

Olympiades nationales de la chimie

Questions à Pierre-Gilles de Gennes

L'intérêt que porte le professeur Pierre-Gilles de Gennes aux échanges directs avec les lycéens a conduit les organisateurs de la cérémonie de remise des prix des Olympiades nationales de la chimie, le 26 mai 1993, à susciter des questions de la part des candidats dans toutes les régions, et à en sélectionner un petit nombre qui lui ont été présentées par six lauréats nationaux des IX^e Olympiades.

Dans ce but, la question suivante a été posée, hors concours, aux candidats régionaux aux Olympiades : "Si vous aviez l'opportunité de rencontrer un prix Nobel français de physique ou de chimie, quelle question souhaiteriez-vous lui poser ?"

Question n°1 : Pourriez-vous nous éclairer sur vos motivations pour la recherche scientifique ? Avez-vous eu un but précis, et la perspective du Prix Nobel, voire son obtention, ont-elles constitué pour vous un point important ?

P.G. de Gennes : On ne travaille pas pour un prix, on travaille pour comprendre la nature.

Ceci dit, il est vrai que le prix m'a aidé sur bien des points. Lorsqu'il est arrivé, ce fut une surprise totale. Le matin même, j'étais avec mes chercheurs au Collège de France, et je disais : "je suis disposé à prendre un pari sur qui va avoir le Prix cette année". J'avais une théorie et, comme beaucoup de théories, elle était complètement fautive....

Mais le prix m'a beaucoup aidé, d'abord pour améliorer les perspectives d'avenir de l'École Supérieure de Physique et Chimie Industrielles, dont je m'occupe : tout à coup, on m'a plus écouté, et on m'a proposé une évolution favorable. Deuxièmement, dans le domaine de l'enseignement secondaire (premières et terminales scientifiques), des industriels, des enseignants, des chercheurs (une communauté semblable à celle qui anime les Olympiades), avaient produit un projet vraiment sensé, où l'on insistait beaucoup sur l'aspect expérimental et sur la nécessité d'éviter toute spécialisation précoce ; or, en juillet 1992, le ministère a publié un arrêté qui allait tout à l'opposé et qui nous avait catastrophés : j'ai pu "monter au créneau", et il semble que le nouveau ministre ait compris nos raisons. Il a réinstallé une option expérimentale, à mes yeux très importante.



Pierre-Gilles de Gennes, prix Nobel, président de la cérémonie de remise des prix aux lauréats des Olympiades nationales de la chimie 1993, au cours de son entretien public avec six lauréats.

Cela dit, le prix apporte aussi une charge supplémentaire importante : il m'a été très difficile de travailler ces derniers mois, hors des congrès à l'étranger (où j'étais éloigné de tout téléphone).

Question n°2 : Quelles sont les principales caractéristiques qui sont requises pour devenir un bon chercheur ?

P.G. de Gennes : Il y a mille types de chercheurs. Même dans les conditions d'une recherche "artisanale", qui sont les miennes, le chercheur fait partie d'un groupe : personne ne maîtrise totalement un sujet, sept ou huit personnes y travaillent ensemble. Dans mon laboratoire, par exemple, un groupe peut comprendre un chimiste - qui connaît bien l'objet qu'il a fabriqué, sa pureté, ses possibilités, ses limites -, un spécialiste de l'optique, un autre de l'électronique, un autre compétent en traitement du signal, un demi-théoricien, un ou deux techniciens et deux ou trois jeunes en formation. Ce groupe forme l'unité de base, où des gens de cultures très différentes se complètent. Il n'y a donc pas qu'un type de chercheur.

Mais on peut identifier les qualités qui permettent de distinguer les jeunes qui feront de bons chercheurs : c'est d'abord *la curiosité* dans le domaine où ils travaillent, et au delà (la curiosité "tous azimuts" est très utile). Deuxièmement, c'est *le sens de l'observation*, que j'ai acquis pour ma part "par force" en fréquentant, à votre âge, des laboratoires de biologie.

Un autre aspect est constitué par *l'habileté manuelle*, que j'évoque avec pudeur car j'ai toujours été très maladroit : cet aspect non plus n'est pas assez bien placé dans notre échelle de valeurs, et l'informatique l'a quelque peu évincé.

Et puis il y a - "last but not least" - *la capacité d'abstraction*, c'est-à-dire de "modéliser", de faire ce qu'il faut de théorie, à partir d'un phénomène très concret. J'ai placé cette qualité en dernier, parce qu'elle est surévaluée dans notre système des lycées, où l'on a l'impression qu'on va redécouvrir toute la structure de l'univers par une démarche déductive. Cette démarche est très trompeuse : ce n'est vraiment pas comme ça que ça marche.

Question n°3 : Est-ce que vous pensez que les scientifiques devraient s'impliquer davantage dans l'utilisation qui est faite de leurs recherches ?

P.G. de Gennes : Nous sommes ici dans un milieu où des ponts ont été établis entre l'industrie et les enseignants des lycées : je salue leur existence, car ces ponts sont trop rares.

En ce qui concerne les relations entre enseignants universitaires - ou chercheurs - et industriels, on est parti, après 1968, d'une situation où beaucoup disaient : "je veux faire de la recherche fondamentale, et je ne suis pas intéressé de savoir si elle sert à quelque chose".

Il y a eu, heureusement, un lent basculement du pendule : maintenant, la situation est toute différente. Ainsi, M. Barbotteau, dont on parlait tout à l'heure, est venu me trouver en disant : "il existe un sujet (différent du vôtre) qui présente actuellement un intérêt industriel évident : vous devriez y intéresser des équipes en France". Il parlait des micro-émulsions, c'est-à-dire de gouttes de très petite taille invisibles au microscope qui constituent un état de la matière, mal connu à l'époque, et qui pouvaient avoir (peut-être) des applications dans la récupération assistée du pétrole. Il s'agissait là d'une proposition de collaboration véritablement intelligente. Après avoir reçu ce signal de Elf, on a alerté des gens et on a commencé à réfléchir : 6 ou 7 ans après, 7 ou 8 équipes françaises étaient réunies sur ce sujet et la France était devenue leader, au plan mondial, dans la compréhension des micro-émulsions.

De même, beaucoup plus récemment, Rhône-Poulenc a réussi à créer une collaboration industrie-recherche en science de la vie qui s'appelle "Bio-Avenir" : c'est véritablement une collaboration enrichissante pour les deux partenaires, à laquelle participent des chercheurs du CNRS et des chercheurs de Rhône-Poulenc. C'est une grosse opération, qui mobilise pas mal de monde, et où les deux partenaires sont, me semble-t-il, satisfaisants. Mais il ne faut surtout pas penser que les chercheurs universitaires expliquent aux "malheureux industriels" : "voilà, il n'y a qu'à...". C'est souvent l'inverse.

Cet après-midi même, avant de venir ici, j'ai rencontré des industriels de la santé qui essaient de fabriquer de très petites particules - de l'ordre de 1000 angströms - en dissolvant un produit dans un solvant, et en versant la solution dans de l'eau qui n'est pas un solvant du produit. Pour quelle raison se forme-t-il des particules si petites dans ces conditions ? Apparemment, il se crée des instabilités extraordinaires quand on mélange la solution et l'eau, et ce sont ces instabilités qui déci-

dent de la taille des particules formées. Nous ne comprenons pas ce phénomène, qui a probablement un avenir en pharmacologie. C'est un défi à l'esprit, extrêmement stimulant pour nous fondamentalistes, et qui sera, je l'espère, bénéfique pour le partenaire.

Cela dit, il faut encore améliorer les choses : je vous ai parlé essentiellement de chimie, de physique, de biochimie. Mais les choses vont peut-être moins bien en mécanique.

En mécanique, l'interaction université-industrie est très bonne quand il s'agit de modélisation mathématique (écoulement autour d'une aile d'avion par exemple). Par contre, au niveau plus microscopique (compréhension du processus de glissement d'une pièce sur une autre, de la lubrification), la collaboration est mal établie : la réponse dépend donc du secteur.

Question n°4 : Pensez-vous que l'enseignement au lycée de la physique et de la chimie, spécialement sous son aspect expérimental, corresponde aux attentes des professionnels ?

P.G. de Gennes : Je crois que les professionnels de tous ordres ont besoin des qualités que j'ai énumérées au début au sujet des chercheurs. Et, en plus, après avoir visité beaucoup de lycées l'année dernière, je me suis progressivement convaincu qu'il faut une "éducation scientifique pour tout le monde", pour les futurs électeurs : devant les problèmes gigantesques d'économie, de société, d'environnement, d'énergie, de santé, d'éthique que va rencontrer la génération à venir, elle ne pourra pas décider, par ses votes, de façon sensée si tous les gens n'ont pas une petite base de culture scientifique. Toutefois, je ne vois pas du tout cette culture s'élaborer dans le cadre de l'enseignement actuel. Je la verrais plutôt se constituer à la faveur d'un enseignement très pratique, où on apprend à apprécier les *ordres de grandeur* : je suis souvent horripilé par mes propres enfants, (qui ont votre âge) lorsqu'ils essaient, devant une petite question de physique, de fournir un chiffre avant d'avoir réfléchi, par exemple s'il s'agit d'une force, si celle-ci est de l'ordre de 10 g poids ou poids d'une tonne.

Je raconte aussi l'exemple de Fermi qui, recevant ses étudiants (sortant du lycée) à l'Université Columbia, dans les années de l'après-guerre, leur posait comme première question : "vous allez m'estimer le nombre d'accordeurs de piano qu'il y a

dans la ville de New York". Le raisonnement qu'il attendait d'eux était très simple : "New-York ayant 10 millions d'habitants, on peut estimer qu'il s'y trouve un piano pour 100 habitants, soit 30 familles. Il y a donc environ 10^5 pianos dans la ville. La durée de vie du piano accordé dans cette ville au climat rude n'est pas très longue, disons 3 ans, soit 1000 jours. Il faut donc accorder 100 pianos par jour. Dans cette grande ville, où les transports sont longs, on peut considérer qu'un accordeur traite 1 ou 2 pianos par jour. Il doit donc y avoir entre 50 et 100 accordeurs sur la place de New York. Fermi leur faisait ensuite vérifier ce nombre par la consultation des pages jaunes de l'annuaire.

C'est cette éducation que j'aimerais voir pratiquée, par exemple en seconde. Je suis convaincu qu'avec cette éducation, les décisions nationales concernant les formes d'énergie à utiliser, l'environnement, etc. seraient prises de façon plus responsable, avec plus de maturité. Pour le moment, on en est loin....

Question complémentaire : Pensez-vous qu'il est important de mettre l'accent sur les sciences expérimentales en Ire S ?

P.G. de Gennes : Oui, je le crois. Mais il est aussi très important de mettre l'accent sur les sciences expérimentales dès l'école primaire : cela se trouve encore quelquefois, mais cet enseignement n'est plus ce qu'il était autrefois, au temps de la leçon de choses. Il a aussi disparu, pour des raisons budgétaires en particulier, aux niveaux de la 6e et de la 5e.

On me pose souvent la question : "Défendez-vous la physique en 6e et 5e ?". La position que je défends est plus générale, et fait aussi bien intervenir une initiation à la *géologie* - les gamins adorent chasser le fossile dans une carrière, et cela développe toutes les qualités que j'ai énoncées tout à l'heure - ou à la *chimie* - je trouve que la chimie minérale, en tube à essais, la recherche qualitative des ions en solution apportent une éducation extraordinaire, et encore mieux si on travaille sur des petites gouttes -, ou la *botanique*, la *zoologie*... Je suis extraordinairement preneur de petites expériences : siphonner des liquides, comprimer des gaz, regarder l'aspect du sillage créé par une ligne du pêcheur dans l'eau d'une rivière. Si la rivière coule à moins de 23 cm/s, il n'y a pas de sillage ; au dessus de cette vitesse,



Damien Laage, élève de terminale C au lycée Fabert de Metz, 1er prix au classement général des Olympiades nationales de la chimie. A gauche, le professeur Gérard Montel, président du comité de coordination des Olympiades.

il y a un sillage, et son angle dépend de la vitesse (cela nous intéresse pour des raisons très différentes : si on fait circuler des particules chargées au dessus d'un liquide, elles déforment le liquide d'une façon intéressante qui nous renseigne sur le liquide). En fait, je ne crois pas qu'on ait besoin d'équipements sophistiqués en Ire S : la plupart de ces choses peuvent être réalisées avec de petits moyens matériels.

Avec l'argent nécessaire à l'achat d'un ordinateur, on peut faire manipuler une classe pendant une année ! Par contre, il faut du temps aux enseignants.

Question n°5 : Pensez-vous que les scientifiques soient habilités à tirer les conclusions philosophiques de leurs travaux ?

P.G. de Gennes : C'est une question difficile. Quand j'ai eu l'occasion de discuter avec des professeurs de philosophie, je n'ai souvent pas compris ce qu'ils voulaient me dire. La philosophie est un métier difficile ; il est dangereux pour un scientifique d'adopter une attitude de philosophe, devant un journaliste par exemple. Il est dangereux de vouloir expliquer quelque chose qui ne se situe pas dans un domaine où on a véritablement travaillé.

Mais votre question est riche, et je vais "nager" dans différentes directions.

a) Une direction très métaphysique, consiste à chercher s'il y a des rapports entre le message de la science et le message des grandes religions. Est-ce que l'un détruit l'autre ? Mon opinion est qu'il s'agit de domaines complètement orthogonaux : chaque fois qu'on a voulu faire dire à la science qu'elle justifiait un système religieux, on est arrivé à des absurdités. Ainsi, quand Teilhard de Chardin a considéré que Dieu est à l'origine de l'évolution, je crois que c'était scientifiquement fragile : l'idée de Dieu est plus profonde que ça. Un exemple plus récent est celui du "big-bang" : les astrophysiciens nous disent qu'il y a eu un temps 0. Certains prétendent que cela signifie que nous avons été créés par un être supérieur. En fait on ne sait pas si le big-bang est unique, s'il se répétera, si l'univers va se reconstruire après avoir subi une expansion.

Mais, en sens inverse, quand on prétend qu'en comprenant les mécaniques de la vie on peut en déduire qu'il n'y avait pas besoin d'un être supérieur pour la créer, cela ne constitue pas un message sérieux. Chaque fois qu'une église a essayé d'endoctriner une science, cela a échoué. Mais chaque fois qu'une science a voulu endoctriner une église, ou la supprimer - ce qui était le cas de la Russie soviétique - cela a été également lamentable. Il faut disjoindre ces problèmes.

b) Sur un tout autre plan, les scientifiques posent, depuis qu'existe l'espèce humaine, des questions de société qui doivent susciter une certaine réflexion éthique :

c'est le cas dans notre fin de siècle chaque fois qu'on fait une découverte touchant à la reproduction. Comme le rythme scientifique s'accélère, ces questions se font de plus en plus nombreuses. Le rôle du scientifique me paraît être alors celui d'un "clignotant" : quand une nouveauté scientifique apparaît, il doit essayer d'attirer tout de suite l'attention du public le plus vaste sur cette nouveauté, de telle façon qu'elle fasse l'objet d'un débat. Mais, dans ce débat, les scientifiques ne doivent pas avoir un rôle de pilote : lorsqu'ils ont réussi à faire des implantations d'ovocytes dans des utérus, les spécialistes concernés n'ont eu aucune vocation à décider si c'est ou non légalement permis. Cette décision relève de travaux conduits par des groupes de réflexion qui soumettent un projet de loi au Parlement, c'est-à-dire aux représentants de la Nation.

Une "république des savants" me paraît terrifiante.

c) Enfin, je crois qu'il faut lutter énergiquement contre un certain rejet de la science, qu'on rencontre à notre époque : parce que les cheminées d'usine émettent des fumées, etc., l'on revient (pour des raisons psychologiques plus profondément enracinées) à des superstitions moyenâgeuses.

Cette réaction négative devant les connaissances rationnelles demande à être analysée en considérant l'état psychologique des gens, et leurs difficultés sociales. Pour une personne stressée, il est souvent commode de trouver un bouc émissaire : la science en est un. Mais quand on dit que la chimie est une science globalement condamnable, c'est choquant quand on considère le nombre de choses que nous devons à la chimie dans notre vie quotidienne.

On critique aujourd'hui la science ou la technique sans réaliser que les mêmes problèmes se sont posés depuis très longtemps. Si on prend l'exemple du néolithique, on voit qu'il y a 10 000 ans des gens ont découvert, en Anatolie, qu'au lieu de cueillir des fruits et de chasser des lapins, on peut planter des graines. Cela peut apparaître comme une idée pacifique extrêmement simple : en fait, ce fut une découverte technologique fondamentale, qui ne s'est pas développée de façon pacifique. Elle a balayé l'Europe occidentale en quelques milliers d'années et l'on sait, par la recherche archéologique, que cette opération ne s'est pas faite dans le calme : il y a eu massacre des populations de "chasseurs-cueilleurs" par les agriculteurs. Cette révolution technologique, qui

a permis de multiplier par 100 la densité de population, s'est imposée dans les larmes et le sang.

Question n°6 : Quels sont les buts que vous vous êtes fixés pour orienter vos recherches ?

P.G. de Gennes : Il n'y a pas de recette : s'il y en avait une, cela se saurait, on l'expliquerait partout. Mais il y a plusieurs facteurs qui convergent.

Il y a, tout d'abord, un *facteur de mystère*, en quelque sorte. Tout comme les gens qui, au XVIII^e siècle, se demandaient en voyant le mont Blanc : "Qu'y a-t-il là haut ?", ou comme les montagnards qui ont gravi récemment des montagnes nouvelles, on a envie de monter parce qu'elles sont là, sans autre explication. C'est un bon moteur, mais il n'est pas suffisant parce que, à partir de cette curiosité là, on peut aller vers des choses qui apportent un grand plaisir à celui qui grimpe, mais qui le laissent terriblement solitaire et qui sont éventuellement coûteuses pour la société.

Or, on ne peut pas, à notre époque, rassembler des collaborateurs autour de soi, demander des crédits et des équipements, sans penser que *le contribuable qui paie pour cela doit pouvoir, à échéance de 15 ou 20 ans, en retirer quelque chose.*

Si on considère, par exemple, la mécanique statistique, on y trouve des gens qui soulèvent de nombreux problèmes comparables à ceux du jeu d'échecs ou du jeu de go, où l'on fait des coups formidables mais où le jeu est complètement déconnecté du réel. On peut encourager cela de temps en temps, mais cela ne peut pas représenter une part importante de l'effort de recherche.

Une autre précaution à prendre est de *ne pas rester trop longtemps sur le même territoire.* Quand on s'engage dans la recherche sur un nouveau sujet, on utilise, comme vous, les livres des débutants, et on travaille disons 3 ans. Passé ce délai, on voit si les choses ont bien tourné, ou si on a raté. Si les choses ont bien tourné, on dispose de quelques années, les jeunes soutiennent des thèses et commencent à définir eux-mêmes leur programme, à avoir leurs idées. A ce moment là, il est naturel et salutaire pour un vieux comme moi de s'en aller discrètement et de laisser les jeunes prendre leurs responsabilités : en général, on a cette sensation après 8 ans environ, soit un total de 6 ans ou plus.

Le choix d'un nouveau sujet, est aussi lié au profil des collaborateurs qu'on peut prendre avec soi. Si ces collaborateurs viennent de l'étranger, en particulier du tiers monde ou des pays de l'Est, il faut veiller à ne pas les engager sur des voies qui ne sont pas celles dont ils auront besoin dans leur activité future. J'ai souvent vu les étudiants du tiers monde lancés par des patrons français sur des techniques hypersophistiquées. Qu'ont-ils fait ensuite ? Soit ils ne sont pas revenus chez eux, en se disant : "ce que je fais est trop savant pour être poursuivi dans mon pays", soit ils sont revenus en demandant des appareillages très coûteux. Dans ce dernier cas, ou ils ne l'obtiennent pas, et ils dépriment, ou ils l'obtiennent et il leur est alors très difficile, sinon impossible de le faire fonctionner. Quand on recrute des jeunes, il est donc important de les engager sur des sujets *utiles à leur nation.* Par exemple, il est bon de demander aux jeunes étrangers de consulter leur ambassade et de s'informer sur le plan de développement de leur pays, d'où on peut dégager les thèmes sur lesquels ce pays investira. Il s'agit ensuite de faire coïncider ces sujets avec les centres d'intérêt du laboratoire.

Pour trouver un nouvel axe de recherche, il faut *choisir un sujet qui soit suffisamment mûr* pour qu'on puisse véritablement en sortir quelque chose, mais pas trop mûr - comme le sont les sujets à la mode sur lesquels beaucoup de gens "s'excitent". Si on a trouvé un sujet solide, nouveau, pas encore détecté par l'ensemble de la collectivité, on peut certainement faire œuvre utile.

Je vous ai ainsi décrit quelques facettes de la recherche (de façon un peu décousue). Il en existe bien d'autres...

Pour conclure sur les Olympiades, je les voyais jusqu'à présent, de loin, en tant que directeur d'école. C'est maintenant que je prends conscience de leur fonctionnement. Je trouve quelque chose d'assez extraordinaire chez ceux qui s'y sont investis, qui passent des mois à les organiser. Qu'il s'agisse des enseignants, des chercheurs, du milieu industriel (qui a été le grand initiateur de l'affaire), cette collaboration qui s'est instituée entre des gens très différents est quelque chose d'unique. Et puis, à l'autre bout, il y a tout ce que vous, étudiants, représentez, le futur.

Ce type de réunion me fait plaisir : je suis content d'y être, j'espère que vous en profitez, et j'espère que vous vous plairez, plus tard, dans vos métiers.