

Anglais appelaient un *quasy stellar object*, un quasar, dont l'essentiel de l'énergie est émise dans les longueurs d'onde radiométriques.

Des théories, des scénarios s'échafaudent pour expliquer la nature de ce nouvel être stellaire. La meilleure explication du moteur des quasars, c'est un immense trou noir, un Gargantua qui mange la matière qu'il attire. Ces quasars sont jeunes parce qu'ils sont loin, et que plus on regarde loin, plus on regarde dans le passé, la vitesse de la lumière étant limitée à 300 000 kilomètres par seconde ; certains quasars sont à neuf milliards d'années-lumière. Nous avons des nouvelles qui datent de neuf milliards d'années. Comment est cet objet aujourd'hui ? Nous le saurons dans neuf milliards d'années.



2. Les arcs des anneaux de Neptune, découverts en 1984. On distingue à droite, de bas en haut, les arcs nommés Liberté, Égalité, Fraternité. Certains astronomes avaient prédits qu'en raison des perturbations du satellite Triton, il ne pouvait pas y avoir d'anneaux autour de Neptune. Tous les astronomes pensaient que des arcs seraient rapidement détruits. Comprendre leur formation et leur stabilité est une des tâches prioritaires des astronomes.

LES ANNEAUX DES PLANÈTES

La structure et la physique des anneaux autour des planètes sont des problèmes ouverts qui datent de Galilée, le premier à avoir vu les anneaux de Saturne. La loi de Kepler énonce qu'un objet tourne d'autant plus vite autour d'un corps central qu'il est plus proche ; l'objet éloigné tourne moins vite. La partie interne d'un petit objet irrégulier dans un anneau tournant plus vite que la partie externe, cet objet s'étale et redonne un anneau bien circulaire. L'extraordinaire inattendu est qu'il y ait des arcs de matière autour de Neptune. J'ai eu la chance de les découvrir en 1984 avec William Hubbard, et cette découverte a été confirmée par les observations de la sonde spatiale *Viking*. Ces arcs sont fort intéressants : ils sont peut-être le siège de processus de confinement qui ont joué un rôle important dans la formation des planètes. Soit ces arcs sont instables et, telles les vagues au bord du rivage, ils sont détruits et recréés sans arrêt, mais comment et pourquoi ? Soit ils sont stables, ce que nous ne savons pas encore expliquer.

Nous avons inventé des accélérateurs de particules de plus en plus puissants ; hélas, le jour se pointe où les États n'auront plus assez d'argent pour les construire. Les crédits pour l'accélérateur américain a été coupé et le superaccélérateur qui sera en place au CERN, à Genève, en 2005 n'aura peut-être pas de successeur immédiat.

Le futur de la physique est l'astrophysique, et une nouvelle discipline vient de naître : la physique des astroparticules. La compréhension de la physique subatomique passe par les messages du ciel, les rayons cosmiques qui nous arrivent gratuitement. Il n'est donc pas toujours nécessaire de construire des accélérateurs, là où des détecteurs d'astroparticules appropriés suffiraient.

En même temps, nous espérons découvrir le mécanisme de production d'énergie de ces sources extrêmement puissantes. Il faut continuer l'inventaire du magasin astronomie. Une des difficultés est d'intéresser le contribuable et ses élus pour une discipline qui n'est pas enseignée à l'école.

LES PULSARS

Un autre inattendu total fut la découverte des pulsars. Jocelyne Bell, étudiante en stage, découvre un petit parasite dans un signal. Son patron de stage n'y croit guère. Jocelyne insiste, et le parasite continue à se manifester. Les astrophysiciens de Cambridge sont émus, certains pensent à des signaux envoyés par des petits hommes verts : les extraterrestres nous téléphonent-ils ? On a très

vite compris que la source du signal était une étoile à neutrons en rotation rapide, et que son rayonnement balayait la Terre comme le faisceau d'un phare balaie les flots. Hélas pour la morale, les deux patrons de Jocelyne ont eu le prix Nobel, et la jeune fille n'a pas obtenu de poste immédiatement. Toutefois, l'humanité se souviendra que c'est Jocelyne Bell, étudiante très consciencieuse, qui a fait une découverte fondamentale. Beaucoup d'astronomes l'envient.

Les trous noirs n'ont pas grand-chose d'inattendu, du moment où vous comprenez la loi de Newton. Pour un objet de masse et de rayon donnés, il y a une vitesse d'évasion : elle est de 11 kilomètres par seconde pour la Terre. Pour un rayon très petit et une masse très grosse, cette vitesse de libération atteint la vitesse de la lumière. Donc un trou noir ne laisse rien échapper, même pas la lumière ; en revanche, il avale tout ce qui passe à sa portée.

Laplace savait cela, et dans sa deuxième édition du *Système du monde*, il imagine ces trous noirs. C'était pendant la Révolution française ; quand la réaction revient au pouvoir, ce passage hardi est supprimé.

La grande difficulté est d'observer ces objets invisibles. On voit les disques d'accrétion de la matière en train de tomber, on voit les trous noirs en train de manger et l'on voit les plats qu'on leur apporte, mais on ne voit pas le convive. Actuellement, les présomptions d'existence sont tout de même assez fortes.

Finalement, rares sont les objets que l'on a imaginés avant de les observer ; plus rares encore ceux qui sont prévus, comme les trous noirs, et que l'on n'a pas vus. Et la plupart des êtres astronomiques sont imprévus : Uranie, muse de l'astronomie, ne dévoile que lentement ses attraits.

André BRAHIC est professeur à l'Université de Paris VII-Denis Diderot et astrophysicien à l'Observatoire de Paris et au CEA Saclay.

Ce texte est une transcription par la revue du débat enregistré, avec Émile Noël, au Palais de la Découverte. Ce débat sera diffusé sur France Culture, le 10 septembre 1997, à 9h05.

Vers des ingénieurs entrepreneurs

JEAN-CLAUDE LEHMANN

L'ingénieur moderne doit se préoccuper de marchés pour créer des emplois.



En cette fin de siècle, il est patent que les techniques évoluent plus vite en France que l'enseignement. L'échelle de temps d'une évolution technique importante est de l'ordre de dix ans, parfois beaucoup moins. Cette accélération de l'histoire a un corollaire : les entreprises demandent aux ingénieurs de créer la vague des innovations plutôt que la suivre.

Ainsi le métier de l'ingénieur moderne ne consiste plus seulement à perfectionner des produits existants afin d'améliorer leurs performances et de les fabriquer à moindre coût. Les entreprises les plus dynamiques, grandes ou petites, souhaitent que leurs ingénieurs retrouvent le goût d'entreprendre, comme à l'époque où des Gustave Eiffel, des Fulgence Bienvenüe, des Georges Claude, portés par leur imagination technique, imposaient leur dynamique, allant même souvent jusqu'à créer leur propre entreprise. Plus proche de nous, un Bernard Maitenaz a su développer *Essilor*, à partir d'un remarquable exploit technique, la lentille à focale progressive.

Les grandes écoles françaises forment de bons professionnels, le plus souvent de bons gestionnaires, mais forment-elles des entrepreneurs ? S'il est souhaitable que, dans un premier emploi, un ingénieur « apprenne le métier » en faisant tourner une usine ou en améliorant les techniques, cette solide formation théorique (à l'école), puis pratique (dans l'entreprise) doit être le socle sur lequel asseoir ensuite son essor créateur. Hélas, cet « épaulé-jeté » n'est pas souvent la marque des ingénieurs français. Bons techniciens, bons gestionnaires, il leur manque le plus souvent la volonté de faire bouger leur entreprise ou, mieux encore, d'en créer une eux-mêmes. Les ingénieurs français seraient-ils mieux formés à supprimer des emplois qu'à en créer ? Quelle école d'ingénieurs, en

France, peut se comparer, toutes proportions gardées, à un Institut de technologie du Massachusetts, qui vient de publier le résultat d'une enquête estimant à plus de un million le nombre d'emplois existant dans des entreprises créées par d'anciens élèves ?

Comment faire passer la culture d'entreprendre dans la formation de nos ingénieurs ? On devra probablement commencer l'action très tôt, dès l'enseignement secondaire, où les connaissances de base doivent s'accompagner d'un apprentissage de l'initiative personnelle. Plus tard, les élèves ingénieurs devraient être mieux à même de mesurer ce qu'une véritable carrière d'entrepreneur, quel que soit le sens exact que l'on accorde à ce terme, peut leur apporter d'enrichissement et de satisfaction personnels. Cet apprentissage devrait notamment donner aux ingénieurs le goût de s'intéresser au marché : c'est là où le marché peut se développer, là où il manifeste de nouvelles demandes, là où naissent également de nouveaux marchés, que se trouvent les possibilités de croissance interne des entreprises (par opposition à la croissance géographique ou par acquisition), de création de valeur pour les actionnaires et de créations d'entreprises nouvelles ; c'est là où de nouveaux emplois peuvent être créés... et c'est là que le goût de l'ingénieur-entrepreneur peut trouver le mieux à s'exprimer.

Comment expliquer que notre pays soit en grande partie passé à côté des extraordinaires dynamiques de création d'emplois qu'ont été les marchés de la communication, de l'informatique, des biotechnologies... alors que les idées et les techniques étaient présentes en France ? Les structures de financement, le rôle de l'État, les contraintes administratives et fiscales ont certainement joué un rôle, mais, avant tout, c'est

la volonté d'entreprendre de nos ingénieurs qui manquait ; c'est d'elle que l'on doit attendre une évolution de la situation.

S'il fallait illustrer cette dynamique par l'exemple d'un grand groupe, comme *Saint-Gobain*, et pour se limiter à l'un de ses métiers, celui du verre pour le vitrage des bâtiments et des automobiles, on peut dire que la technique de base, dite du verre flotté (*float glass*), si elle est de plus en plus complexe et perfectionnée, a tendance à se banaliser. C'est donc en regardant vers le marché que l'on trouvera des opportunités pour enrichir ce métier, le développer et créer plus de valeur ajoutée, et donc d'emplois. Vitrages à transparence variable, protections solaires et thermiques variables, vitrages autonettoyants, répartissant la lumière dans l'intérieur des bâtiments... Voilà autant d'idées nouvelles qui offrent aux ingénieurs à la fois des défis techniques et des marchés à développer et à conquérir.

Les ingénieurs de demain ne devront pas être simplement des ingénieurs gestionnaires. Il faut retrouver le moule de fabrication des ingénieurs-entrepreneurs.

Jean-Claude LEHMANN est directeur de la recherche du Groupe Saint-Gobain.

À l'occasion de son Forum de l'anticipation, le Conservatoire national des arts et métiers organise dix carrefours « emploi-formation » pour aider ses futurs élèves à définir leur projet de formation en fonction des besoins de compétence des entreprises : EDF (16 septembre), Saint-Gobain (17 septembre), La Poste (18 septembre), Axa (19 septembre), Ministère de la défense (22 septembre), Air liquide (23 septembre), Renault (25 septembre), Accor (26 septembre), Elf (29 septembre), Thomson (1^{er} octobre). Entrée libre de 14 heures à 17 heures (renseignements au 01 40 27 29 16).