'apprentissage est différent du temps conventionnel. C'est ce temps d'apprentissage qui devrait, à mon sens, réguler la manière dont les contenus de l'apprentissage doivent être organisés dans le temps essentiellement.
- Je reviens au quatrième paradoxe, et vous l'avez dit, et je suis tout à fait d'accord, l'enfant est capable de se construire des explications plus ou moins scientifiques aux phénomènes, aux problèmes, objets de questionnements devant lesquels il se trouve. Mais l'adulte, et plus grave encore quand l'adulte et l'enseignant ne lui reconnaissent pas ce statut ou cette capacité de se construire les sciences, et là l'enfant va remettre au placard cette

capacité pour se soumettre à la manière taillée par le professeur en évitant les différents paradoxes dont j'ai parlé.

Ma question serait très simple : comment faire pour qu'au moins ces cinq paradoxes ne deviennent un obstacle à l'apprentissage des sciences et donc n'éloignent les élèves du goût d'apprendre les sciences?

R : Voilà un commentaire très riche. Vous avez pointé du doigt des paradoxes, on peut les appeler des difficultés, des freins, et chacun de vos paradoxes est un frein vu soit par des parents d'élèves soit par des professeurs surtout. Je les reprends très rapidement. Le paradoxe quantité/qualité est très lié à votre dernier paradoxe qui est celui du temps je crois, et seuls les professeurs sauront gérer cela (les leçons du pendule ou de la dépollution de l'eau prennent du temps). Pour ce qui est du matériel, vous avez tout à fait raison de le mentionner, plus on monte dans les niveaux, et surtout au lycée, plus on a besoin de matériel sophistiqué. Vous avez mis le doigt sur un certain nombre de freins qui sont réels et qui sont souvent utilisés comme prétextes par des professeurs qui ne veulent pas faire de science.

Q (par Imane TOUNSI, élève du tronc commun) :

Je suis très heureuse d'avoir pu assister à votre conférence. C'est une merveilleuse opportunité pour moi et pour mes camarades du Lycée Ibn Sina. J'ai entendu votre expérience faite au Maroc et je ne suis pas très convaincue. Certes un enfant pauvre peut réfléchir pour donner des hypothèses. Mais si cet enfant a vécu toute son enfance dans un endroit où la science, les académiciens et les scientifiques n'existent pas, son esprit scientifique ne peut pas être motivé. Monsieur le professeur, est-ce que le côté matériel d'un enfant joue un rôle important dans l'enseignement de la science?

R : Alors lorsque vous dites côté matériel, vous voulez parler de l'aisance ou non de la famille, n'est-ce pas? Je croyais qu'on y avait répondu tout à l'heure, mais vous avez raison de poser cette question. Je crois qu'au contraire, la science pratiquée comme ça est encore plus utile et plus positive pour un enfant qui vit dans un milieu de relative pauvreté que pour un enfant qui vit dans un milieu riche ou aisé. De toute façon celui qui vit dans un milieu aisé, il entend parler de science dans sa famille et il n'y a pas de problème pour lui. En France, le problème se pose surtout pour les enfants qui vivent dans un milieu défavorisé, et c'est là où la science joue un rôle positif à l'école.

Pr. Omar .Fassi-Fehri :

Merci encore professeur et, au nom de tous les collègues et en mon nom personnel, je voudrais vous remercier et vous dire combien nous avons passé un moment magnifique en vous écoutant.

Merci à tous ceux qui ont répondu à notre invitation.

L'Académie Hassan II des Sciences et Techniques

**225, Avenue Belhassan El Ouazzani,
Quartier Ambassador - Rabat.**

Tél : 05 37 75 01 79 • Fax : 05 37 75 81 71

E-mail : acascitech@menara.ma

Site web : www.academie.hassan2.sciences.ma