Yves Rocard, père de la physique française d'après-guerre

EMMANUEL GRENIER

Personnalité profondément originale, Yves Rocard a marqué son époque. Nombreux sont ses élèves de l'Ecole normale supérieure qui parlent avec reconnaissance de leur dette envers lui. Si ses idées de précurseur sur les rapports science-industrie ont fait école et sont aujoud'hui largement appliquées, on a davantage oublié ses préconisations sur la façon d'organiser le travail scientifique, pourtant très fécondes. Fusion souhaitait donc rendre hommage à ce grand savant en insistant sur l'importance de reprendre son chemin. L'incroyable diversité de ses contributions scientifiques, à une époque où la spécialisation était pourtant déjà bien présente, fait qu'il est impossible de lui rendre justice dans le cadre de cet article. Nous avons donc choisi quelques sujets pour éclairer la pensée d'Yves Rocard et sa façon de travailler.

L'anecdote en dit long sur le personnage. Elle se déroule à l'époque où Michel Rocard est Premier ministre. Il décide d'aller passer l'après-midi chez son père, Yves, dans la propriété qu'il possède en région parisienne. Et il tombe sur un quartier général en pleine activité ! Une explosion nucléaire chinoise est en effet attendue dans les prochaines heures et Yves Rocard a réuni une bande de collaborateurs bien déterminés à être les premiers à donner l'endroit exact et la charge de l'explosion. Pour cela, ils sont en relation avec leur réseau international de sismographes, réseau qu'Yves Rocard a conçu et développé dans les années 1955-1965. Dès son arrivée, Michel Rocard, à peine salué par une salle en ébullition, se voit confier un téléphone avec la charge de rapporter fidèlement les indications données par le correspondant. A près de 90 ans, Yves Rocard restait le passionné de science et de renseignement qu'il fut toute sa vie.

Avec Louis Néel, Yves Rocard (22 mai 1903, Vannes – 16 mars 1992, Paris) est sans doute un des personnages qui a le plus marqué la physique française après la guerre. A la tête du laboratoire de physique à l'Ecole normale, il a joué un rôle stratégique. Ce laboratoire fut en effet pendant dix ans, le seul laboratoire de physique digne de ce nom en France : il n'y avait rien à Polytechnique, rien à la Sorbonne. Le pôle grenoblois n'émergera que plus tard. Toute une génération de normaliens découvrira donc la physique sous la férule d'Yves Rocard.

Ils sont nombreux à parler avec reconnaissance du rôle joué par Yves Rocard dans leur développement intellectuel. Ainsi, Hubert Curien, ancien ministre de la Recherche et actuel président de l'Académie des sciences, explique : *« Il a joué un rôle essentiel dans la mesure où il m'a orienté vers le laboratoire du Pr. Wyart. C'est ainsi que je suis devenu cristallographe. »*

Etienne Guyon, célèbre physicien qui a aussi dirigé l'Ecole normale, dit aussi : *« Je mesure l'influence de Rocard sur ma carrière. Je n'ai jamais rencontré de personnes comme lui capables de pousser en avant des gens sans en tirer un profit personnel. »*

Hubert Curien explique encore : *« Il était parfait pour intéresser ses étudiants. C'était un animateur incomparable car il savait trouver les idées nouvelles au moment même où elles commençaient à germer. C'est ainsi qu'il a su faire migrer ses étudiants vers les centres de recherche les plus en pointe. Avec ses élèves, il n'était pas "mère-poule" mais plutôt brutal. Il n'a pas eu de disciple au sens où certains chercheurs s'adjoignent des jeunes brillants. Lui avait plutôt tendance à les envoyer à l'extérieur faire leurs preuves. Son plaisir n'était pas de retenir ses petits normaliens, mais plutôt de les faire essaimer. »*

C'est ainsi que sont nées en France la résonance magnétique nucléaire avec Michel Soutif, la recherche sur les semi-conducteurs avec Pierre Aigrain et Claude Dugas ou encore la radioastronomie avec Jean-Louis Steinberg et Jean Denisse.

En ce sens, on peut dire qu'Yves Rocard a joué un rôle essentiel dans la renaissance de la physique française, qui avait énormément souffert de la saignée de la Première Guerre mondiale. Pourtant, Yves Rocard n'avait eu à connaître la « nouvelle physique » que de façon limitée. *« Il était très pluridisciplinaire, mais n'avait pas été élevé dans le quantum »*, résume pour *Fusion* Pierre-Gilles de Gennes, qui l'a eu comme professeur à l'Ecole normale. Cela ne l'empêcha pas de traduire en français la bible du sujet, *The New Quantum Mechanics*, dès 1927. Il était un physicien classique, ayant une culture scientifique très diversifiée, mais il restait ouvert à la physique nouvelle. Quant à la formation des jeunes, Pierre-Gilles de Gennes reconnaît volontiers sa dette : *« Pour ce qui est de ma génération, nous ne faisons que répéter ce qu'il nous disait. »*

« Rocard a en effet joué un rôle de précurseur pour ce qui des rapports science-industrie » ajoute le prix Nobel, pour qui l'enseignement de Rocard reposait sur deux points essentiels : l'insistance sur le rôle du sens pratique, contre un enseignement français terriblement axiomatique ; et la liberté de l'initiative laissée aux jeunes chercheurs, contre une « taupinisation » à outrance, qui tend malheureusement aujourd'hui à revenir. Au lieu de lancer des découvreurs dans l'âme, on fabrique des ânes savants.

C'est parce que la France a besoin de personnalités comme celle d'Yves Rocard, sans cesse orientées vers la résolution de problèmes concrets, que nous rendons hommage ici à cette grande figure de la physique française.

L'indépendance du jugement

Brillant étudiant, Rocard entra à l'Ecole normale à 19 ans. Il aurait pu suivre une carrière classique et devenir un ponte de l'Université. Mais il manifesta très tôt une grande indépendance d'esprit, le poussant par exemple à choisir seul son sujet de recherches pour son diplôme d'études supérieures : la diffusion de la lumière dans les liquides. A 25 ans, il avait prévu théoriquement l'effet Raman. *« Si j'avais été plus malin, mieux formé en physique, davantage soucieux d'expérimentation, j'aurais pu découvrir l'effet Raman »* affirmait-il ensuite, dénonçant également la pauvreté chronique du laboratoire de l'Ecole normale de son époque (l'entre-deux-guerres). Mais il était trop tard : il ne pouvait que publier, après coup, sa théorie et se contenter d'être le premier à l'expliquer. Et la frustration ressentie par le fait d'avoir loupé de si peu les honneurs (prix Nobel) et la notoriété dont a bénéficié Raman a sans doute joué un grand rôle pour établir dans son esprit l'importance absolue qu'il accordait à l'instrumentation et à l'expérimentation, aussi bien pour lui que pour ses élèves. C'est sur cette rigueur expérimentale que s'appuiera aussi son indépendance de jugement.

Yves Rocard entame son autobiographie en affirmant : *« La surdité assez prononcée dont j'ai été atteint dès l'âge de cinq ans – sans espoir d'en guérir, car j'ai eu les tympans crevés – a régi ma vie intellectuelle, sinon mon caractère et mon comportement, au point qu'il me semble nécessaire en commençant ce livre, d'en signaler l'existence. »* Et d'expliquer qu'il cessa rapidement de suivre les cours de l'enseignement supérieur, par défaut auditif : *« Je suis donc un autodidacte absolu pour ce qui est de la culture supérieure et ne peux prétendre avoir tiré parti de nos institutions d'enseignements. [...]*

C'est avec ces oreilles-là que j'ai eu à affronter les compétions de la vie. J'ai été conduit à lire des livres plutôt qu'à écouter des sermons. » * Cette indépendance ainsi revendiquée, il la manifestera toute sa vie, face aux militaires, aux académiciens, aux grands commis de l'Etat (bien qu'il en fût un lui-même) ou aux politiques.

Cela explique qu'Yves Rocard n'était guère tendre à l'égard du système français des grandes écoles, qui formait selon lui des handicapés à vie : *« La préparation aux grandes écoles, par son caractère abusivement coriace, provoque chez l'élève une fatigue cérébrale qui le distord et grève ses potentialités intellectuelles pour le reste de son existence. On observe un "durcissement de la cervelle" qui se manifeste par une certaine sclérose de l'imagination. La pensée se ralentit, la curiosité s'amenuise : l'élève qui a terminé sa tâche ne pense plus qu'à dormir. En contrepartie se développe chez lui un esprit critique un peu excessif. Les élèves feraient mieux de lever leur nez de leurs textes et de courir quelques aventures, même dans le domaine intellectuel et scolaire. En ce qui me concerne, j'étais très précoce et j'avais déjà accompli de mirifiques calculs de mécanique statistique ; j'ai donc cruellement ressenti ce que je perdais en travaillant trop pour répondre à mes obligations scolaires, à un âge où on devrait laisser son intellect s'épanouir. »*

Yves Rocard était une exception dans ce milieu où l'on avait des idées bien arrêtées sur la trajectoire de sa vie : il décrit ses anciens condisciples comme *« bornés et parfaitement rigides [...] Ils préparaient les examens, voulaient faire carrière, c'était tout »*. Ils étaient donc fort peu nombreux à s'intéresser aux trésors que contenaient la bibliothèque de l'Ecole. Louis Néel avait avoué après son prix Nobel avoir fait de fausses clefs pour pouvoir y pénétrer à loisir. Yves Rocard lui avait été plus direct encore : *« Il me suffisait de donner un coup d'épaule dans la vieille porte branlante pour la faire céder. C'est ainsi que, pendant des dimanches entiers, j'y ai appris la physique, au calme et bien au chaud. »*

Les rapports avec l'industrie

Avant tout le monde, Yves Rocard a pressenti la nécessité d'une collaboration intime entre la recherche et l'industrie, par des allées et venues de personnes entre ces deux mondes. A son époque, pour un chercheur universitaire, travailler dans l'industrie, c'était perdre son temps. On avait encore une conception très positiviste de la science « pure », qui ne se salissait pas les mains en allant sur le terrain. Yves Rocard a montré que l'on pouvait trouver sur le terrain industriel des problèmes à la fois concrets et profonds, qui pouvaient mener à des progrès très fondamentaux.

Lui-même y a travaillé, poussé par la volonté de rester à Paris au contact du monde scientifique et rebuté par la perspective d'aller « s'enterrer » à Strasbourg où on lui proposait une maîtrise de conférences de physique théorique. Il accepta donc en 1928, peu après la déception du « Raman manqué », la proposition que lui faisait une société française, la Radiotechnique, puis dans sa société-mère la CSF. Au cours de la Première Guerre mondiale, la France avait acquis un leadership mondial dans le domaine des transmissions, grâce à l'invention de la lampe TM par Henri Abraham, qui fut d'ailleurs l'un des maîtres de Rocard à l'Ecole normale. Il s'agissait de la première lampe triode fonctionnant correctement et, à la fin de la guerre, la France fournissait du matériel radio à tous ses alliés (Anglais, Canadiens, Américains, Italiens, Belges). Les capacités de production développées en temps de guerre s'étaient rapidement reconverties dans le domaine civil avec la diffusion des postes récepteurs dans les foyers. Yves Rocard fut recruté par un ex-ingénieur des PTT, Roger Julia, qui eut l'idée de faire appel à de jeunes normaliens pour constituer son équipe technique.

Voici comment Yves Rocard décrit son arrivée dans un monde qu'il ne connaissait absolument pas : *« Je constatai d'emblée en entrant dans cette usine de lampes que l'industrie parvenait à résoudre parfaitement de nombreux problèmes sur lesquels butaient les petits scientifiques du laboratoire de l'Ecole normale. Je me souviens que lorsque nous arrivions le matin au laboratoire de physique de notre Ecole, nous trouvions souvent les bâtis de pompage brisés par des fêlures. Ils étaient faits en verre soufflé et soudé et ne résistaient pas parce que nous ne parvenions pas à trouver le verre adéquat pour les soudures. La Radiotechnique pendant*

Depuis 1992, il existe un prix Yves Rocard décerné par la Société française de physique, qui récompense un transfert de technologie réussi entre un laboratoire de recherche et une entreprise. Ci-dessous la liste des récipiendaires depuis l'origine.

1992 : Bernard DREVILLON - Ecole Polytechnique et Ramdane BENFERHAT - Société Jobin-Yvon.
1993 : F. FAVRE et D. LE GUEN - CNET Lannion et L. DISDIER et D. GATTI - Photonétics à Marly le Roi.
1994 : Janick SIMERAY - Sopelem - Sofretec.
1995 : Jean AUBERT et Christian SCHWEBEL - Institut d'Électronique Fondamentale - Orsay.
1996 : Isabelle LEDOUX et Joseph ZYSS - CNET de Bagneux, François KAJZAR, - CEA/LETI (CEA/Saclay) et Marc BUCCHIA - Société Sopra.
1997 : Geneviève BERGER et Pascal LAUGIER- Laboratoire d'Imagerie Paramétrique (CNRS - Université Paris 6).
1998 : François BALEMBOIS - Alain BRUN - Franck FALCOZ et Patrick GEORGES - Institut d'Optique Théorique et Appliquée - Orsay.
1999 : Jean-Marie DUBOIS, LSG2M *, Ecole des Mines de Nancy et à l'équipe de la société SITRAM, à St Benoît du Sault.
2000 : Alain MENAND, Didier BLAVETTE, Gérald DA COSTA et Bernard DECONIHOUT, du Groupe de Physique des Matériaux, CNRS – UFR des Sciences, Université de Rouen, et à l'équipe de la société CAMECA.

* Sauf indication contraire, les citations d'Yves Rocard contenues dans cet article sont tirées de *Mémoires sans concessions*, Grasset, 1988.

ce temps fabriquait des milliers de lampes par jour, lampes d'éclairage et lampes de TSF qui refroidissent sans se fêler. L'industrie avait donc déjà dans ce domaine une longueur d'avance sur les scientifiques. »

Dans ce milieu d'ingénieurs, Yves Rocard va laisser libre cours à sa créativité, contribuant notamment à l'invention des lampes à chauffage indirect qui allaient se trouver dans tous les postes de radio jusqu'à l'invention du transistor. Ces lampes étaient rendues nécessaires par le fait que les nouveaux postes de radio étaient alimentés sur le secteur électrique alternatif, contrairement aux postes militaires qui fonctionnaient eux sur accumulateur. Le chauffage de la lampe était opéré par un filament alimenté sous 4 V en continu, ce qui provoquait un ronflement considérable dans la lampe et qui neutralisait en grande partie la réception. Impensable pour des postes grand public que l'on espérait diffuser massivement. Yves Rocard conçu donc des lampes à chauffage indirect, où la cathode était un petit tube de nickel, dans lequel était inséré un circuit de chauffage séparé.

Toutefois, l'esprit curieux et inventif d'Yves Rocard aura parfois du mal à cohabiter avec des responsables industriels. Lorsque sa société imagine investir le marché du matériel électro-acoustique, il se plonge dans la théorie de la propagation du son. *« Je finis par énoncer une théorie de la propagation en acoustique non linéaire originale à cette époque : je remarquai en effet que si une onde acoustique à l'entrée d'un appareil comme un haut-parleur à pavillon est trop puissante, la propagation fabrique elle-même des harmoniques qui n'étaient pas dans l'onde initiale. Un pavillon de foire, dont on connaît le désagréable son nasillard, est une machine à fabriquer des harmoniques qu'on ne lui a pas fournies. Ces harmoniques supplémentaires, à des fréquences assez basses, que le microphone n'a pas engendrées, correspondent aux "faux-sons" qui font la tonalité très spéciale de ce matériel, que l'on entend dans les gares, par exemple. Ainsi, j'expliquais fort bien les limitations que la théorie imposait à nos performances de qualité, mais je reçus plutôt une semonce de la direction de la CSF : " Monsieur Rocard, vous êtes une usine à frais généraux. A quoi sert une théorie qui nous empêche de travailler ?" »*

Heureusement, Yves Rocard ne se limitait pas à expliquer ce qui ne marchait pas. Au contraire, toute sa vie, il a aimé que « les choses marchent ». Pour le compte de la CSF, il travailla pendant quelques mois avec Didier Daurat, le légendaire patron de l'Aéropostale, pour mettre au point un matériel d'aide à la navigation qui devait permettre à ses avions de voler la nuit et d'atterrir sans visibilité. Le système existait déjà en Allemagne, où la société Lorentz l'avait développé, mais on était à l'époque (1934) déjà dans les préparatifs de guerre et la France voulait se doter d'une technologie ayant des répercussions stratégiques. C'est au cours de ces études qu'Yves Rocard allait se trouver confronté pour la première fois à ce qu'il appela plus tard « la maffia polytechnicienne ». Bien qu'appréciant de nombreux ingénieurs issus de cette école, il détestait par-dessus tout l'idéologie consistant à placer l'esprit de corps devant la compétence. Au total, rien n'aboutit : *« Malgré les succès techniques obtenus, cette attitude de l'Administration française qui prend parti contre ses fournisseurs au lieu de les soutenir explique notre impréparation à la guerre qui, lentement mais sûrement, s'annonçait. »*

Yves Rocard se différenciait de ses condisciples normaliens intervenant dans la recherche parce qu'il est resté en contact toute sa vie avec les problèmes de l'industrie, par ses amitiés de lycée et notamment par l'intermédiaire de Maurice Julien, ingénieur des Mines qui travailla chez Citroën à l'époque des grandes innovations (traction avant, suspensions par barres de torsion). Rocard lui-même raconte : *« C'est lui qui m'obligea à apprendre la mécanique en m'entretenant sans cesse de ces problèmes, en fait ceux de Citroën. »* Son ouvrage *Dynamique générale des vibrations*, qu'il fit paraître en 1942 chez Masson, reflète fidèlement cette expérience du terrain, à cent lieues du traité de mécanique classique.

Un oubli de la mécanique rationnelle

Yves Rocard y traite notamment des problèmes de pseudo-glissement et d'envirage que l'on rencontre dans le domaine de l'automobile. Les pneus assurent deux fonctions assez peu connues mais néanmoins fondamentales. Si l'on tire une automobile sur le côté avec une corde, le fait d'exercer une traction latérale entraîne, en raison de l'élasticité des pneus, une déformation de l'aire de contact au sol, qui n'est pas symétrique vis-à-vis de son axe, mais prend la forme d'une ellipse inclinée, et la voiture se dirige sur le côté. La complémentarité des déformations de toutes les roues leur permet de prendre un mouvement commun assurant la tenue de la voiture sur sa trajectoire. C'est le phénomène de l'envirage. Le pseudoglissement est un phénomène similaire qui se produit vers l'avant et non plus latéralement : pour effectuer un parcours donné, les roues avec pneu font davantage de tours que si elles étaient rigides. Ce surcroît de tours est de l'ordre de 5 %. Il s'explique par l'effort de traction que le moteur exerce sur l'ensemble de la voiture. Cet effort se décompose en traction-compression au niveau des pneus, plus précisément au niveau de l'aire de contact du pneu sur la route. La matière du pneu est donc localement comprimée, ce qui revient à une réduction de la circonférence de la roue et donc à un plus grand nombre de tours accomplis sur un parcours donné.

L'expérience acquise par Yves Rocard dans les domaines mécaniques fait qu'il est appelé par Raoul Dautry, à l'époque directeur des Chemins de fer de l'Etat, comme expert pour comprendre le déraillement catastrophique d'un train rapide sur la ligne Caen-Le Havre, en 1933. Il n'a que 31 ans à l'époque et il est pourtant chargé de démêler cette « ténébreuse affaire », politiquement très sensible, au milieu des querelles opposant les services de la Voie et de la Traction, chacun se démenant pour que l'autre fût rendu responsable de l'accident. En compagnie de son camarade Julien, il se rend sur place et constate que la voie était latéralement déformée en amont du lieu de l'accident, formant une sinusoïde de 400 mètres de période, dont on voyait plusieurs ondulations : *« La voie semblait être devenue ivre sous l'effet de la locomotive. Ses déformations allaient croissant jusqu'au lieu où se trouvait la locomotive, sortie de ses rails, et les*

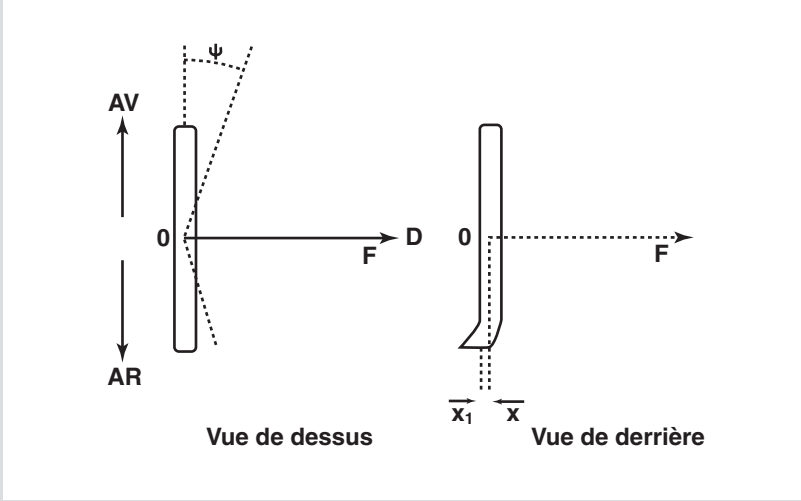
wagons écrasés. » A l'époque, cette déformation latérale sous l'effet du roulement des locomotives apparaît comme une véritable énigme. Rocard va la résoudre en faisant appel aux deux phénomènes d'envirage et de pseudo-glissement qu'il a eu à connaître dans le domaine automobile. Il n'hésite pas à admettre que l'acier des locomotives se déformait aussi, notamment au contact des roues et des rails.

Peu de gens savent que les roues des locomotives sont coniques. Deux roues liées à un essieu rigide forment donc un bi-cône. Lorsque l'on pousse un tel bi-cône sur une voie, il roule en décrivant une sinusoïde, qui le fait osciller de part et d'autre de sa direction générale de roulement (celle des rails). L'essieu accepte ce mouvement. Mais si l'on raisonne maintenant sur deux essieux liés à un seul châssis, ce qui est le cas d'un bogie, on constate que les trajectoires qu'ont envie de décrire chacun des deux bi-cônes pris séparément sont incompatibles avec les liaisons des essieux. Ceux-ci ont tendance à ne pas rester parallèles. En fait, le seul moyen d'expliquer que les cadres rectangles des bogies ne se transforment pas en losanges, est d'avoir recours aux déformations de pseudo-glissement. C'est grâce aux déformations qui naissent du contact des roues sur les rails que les équations deviennent compatibles et que le matériel roulant finit par rouler. Etudiant ce problème dans le cadre de l'enquête sur l'accident de Saint-Hélier, Yves Rocard introduit dans les équations de mouvement les forces dues à la déformation créée entre les rails et les roues, rendant ainsi possible le roulement en avant. Jusque-là, bien que l'on utilisait le rail depuis plus d'un siècle, on ne connaissait pas le principe qui permettait aux locomotives de rouler !

Cependant, les oscillations latérales des locomotives devenaient instables dès lors que l'on dépassait une certaine vitesse critique. C'était ce qui était arrivé à la « Mountain 241 » qui avait déraillé à Saint-Hélier. Si les conclusions d'Yves Rocard sur les causes de l'accident furent adoptées, il eut plus de mal à faire accepter les modifications qu'il proposait. Ayant calculé la vitesse critique de la « 241 » à environ 120 km/h, il imagina de garder des roues coniques à l'avant, afin de mieux adhérer aux rails, mais de choisir des roues parfaitement cylindriques à l'arrière afin de mieux absorber le mouvement latéral. Son projet fut testé sur une voie expérimentale, où l'on avait placé un petit défaut. Les locomotives classiques oscillaient indéfiniment après y être passées et pouvaient s'échapper de leurs rails, alors que le mouvement latéral de la locomotive « Rocard » s'amortissait en deux ou trois oscillations.

Néanmoins, à la grande déception de Rocard, Raoul Dautry choisit d'appliquer le principe de précaution (on voit que cela ne date pas d'aujourd'hui). *« Il décida tout simplement que les machines "Mountain" seraient interdites aux grandes vitesses, qu'elles ne seraient pas autorisées à dépasser 120 km/h, alors qu'il était bien d'accord non seulement sur le fait que s'il y avait une vitesse critique, elle était de 120 km/h, mais qu'en plus on pouvait la faire disparaître complètement par de très petites modifications. Ainsi, la sagesse de ce technocrate, dont le souci était de satisfaire son ministre des Transports et de ne pas mettre l'opinion publique en émoi, le conduisit-elle à adopter la solution prudente en rejetant la solution hardie qui était à sa portée et qui consistait à modifier les machines existantes.* » Nul n'est prophète en son pays. Rocard publia tout de même deux petits livres sur la théorie du roulement des locomotives, qui intéressèrent fortement les Soviétiques. En Union soviétique, en effet, on connut aussi de gros problèmes de déraillement. L'écartement des voies supérieur à celui des pays occidentaux imposaient des wagons et locomotives plus gros, plus larges, plus lourds. Les Soviétiques traduisirent en russe les ouvrages de Rocard et l'invitèrent à Moscou pour exposer ses idées sur le sujet.

Yves Rocard allait retrouver le problème de la vitesse critique dans le domaine de l'aviation. Ce secteur qu'il avait abordé avec la question du radioguidage allait ainsi lui permettre de fournir ses premières contributions dans le domaine militaire. Les ailes d'avion sont des systèmes élastiques soumis à des vibrations de flexion et de torsion. Ces dernières changent avec la vitesse. Lorsque celle-ci augmente, par exemple lors d'un piqué, l'aile devient semblable à un drapeau ou à une banderole qui se tordent en claquant sous l'effet du vent. Les avions de l'époque, construits en bois ou en duralumin, avaient connu à plusieurs reprises cette « mise en drapeau » : l'aile éclate littéralement sous l'effet de la torsion et l'avion tombe. Le problème était apparu avec les grands monoplans, qui pouvaient atteindre 600 km/h et dépasser la vitesse critique à partir de laquelle ce phénomène apparaissait.



Envirage. Ce dessin est tiré de la deuxième édition de la *Dynamique des vibrations,* l'un des nombreux manuels de physique écrit par Yves Rocard. Ce sont les petites déformations du pneu à la surface de contact avec le sol qui permettent à la voiture de tourner sans dommage.

Voici comment Yves Rocard raconte l'histoire dans ses *Mémoires* : *« Je noircis beaucoup de papier avant d'aboutir au résultat. Je disposais d'une équation pour la vibration de flexion, d'une autre pour la vibration de torsion, mais les deux termes n'étaient pas indépendants en raison de la position du centre de gravité sur l'aile. Autrement dit, il y a un deuxième terme qui exprime, lorsque l'avion vole, la nouvelle force de portance venant de la torsion de l'aile (torsion qui évidemment accroît l'incidence de l'aile, donc sa portance), force proportionnelle au carré de la vitesse de l'avion. [...] Tout le secret de l'affaire est là, dans ce couplage dissymétrique, il suffisait d'en faire une mise en équations correcte. La vitesse critique que l'avion ne doit pas dépasser n'est plus qu'un résultat de calcul.*

« Les difficultés auxquelles je me heurtai étaient davantage liées à la collecte des informations numériques de base qu'à des facteurs d'ordre purement technique. Pour définir le mouvement de l'avion ainsi que les mouvements de déformation de l'aile, il fallait posséder de nombreuses données, que ne pouvaient me fournir ni le directeur de la compagnie d'aviation, ni le fonctionnaire ingénieur qui avait passé le marché, mais plutôt le dessinateur du bureau d'études de l'usine qui construisait. Il fallait alors retrouver parmi tous les dossiers empilés ceux qui concernaient le problème donné : tel boulon pesait 17 grammes et était situé à 1 mètre du bord d'attaque et à 2 mètres du côté, etc. On constitua ainsi pour moi des dossiers qui m'indiquaient tous les détails de la répartition des masses dans une aile. Je pouvais alors calculer le centre de gravité fictif en tenant compte des déformations de l'aile lorsqu'elle se mettait à vibrer et en déduire ainsi par le calcul la vitesse critique à ne pas dépasser.

« C'était un assez joli problème, mais la réunion des données représentait une sérieuse corvée. Je passai mes samedis et mes dimanches à calculer les vitesses critiques de tous les avions français de l'époque, et mes résultats étaient adressés au ministre de l'Air. Je me souviens avoir travaillé sur le Morane 706, le Morane 708, ces avions de chasse de nouvelle génération, qui pouvaient piquer à la verticale à 700 km/h. A 750 km/h, en revanche, ils volaient en éclats. [...] Dans les mois d'août à octobre 1939, les pilotes rendirent compte des limitations de leurs manœuvres : ils ne pouvaient par exemple pas suivre un Messerschmitt allemand qui piquait à la verticale. Ce fut à la suite de ces récits de combats que l'on fut amené à envisager l'amélioration des performances des avions. On s'est alors tourné vers moi, pour remédier à la vitesse critique. Il me vint rapidement à l'esprit qu'il était possible d'opérer des aménagements permettant de passer outre à cette difficulté. Il fallait changer la conception mécanique des ailes, pour que leur axe élastique se rapproche à 25 % du bord d'attaque – alors qu'il est trop souvent au milieu. [...] La solution que j'indiquais pour le Morane 706 consistait à distribuer les quatre mitrailleuses dans un bord d'attaque d'aile, davantage vers l'avant, plutôt que d'enfoncer des tubes sous la tôle. »

Mais il était déjà bien tard et la débâcle de 1940 arrivait. Seul dans son bureau du Service technique de l'aéronautique, armé d'un crayon et d'un téléphone, Yves Rocard ne pouvait lutter contre le désordre généralisé, avec des avions sans cesse déplacés au rythme de l'avance ennemie. Après un passage au Service des inventions, du ministère de l'Armement de Raoul Dautry, il est démobilisé et se retrouve à l'université. Il constate rapidement qu'il n'y a rien à espérer du régime de Pétain, aveuglé par l'idéologie. Lors d'un passage à Vichy, il retrouve les jeunes polytechniciens avec lesquels il avait travaillé au Service technique de l'aéronautique. Ceux-ci lui déclarent vouloir tout recommencer à zéro à propos des problèmes d'ailes d'avion et lui demandent de faire des calculs sur une poutre rectangulaire ultrasimplifiée pour étudier comment elle se plie. *« C'était l'Ordre nouveau dans la résistance des matériaux »* conclut Rocard, qui va rapidement se tourner vers la Résistance, où il aura à connaître le monde du renseignement.

Le renseignement et la guerre

Dans les cocktails officiels auxquels ses fonctions l'amenaient à participer, Yves Rocard portait toujours la main à l'oreille en forme de cornet, de façon à mieux entendre son interlocuteur. Toutefois, des observateurs attentifs ont noté qu'il lui arrivait d'orienter sa main-cornet vers un groupe situé à côté de lui ou derrière, pour saisir ce qui s'y disait.

Yves Rocard avait gardé de ses années de résistance et de service dans les services de renseignement le goût du secret et du recueil de l'information. Son petit-fils, l'astrophysicien Francis Rocard, affirme même qu'il appliquait une « méthodologie de l'espion » à la culture technique : *« Il amassait sans cesse des fiches sur tous les sujets, qu'il actualisait régulièrement. Il rapportait des tonnes de livres à chacun de ses voyages aux Etats-Unis qui lui servaient de matière première pour ces fiches, en plus de ses conversations et rencontres. Ecrites de son écriture minuscule, ces fiches étaient précises et denses. Il les avait toujours à côté de lui. »*

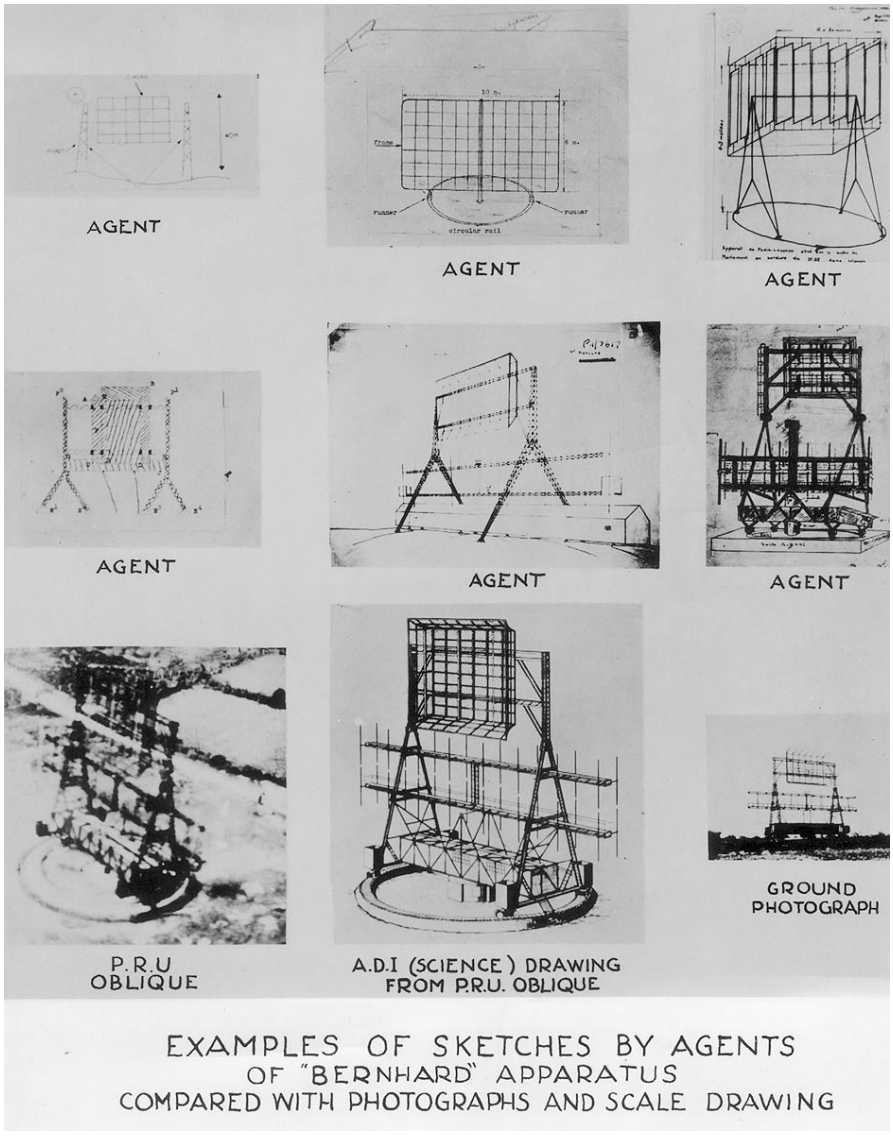
Comme pour beaucoup d'autres scientifiques et ingénieurs ayant participé à la reconstruction de la puissance française après 1945, notamment dans les domaines nucléaire et aérospatial, l'expérience de la résistance et du renseignement fut marquante et imprima chez Yves Rocard un goût prononcé pour le secret. Cependant, il n'en fit jamais une obsession maladive et travailla toujours à la diffusion maximale dans les réseaux scientifiques de résultats pouvant faire avancer les connaissances. Ainsi, il militait pour que les explosions françaises fussent annoncées à l'avance, ce qui pouvait servir les géophysiciens ou les chercheurs d'autres disciplines encore qui étudiaient les ondes longues traversant la terre.

Lorsqu'il se rendit à Lyon, en zone non occupée, Rocard rencontra rapidement les responsables du SR, ce service de renseignement militaire de l'armée régulière qui travaillait à espionner les activités allemandes pour le compte de Darlan, de Giraud et de l'Armée française en Afrique, et surtout des Américains, via l'amiral Leahy, ambassadeur à Vichy.

Parallèlement, il rejoint la Résistance via le philosophe Jean Caillavès et ses réseaux Libération-Nord et Cahors-Asturies. Il profite de sa possibilité de se rendre fréquemment en zone libre pour servir de courrier avec l'un des responsa-

bles de Libération-Sud, Raymond Aubrac. Voici le portrait qu'il dressa de Caillavès en 1962, dans un catalogue de ses titres et travaux : *« Il m'est difficile, dans cette Notice personnelle, de trouver les mots qui conviennent pour dire ce qu'en peu de semaines Caillavès est devenu pour moi. Son activité incroyable, la flamme extraordinaire qui l'a jeté et maintenu dans un combat forcené, son caractère inflexible joint à sa vaste intelligence attique, le chaud sourire qui l'illuminait tout entier et sous ses scrupules d'humaniste intégralement conservés, forment dans mon souvenir une image aussi pure qu'un drapeau. Il laissait parfois paraître une souffrance cuisante de voir ses méditations de philosophe, et même son travail technique de logique mathématique, rendus impossibles, et il m'est arrivé de lui faire l'aumône d'aller chercher à la Sorbonne, à lui interdite – sa tête était mise à prix – quelque ouvrage qui lui était un aliment aussi précieux qu'un colis à un prisonnier affamé. »* Ce texte laisse transparaître un sentiment d'émotion noble et profonde qu'Yves Rocard ne laissait que rarement échapper, donnant à ceux qui ne le connaissaient pas une image plutôt bourrue.

Il remplit pour le compte du réseau Cahors une mission particulièrement importante en 1943, consistant à comprendre le fonctionnement des radiophares allemands installés sur les côtes septentrionales françaises, servant à guider leurs aviateurs dans leurs bombardements en Angleterre. Son rapport intéressa tellement les Anglais que ceux-ci lui demandèrent de venir à Londres, où ses compétences techniques impressionnèrent le Dr. R.V. Jones, qui dirigeait le renseignement technique de l'Air Force (Air Division Intelligence, Scientific Section). Son voyage à Londres et l'arrestation de Caillavès faisaient qu'il était « grillé ». Son retour en France n'aurait pu se faire que dans l'anonymat, ce qui aurait grandement accru les difficultés de ses missions. Il fut décidé qu'il resterait à Londres. En fait, il fut rapidement envoyé à Alger, d'où il devait s'occuper d'installer une liaison à ondes ultracourtes entre les côtes méditerranéennes françaises et la Corse, qui venait d'être libérée. En attendant de pouvoir accomplir cette mission, au milieu de



Dans ce document du renseignement britannique, on voit les dessins des radiophares allemands réalisés par différents agents de la Résistance française sur les radiophares allemands, ainsi que des photos aériennes. Le dessin d'Yves Rocard est à droite, sur la ligne du milieu.

la guerre féroce qui opposait le SR de Giraud au BCRA des gaullistes, Rocard trouva le moyen de protéger les navires français contre les bombes planantes radioguidées des avions allemands, en montant des dispositifs de brouillage. Nommé ingénieur principal de la Marine, au sein des Forces françaises combattantes, il y fut confronté à la suprématie de la hiérarchie sur la compétence technique et s'énerva souvent contre les officiers de Marine, habitués à suivre les ordres de façon obtuse en refusant de tenir compte de données élémentaires.

Il raconte ainsi s'être fait sèchement rembarré lorsqu'il conseilla au commandant d'un navire d'éteindre son radar, qui brouillait celui du navire accompagnateur. *« Quels qu'aient pu être mes arguments intellectuels, purement logiques et scientifiques, pour ne pas dire militaires, le commandant, imbu de ses responsabilités, dressé par une vie entière d'obéissance aux ordres, refusa bel et bien de suivre mes suggestions et les deux radars restèrent allumés sur les deux navires pendant toute la durée du raid »*, ce qui garantissait une efficacité nulle. Un autre jour, il est embarqué sur un navire qui a reçu l'ordre de faire route à 27 nœuds. Il s'avère que cette vitesse faisait vibrer le bateau de toutes ses pièces, rendant impossible toute lecture. Au lieu d'adopter alternativement

une vitesse de 26 et de 28 nœuds, le commandant appliqua aveuglément la consigne et garantit ainsi une usure prématurée du bateau et l'inconfort de ses passagers. Bien qu'Yves Rocard était souvent excédé par la bêtise et les caractères obtus, il prenait toutes ces péripéties avec l'humour et la philosophie qui l'ont toujours caractérisé.

La physique à l'Ecole normale

Lorsque Yves Rocard fut élu à la direction du laboratoire de physique en 1945, il trouva une situation curieuse. D'une part, des bâtiments gigantesques, presque neufs puisque achevés en 1940 suite à une décision du Front populaire. D'autre part, des ressources quasiment nulles : Rocard, titulaire de la chaire et directeur des laboratoires, disposait en tout et pour tout d'un garçon de laboratoire, d'un vieux menuisier et d'un vieux mécanicien proches de la retraite. Ses crédits étaient parfaitement ridicules au regard des besoins : 400 000 anciens francs. Il employa aussitôt des moyens peu orthodoxes, mais d'une remarquable efficacité, pour remonter ce laboratoire. D'abord, sacrilège suprême dans un milieu universitaire encore farouchement opposé à l'industrie, il fit appel à son camarade Maurice Ponte, devenu président de la Compagnie générale de TSF (la CSF). Celui-ci accepta de payer pendant des années le salaire d'une secrétaire et d'un chef d'atelier. Ensuite, il profita largement des opérations de récupération menées en Allemagne pour le compte de la Marine. Rocard obtint même de ce Corps des subventions de plusieurs millions de francs pour assurer l'entretien du matériel qu'il entreposait dans les locaux de l'Ecole.

Une anecdote montre bien la capacité d'Yves Rocard à profiter des moindres possibilités pour parer au manque de moyens, au prix de quelques manquements aux règles administratives. Lors d'un voyage d'études aux Etats-Unis, en 1946, il découvre que l'on peut se procurer à des prix très bas des pièces détachées électroniques issues des surplus militaires américains : klystrons, magnétrons, guides d'onde à haute fréquence, etc. Or les bateaux militaires français avaient été équipés pendant la guerre de radars américains, pour lesquels il fallait acheter régulièrement des pièces de rechange, mais à un prix cent fois supérieur et selon une procédure compliquée. Yves Rocard voit tout de suite l'énorme avantage qu'il peut tirer de ces surplus : *« Je rentrai précipitamment à Paris et courus chez le directeur des Constructions navales pour lui expliquer la situation. Je lui affirmai que, si on me donnait des dollars pour effectuer des achats directs, je rapporterais en France ce matériel prodigieux. J'insistai sur le fait qu'on avait affaire à des brocanteurs plutôt ignares, sachant à peine signer leur nom, et qu'il n'était pas question de leur imposer des marchés, des clauses, des délais de livraison. J'insistai pour être en mesure de les payer comptant. Les autorités du ministère des Finances en furent ébahies, mais je fus soutenus par l'ingénieur général Louis Kahn, qui m'entraîna dans le bureau du directeur des Finances extérieures, d'où je sortis avec un chèque de 5 000 dollars payable chez le trésorier-payeur général à Washington. Et je repartis pour les Etats-Unis acheter l'équivalent de 500 000 dollars de matériel neuf : des lampes nouvelles qu'on n'avait jamais vues, des diodes au germanium qui constituaient le premier étage d'entrée du principal radar américain – que nous n'avions même pas le droit de regarder tellement le matériel était secret. »* Sur les bateaux français, en effet, l'endroit où était installé le radar était fermé à clef et accessible uniquement à un officier anglais ou américain. Mais dans les mois qui suivirent la fin de la guerre, Yves Rocard avait accès dans les magasins de surplus installés dans des rues crasseuses de Manhattan à du matériel estampillé « secret ».

On a parfois reproché à Yves Rocard de ne pas avoir enseigné la physique la plus avancée de son époque à l'Ecole normale : c'est une critique qu'il reconnaît lui-même justifiée. Quarante ans après, il explique son attitude mentale, dans un immense laboratoire vide avec des élèves assoiffés de connaissances nouvelles : *« Si j'avais eu le temps de réfléchir, j'aurais probablement [...] stimulé la science fondamentale pour que mes élèves abordent de plus haut la physique moderne. Mais j'ai expédié à la hâte mes tâches d'enseignement pour nous précipiter dans toutes sortes d'actions qui s'offraient à nous. »*

Le meilleur exemple de cette démarche reste la création de la radioastronomie en France. Suite à des discussions avec les techniciens radars anglais, Rocard avait été amené à conclure qu'il existait un rayonnement propre au Soleil, suffisamment puissant pour brouiller les ondes radars de 1,5 mètre. Ils s'en étaient rendu compte lorsque plusieurs radars anglais poursuivant un avion de reconnaissance allemand s'étaient trouvés brusquement brouillés en même temps, en des lieux différents, mais tous dans la direction de l'avion lorsque celle-ci coïncida avec celle du Soleil. A la fin de la guerre, les Anglais mirent la main sur deux radars allemands géants, dotés de grands paraboloïdes de 8 mètres de diamètre, qu'ils étudièrent avec soin. Le gabarit des tunnels anglais ne leur permit cependant pas de les expédier en Grande-Bretagne. Grâce au Dr. R.V. Jones avec lequel il avait sympathisé dans le renseignement technique de l'Air Force, ils décidèrent de les mettre à la disposition d'Yves Rocard. L'un fut confié aux Transmissions, l'autre aux Constructions navales. Peu après, le physicien, qui n'oubliait jamais un beau sujet de recherche, proposait à ses élèves d'étudier le rayonnement radioélectrique du Soleil avec le radar allemand. Ce fut le début de la radioastronomie à l'Ecole normale. Rapidement, les deux jeunes chercheurs qui dirigeaient l'opération pour Rocard viennent lui proposer de fonctionner en interférométrie, avec un deuxième radar. Celui-ci, que personne ne savait utilisé aux transmissions, avait été finalement mis en vente par les Domaines. In extremis, Rocard put racheter le radar, là encore avec son argent personnel. Puis, il se mit en quête d'un emplacement où placer ses radars à deux kilomètres de distance l'un de l'autre. C'est ainsi qu'il acheta les centaines d'hectares de terrains en Sologne qui devinrent la station radioastronomique de Nançay. Rapidement, les jeunes chercheurs qu'il avait ainsi lancés volèrent de leurs propres ailes, rattrapés par les astronomes classiques (optiques) de l'observatoire de Meudon qui, inquiets

de voir ces nouveaux venus leur voler la vedette par l'instrument puissant dont ils disposaient, les attirèrent en leur proposant des postes stables.

Un nouveau champ de recherches était encore né grâce à Rocard. De même, la physique du solide, essentielle pour maîtriser les technologies électroniques, prit son essor en France grâce à la protection de Rocard pour ses deux pionniers, Pierre Aigrain et Claude Dugas, partis se former aux Etats-Unis.

Rocard avait plus ou moins résolu le problème de la contrainte financière en créant l'association des amis du laboratoire de physique de l'Ecole normale supérieure (ALPENS). Cette structure, copieusement alimentée par ses nombreux amis dans l'industrie, lui permit de financer de nombreuses initiatives, principalement à l'intérieur de l'Ecole normale, mais aussi à l'extérieur comme l'Ecole d'été de physique théorique, aux Ouches. Elle lui permit aussi de continuer à travailler librement bien après sa retraite. ALPENS possédait quelques locaux, dont un servit même pendant quelque temps de siège au Parti socialiste unifié de Michel Rocard, qui le louait à ALPENS... Preuve que si Yves Rocard était franchement en désaccord avec les opinions politiques de son fils, il ne dédaignait pas de lui donner un coup de pouce (coup de pouce parce que le PSU était assez mauvais payeur).

La gestion d'ALPENS souleva bien sûr des protestations de la part des universitaires, toujours jaloux des budgets qu'ils n'ont pas. Pourtant, on l'a vu, Rocard n'était pas un homme intéressé. S'il souhaitait disposer de facilités financières, c'était pour faire avancer ses projets plus rapidement. Et lorsqu'il le fallait, il mit à de nombreuses reprises la main à la poche lui-même. Sa générosité était d'ailleurs constante : à la fin de sa vie, il s'était lié d'amitié avec un jeune chercheur de l'Inra souhaitant abandonner la recherche pour développer une activité d'ingénieur-conseil dans le domaine agro-environnemental. A peine le projet exposé, Rocard lui signait un chèque personnel pour lui permettre d'acheter sa ferme-laboratoire. *« Vous me rembourserez... »*

Les militaires et la bombe

On l'a déjà vu dans les lignes qui précèdent : pour Yves Rocard, l'armée n'est pas un « grand Satan » avec lequel toute collaboration est impossible. C'est, d'une part, une source de problèmes concrets où la sanction de l'incompétence est relativement immédiate (surtout en temps de guerre, comme ce fut le cas pour l'affaire de la vitesse critique des avions). C'est, d'autre part, la possibilité d'avoir des moyens pour lancer des projets expérimentaux par des circuits plus rapides que ceux de la bureaucratie scientifique habituelle. Et puis, Yves Rocard était patriote et fier des services qu'il avait rendu à la patrie. A Alger, il avait refusé un grade supérieur avec lequel il aurait été confiné dans un rôle d'enseignant, et préféré un grade moins élevé, avec lequel il pouvait participer directement à la défense nationale. Ses élèves de Normale en 1945 se rappellent qu'il venait encore enseigner en costume d'amiral après la signature de l'armistice, manifestant par cette petite coquetterie son attachement à la chose militaire. Croix de guerre avec palme, il a été par ailleurs commandeur de la légion d'honneur, à titre militaire, et commandeur de l'Ordre du British Empire, Military Division.

Yves Rocard décoré par le général de Gaulle. Parmi ses nombreux titres, Yves Rocard était commandeur de la légion d'honneur, à titre militaire, commandeur de l'Ordre du British Empire, Military Division.

Cependant, Rocard reste avant tout mu par l'intérêt scientifique : s'il pouvait se passer des militaires, il le faisait bien volontiers. *« Le fait de remuer des morceaux de montagne avec des bombes atomiques posent une quantité de questions à des physiciens et si, au lieu d'être étroitement serrés dans des programmes soi-disant militaires, on pouvait travailler tranquillement avec des bombes, il y aurait pas mal de choses à découvrir. »* Ailleurs, il parle encore avec fascination du phénomène physique de l'explosion atomique : *« Au moment où la bombe éclate, une puissante lueur est excitée par les rayons gamma dans les molécules de l'azote atmosphérique et on voit un superbe spectre riche en raies bleues et violettes. Cette lueur ne dure que quelques millisecondes, mais pendant ce temps la boule de feu s'organise, la matière s'échauffe en se comprimant et l'on assiste à la naissance d'un beau soleil tout jaune qui grossit, puis qui diminue et à partir duquel on voit s'organiser des phénomènes mécaniques, notamment la formation de l'onde de choc dans l'atmosphère. »*

Les choses étant ce qu'elles sont, Yves Rocard ne pouvait travailler sur ces phénomènes qu'avec des militaires. Il a donc apprécié de collaborer avec ce qui allait devenir la Direction des applications militaires du Commissariat à l'énergie atomique : il y trouvait à la fois une relative liberté d'action dont il rêvait en tant que scientifique et l'accès à des connaissances autrement impossibles. Et il y trouvait aussi la passion liée au défrichement d'un secteur nouveau : celui du nucléaire. L'histoire commença pour lui officiellement en 1951 avec sa nomination au Comité

Moment de détente au centre d'expérimentations sur la bombe atomique installé dans le Sahara (Adrar), après le succès de la première bombe atomique française. « Gerboise bleue » explosa le 13 février 1960.

de l'énergie atomique, au moment où Frédéric Joliot était mis à la porte du CEA. Pour le remplacer, les deux principaux candidats étaient Francis Perrin, poussé par le personnel comme l'héritier légitime de Joliot, et Yves Rocard. Celui-ci n'était pas candidat au départ, mais les opposants à Perrin l'avaient choisi comme leur champion suite à la publication d'un article lui ayant donné la fausse réputation d'être une autorité dans le domaine de la bombe H. Ce fut finalement Francis Perrin qui fut choisi, alors que Pierre Guillaumat remplaçait peu après Raoul Dautry au poste d'administrateur général.

A son poste principalement honorifique de membre du Comité à l'énergie atomique (sorte de conseil d'administration du CEA), Yves Rocard observe le paradoxe qui a toujours marqué l'histoire du CEA, que Pierre Guillaumat ne fut pas long à comprendre à son tour : *« Il constatait que les promoteurs français de l'énergie atomique étaient en somme les premiers à l'empêcher de se développer, alors que le comité proposait un but plus grandiose et plus rapide à atteindre en faisant du plutonium. »* Aujourd'hui encore, on constate que certains des plus farouches opposants à l'énergie nucléaire se retrouvent au CEA ou à l'IPSN. Le syndicat majoritaire au CEA, la CFDT, est d'ailleurs officiellement opposé à l'utilisation civile de l'énergie nucléaire. De fait, lorsqu'il s'était agi de décider du programme qui devait faire suite à Zoé, la première pile atomique française, deux écoles s'affrontaient : Kowarski, Goldschmidt et Perrin proposaient de construire une pile de 1 000 kW sur laquelle on testerait les instruments de réglage destinés à équiper les grosses centrales de l'avenir. Yves Rocard, lui, avait proposé de suivre la méthode américaine : *« Pourquoi ne ferait-on pas, tout bêtement, de grosses piles de 100 000 kW, comme l'ont fait les Américains à Hanford ? Au moins, on aurait le plutonium, à toutes fins utiles. »* Les piles d'Hanford étaient celles qui avaient servi à construire les premières bombes américaines. Lancer cette proposition, c'était mette les pieds dans le plat à une époque où Joliot et les divers agents communistes qui sévissaient encore au CEA faisaient une propagande intensive contre la fabrication de la bombe atomique (sauf en Union soviétique, où la première bombe éclata en 1949). C'était ouvertement proposé que la France se dotât elle aussi de l'arme atomique. Aussitôt après, Francis Perrin demanda poliment à Yves Rocard d'abandonner les deux secteurs dont il avait auparavant la charge : l'électrotechnique et la prospection géologique.

Cependant, peu après, la situation allait radicalement changer. Pierre Guillaumat avait pris sa décision : il voulait lancer l'énergie atomique civile, construire un sous-marin atomique avec la Marine et faire une bombe avec le concours de l'Armée. Perrin se refusant à toute responsabilité dans ces deux derniers domaines, Guillaumat décida de s'appuyer sur Rocard pour ceux-ci et lui proposa la direction scientifique de l'un des deux. Certain d'être de toute façon tenu au courant des développements du sous-marin grâce à ses bonnes relations dans la Marine (il était le doyen de son corps de conseillers techniques), il se décida pour la bombe : *« C'était vraiment là, pour moi, qu'était l'aventure. »* L'environnement politique avait changé : des hommes politiques de gauche comme Mendès-France ou Guy Mollet s'étant déclarés ardemment en faveur de la bombe, Francis Perrin y était désormais moins opposé. Des hommes comme Bourgès-Monory ou Félix Gaillard apportèrent aussi un soutien sans faille au CEA. Même si officiellement la décision de construire la bombe ne fut prise par Félix Gaillard en 1958, à quelques mois de la chute de la IVe République, Yves Rocard estime que c'était l'œuvre principale de Pierre Guillaumat. Le même ingénieur qui avait assuré l'approvisionnement du pays en tant que directeur des Carburants avait voulu cette bombe : *« C'est lui tout seul qui, voulant voir la France devenir une puissance atomique, trouva l'énergie d'entreprendre et de réaliser la bombe, grâce à l'instrument qu'il possédait, à savoir la direction du CEA. »*

Pour ce qui le concernait, Yves Rocard était dans une position ambiguë. Edouard Parker, qui fut conseiller technique pour les affaires nucléaires de plusieurs ministres de la Ve République, explique : *« Il était génial mais très envahissant, ce qui explique qu'il faisait peur aux administrateurs généraux du Commissariat à l'énergie atomique. »* Pierre Guillaumat ne faisait pas exception à la règle ; s'il estimait ne pouvoir se passer des compétences techni-

ques d'un homme indépendant du groupe de Francis Perrin, il redoutait de le voir prendre la tête d'un département, doutant peut être de ses capacités d'administration. Yves Rocard restait donc officiellement professeur, son seul lien officiel avec le CEA étant sa qualité de membre du Comité à l'énergie atomique. Le BEG (Bureau des études générales, ancêtre de la Direction des applications militaires) était lui dirigé par un général parachutiste, Albert Buchalet, choisi par Guillaumat en désespoir de cause : Rocard n'avait trouvé personne d'intéressant parmi les ingénieurs généraux de l'armement que lui avait présenté l'Armée et il était convenu que ce devait être un représentant de cette dernière qui soit officiellement en charge du projet.

S'il n'avait donc aucune responsabilité officielle, c'est pourtant Yves Rocard qui acheta le terrain de Bruyères-le-Châtel où allait être construite la première bombe française. Il le fit avec les fonds du SDECE, le service de contre-espionnage de l'époque, intéressé par ses activités de détection des explosions. Situé pas trop loin de Châtillon, de Saclay ou du Bouchet, les autres grands centres du CEA, « B III » réussit à rester secret pendant quelques années et offrit un abri sûr aux développeurs de la bombe.

Yves Rocard, qui entretenait toujours des relations avec le 2e bureau de la Marine française, avait en effet développé d'importantes compétences dans le domaine de la détection des explosions nucléaires, dont il allait ensuite devenir un expert mondial incontesté, avant même que la France n'ait fait explosé sa première bombe. En 1958, c'est Rocard qui représentait la France à l'une des sous-conférences sur le désarmement se déroulant à Genève, la Conférence des experts en matière de détection nucléaire. Cette activité de diplomatie internationale allait toutefois rapidement cesser, la France ayant décidé de se retirer de la Conférence sur le désarmement et de l'Otan. Il est impossible de raconter ici l'ensemble des moyens techniques, souvent très ingénieux en même temps que fort simples, déployés par Yves Rocard pour la détection des explosions nucléaires. Nous allons toutefois parler de la détection sismique, parce qu'elle est typique de la méthode Rocard, de la façon dont il crée une équipe autour d'une idée, qu'il lance ensuite sur un nouveau champ de recherche.

Auparavant, une petite anecdote qui en dit long sur la situation de Rocard au CEA. Elle se déroule lors de la première explosion atomique française au Sahara, le 13 février 1960. A ce moment, bien que Rocard avait déjà monté des services performants de détection, il s'était vu écarté au profit de jeunes polytechniciens, chargés de monter le service Essais. Par inexpérience, ceux-ci arrivèrent à un bilan assez lamentable. Aucune des mesures faites à l'instant zéro ne fonctionna et l'on fut obligé de recourir à l'analyse *a posteriori* des films du déroulement de la boule de feu pour fixer des paramètres aussi essentiels que la puissance du tir de « Gerboise bleue », nom de code de la première bombe française. Relégué dans son petit laboratoire, à 70 km du point zéro, Yves Rocard perce un petit trou de 2 mm avec un clou dans une porte. *« J'eus alors l'agréable surprise de voir la boule de feu de l'explosion se peindre avec de brillantes couleurs sur le mur en face de mon trou ; en crayonnant d'un trait rapide les deux bords de cette image, je pus mesurer son diamètre, qui me permit de calculer la puissance. La valeur que je donnai ainsi était de 65 kilotonnes de TNT, et c'est la seule dont on disposa pendant plusieurs jours, toutes les mesures plus sophistiquées ayant bêtement échoué. »*

La détection sismique

Rocard fut aussi le premier au monde à mesurer le courant produit par une explosion nucléaire et il publia aux *Comptes rendus de l'Académie des sciences* une note sur ce phénomène. L'éclair produit par une bombe d'une dizaine de kilotonnes est équivalent à celui d'un très gros éclair naturel produit par un orage, supérieur à 100 000 ampères. Mais il a des caractéristiques électromagnétiques tout à fait particulières qui le rendent facilement reconnaissable par des personnes averties. C'était un autre moyen de détection possible, à condition évidemment d'être relativement proche du lieu de l'explosion.

Toutefois, le principal travail de Rocard dans la détection consista à bouleverser la sismographie en cherchant à détecter les essais nucléaires de façon sismique. Comme il le raconte dans ses mémoires, sa première réaction de physicien fut d'aller s'informer auprès de collègues universitaires de cette spécialité ; essuyant un refus assez net de la part des Instituts de physique du globe (les prédécesseurs de Claude Allègre), il décida de se débrouiller tout seul et commença par utiliser les microbarographes qu'il avait mis au point dans le cadre de la détection acoustique des explosions atmosphériques. Plus une explosion nucléaire est puissante, plus basse est sa fréquence sonore, jusqu'à 1/60e de hertz pour les explosions des grosses bombes de 20 mégatonnes. L'utilisation de résonateurs devenant impossible (il aurait fallu des instruments semblables à une galerie de métro sur 200 mètres), Yves Rocard contourne la difficulté en utilisant des microphones électroniquement calés sur des fréquences très basses.

Dans son laboratoire de physique de l'Ecole normale, il avait fait construire des microbarographes en vue d'opérer des détections acoustiques : *« Nous prenions un gros volume à parois rigides [...] que l'on séparait en deux par une membrane flexible. Je laissai entrer l'air par un tuyau de petit diamètre offrant une résistance au mouvement de l'air et de l'autre par un tuyau plus gros qui résistait moins. A l'arrivée d'une onde de pression, l'un des volumes se remplit plus vite que l'autre et la différence de pression qui en résulte dans les deux cavités fait se fléchir la membrane. »* C'est l'enregistrement électronique de cette flexion qui donne la mesure de l'onde de pression. Par un hasard extraordinaire, le jour même où il teste le premier de ces appareils, Yves Rocard enregistre le signal de la première grosse bombe américaine à Bikini. Il estime ensuite par le calcul que le seuil de détection est d'environ 1 mégatonne. Autrement dit, il aurait été incapable de détecter par ce moyen l'explosion d'Hiroshima.

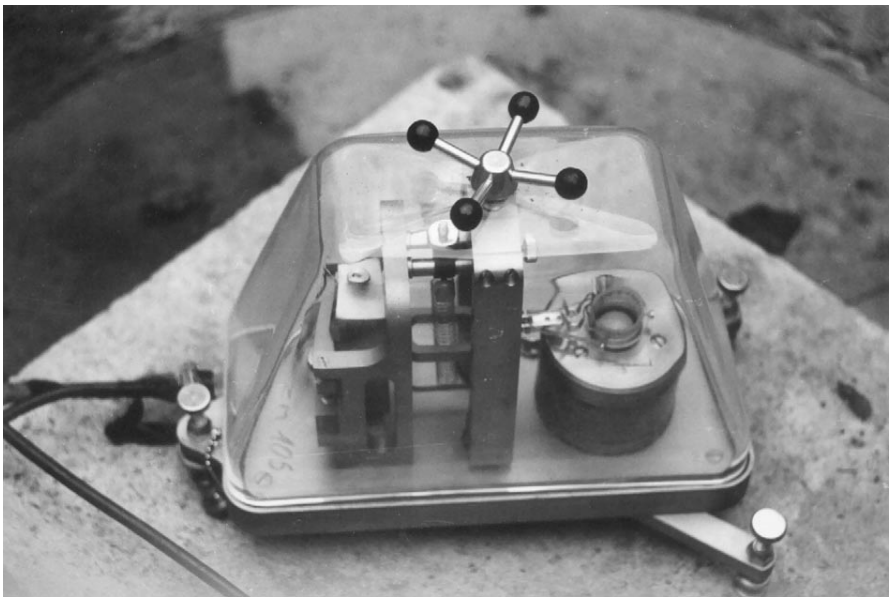
Ce type de microbarographe avait permis la détection de toutes les explosions thermonucléaires dès 1956. Il chercha donc d'abord à l'utiliser de façon modifiée pour la sismologie, en fermant son entrée par un oreiller pneumatique. En rajoutant

un pavé sur l'oreiller et en mettant le tout dans une salle bien fermée, on n'enregistre plus aucune variation de pression atmosphérique due au milieu extérieur, mais uniquement la pesanteur dudit pavé, modifiée par les accélérations verticales. Les petites augmentations de la pesanteur dues aux secousses sismiques ou aux explosions nucléaires se traduisent en variation de pression pour l'air de l'oreiller, que le microbarographe peut enregistrer. L'appareil ainsi conçu par Rocard se révéla très efficace, mais peu commode : il était trop sensible à toute variation rapide de pression atmosphérique (vent ou ouverture d'une porte).

Yves Rocard se retourne donc vers le sismographe classique. A son époque, les sismographes pesaient plusieurs dizaines de kilogrammes, voire quelques centaines. Une bobine mobile se déplaçant dans un aimant engendrait un courant que l'on enregistrait directement. Plus le sismographe était gros, plus il était sensible. On était alors dans la fin des années 50 et l'application systématique des possibilités de l'électronique n'était pas encore un réflexe pour tout le monde. Ce l'était pour Yves Rocard, vu son expérience professionnelle à la CSF. Il put ainsi concevoir des sismographes miniaturisés, donc beaucoup moins onéreux, puisque l'énergie du signal n'était plus fournie par le mouvement du sismographe lui-même, mais par le système d'amplification électronique. On comprendra le saut réalisé par Rocard en rappelant qu'il avait gagné un facteur 1 000 sur la masse. Les transistors, par rapport aux postes branchés sur le secteur, n'avaient gagné « qu'un » facteur 50 à 100. Le sismographe Rocard avait tous les avantages de la miniaturisation : il pouvait facilement être fabriqué dans les ateliers de l'Ecole normale et on pouvait l'emporter dans une sacoche, donc l'employer pour des détections clandestines à l'étranger.

Du fait du grand facteur d'amplification, ces sismographes étaient cependant encore plus sensibles au bruit de fond que leurs prédécesseurs. Il fallait donc les installer dans des endroits non seulement calmes, mais géologiquement adaptés. Les sols granitiques étaient préférables aux terrains alluvionnaires de la région parisienne, beaucoup trop mous. Rocard conçut des stations installées par groupes de trois, sur un triangle de 50 km de côté. La différence des temps d'arrivée des ondes sismiques permettait de déterminer avec précision la direction de l'explosion. Après une première station en Normandie, où Rocard rencontra pour la première fois de sa vie un sourcier, des stations furent installées dans le Morvan, la Dordogne, les Vosges et la Provence. Souvent, il achetait sur ses propres deniers, les maisons où se trouvaient les stations, pour court-circuiter la bureaucratie. La situation ne fut régularisée que bien plus tard et le CEA racheta l'ensemble du réseau. Ce réseau existe encore aujour-d'hui, étendu à l'échelle de la planète grâce à des installations dans les territoires d'outre-mer et dans des pays amis. Pendant longtemps, il a constitué une référence incontournable de données sismographiques, publiant un bulletin sismique beaucoup plus riche que ceux des Instituts de physique du globe. Ce qui ne manqua pas évidemment de provoquer la jalousie de ceux qui se considéraient comme les « vrais » sismologues.

Ce réseau sismographique est un bon exemple de la richesse de l'organisation pluridisciplinaire du CEA, lorsqu'elle est mise au service d'une tâche concrète, sous la direction d'un esprit créateur. De la même façon, beaucoup de percées ont été accomplies et des équipes remarquables se sont constituées au CEA dans des domaines *a priori* bien éloignés de la science nucléaire : biologie moléculaire, climatologie, optique électronique, etc. La souplesse de l'organisation et la capacité des chercheurs de se mouvoir rapidement de la recherche la plus fondamentale aux applications les plus directes offraient une alternative intéressante au milieu universitaire français, souvent sclérosé. Malheureusement, les missions du CEA étant de moins en moins claires, cet avantage tend à se perdre aujour-d'hui.



Yves Rocard a conçu des sismographes miniaturisés, donc beaucoup moins onéreux, puisque l'énergie du signal n'était plus fournie par le mouvement du sismographe lui-même, mais par le système d'amplification électronique. Le sismographe Rocard avait tous les avantages de la miniaturisation : il pouvait facilement être fabriqué dans les ateliers de l'Ecole normale et on pouvait l'emporter dans une sacoche, donc l'employer pour des détections clandestines à l'étranger.

Une pratique humaniste de la science

« Un bon agent technique vaut mieux qu'un mauvais chercheur » disait Yves Rocard. Le petit professeur bénéficiait d'un respect confinant à l'adulation parmi les techniciens

avec lesquels il travaillait. Car ils savaient que le chercheur respectait la compétence technique et qu'il avait toujours offert un chemin vers l'excellence à ses collaborateurs. Il lui est souvent arrivé de faire obtenir des thèses d'université à des techniciens, qui ne leur donnaient aucun droit réel mais qui représentaient tout de même pour eux une source de considération, les intégrant davantage à cet univers de la recherche qui les employait. A l'inverse, Yves Rocard jugeait sévèrement le bourbakisme qu'il considérait comme une condamnation à la stérilité par le découplage des mathématiques et de la physique. Quant à la réforme des mathématiques modernes introduites par le ministre Fouchet, voici ce qu'il en dit : « *Le niveau d'abstraction est tel que ces mathématiques perdent tout contact avec les réalités. Quand nous reçûmes les premières promotions formées dans ces conditions, ceux qui réussirent les concours étaient ceux qui avaient l'esprit assez souple pour apprendre par cœur les anneaux et les groupes, et ceux qui réussissaient plus mal leurs examens étaient ceux qui avaient encore les pieds sur terre, un certain esprit critique et qui tenaient à la réalité des choses. Des dégâts considérables furent ainsi occasionnés dans le recrutement des promotions, qui se traduisirent par un déficit dans les vocations de physiciens : nous n'avions plus les élèves qu'il nous fallait. [...] De nombreuses promotions d'élèves, non seulement en entrant à l'Ecole normale, mais aussi dans toutes sortes d'établissements, furent gravement handicapées par cet incroyable sabotage de l'enseignement. On en revient, heureusement, maintenant.* »

Les idées de Rocard sur l'éducation scientifique sont bien exprimées quand il raconte la façon dont sa vocation lui est venue (**encadré**). Il y exprime aussi sa volonté de développer au maximum les potentiels intellectuels existants dans le pays, son refus du gâchis et des contraintes imposées par toute forme de bureaucratie, qu'il s'agisse de celle de l'armée, de l'administration des finances ou bien de la maffia polytechnicienne. Ce terme qui revient à plusieurs reprises dans ses mémoires ne signifie pas qu'Yves Rocard avait un quelconque mépris pour l'Ecole polytechnique : il avait passé le concours et avait été déclaré admis, mais avait finalement préféré Normale supérieure. Au contraire, il estimait les compétences des polytechniciens et avait noué des relations cordiales de travail avec nombre d'entre eux. Mais il ne pouvait pas supporter que des considérations de corps viennent entraver la marche supérieure de la science... à laquelle bien évidemment il s'identifiait !

Yves Rocard aux négociations de Genève sur le désarmement, en 1958. Bien que ces négociations aient tourné court suite à la décision française de s'en retirer, Yves Rocard, peu considéré au départ, a pu en profiter pour établir auprès de ses collègues russes et américains les compétences françaises en matière de détection.

Yves Rocard et la sourcellerie

Dans la plupart des biographies de Rocard, on passe rapidement, avec un ton gêné, sur les travaux de la fin de sa vie, consacrés principalement au biomagnétisme et à la sourcellerie. Dans le dernier des quatre ouvrages qu'il consacra à ce sujet (*La science et les sourciers*, Dunod, 1989), Yves Rocard se livre à une exploration scientifique de la sensibilité des sourciers. Il avait été frappé par ce phénomène en 1957, lorsqu'il aménageait sa première station de détection sismique. Pragmatique, il constata la réalité du phénomène (le maçon qui travaillait pour lui, par ailleurs sourcier, lui avait indiqué rapidement l'endroit où creuser un puits). Il avait été aussi frappé par l'assurance calme et tranquille du maçon, sans vantardise aucune, à cent lieues des pratiques habituelles des radiesthésistes et autres escrocs du « paranormal ».

Il se passionna rapidement pour le sujet, travailla un peu dessus, et publia en 1961 un petit ouvrage où il décrivait ses premières expériences. Publication trop rapide, comme il le reconnut plus tard. Evidemment, la secte rationaliste réagit avec vigueur et déclencha une vigoureuse attaque contre Rocard. Toute mention du terme « biomagnétisme » était déjà pour elle sacrilège. Et les sourciers étaient à mettre dans le même panier que les cartomanciens ou astrologues. Peu démonté par ces attaques qu'il estimait puériles et sectaires, Rocard persista et revint au sujet lorsqu'il fut libéré de ses obligations professionnelles, après 1974. Après un important effort bibliographique, il montra qu'il existait des récepteurs magnétiques chez l'homme, qui le rendent sensible à des variations locales du champ magnétique. Les

Naissance d'une vocation

Yves Rocard raconte ici la façon dont il décida de devenir scientifique. En même temps, au soir de sa vie, ré échissant sur son histoire personnelle, il esquisse un programme d'éducation pour toute la nation en regrettant l'insuffisance de la stimulation intellectuelle et l'injustice d'une sélection laissée aux hasards de la naissance. *« Tout individu humain a droit à l'entière croissance »* disait Jean Jaurès. Tout esprit humain créateur a droit aux conditions qui vont lui permettre de s'épanouir dit son ancien condisciple.

Je connaissais sur le bout des doigts la grammaire latine de Lhomond, et presque autant les *Epitomæ Historiæ Graecæ*. Mais j'étais surtout attiré par la devanture du marchand de journaux voisins qui arborait chaque mois la nouvelle couverture alléchante de *Science et Vie*. Les nouveautés de la guerre stimulaient mon imagination. C'est ainsi que, jeune Français moyen, titulaire du baccalauréat latin-sciences, je comptais parmi les privilégiés, ceux que le sort avait conduit à étudier au lycée Louis-le-Grand. Nous n'avions qu'une rue à franchir pour emprunter le long couloir qui traverse la Sorbonne. Il suffisait alors de descendre la petite rue sombre sur la droite pour se trouver face à quelques devantures de librairies attrayantes. Parmi celles-ci, la vitrine de la librairie Hermann m'a hypnotisé toute ma vie.

Un jour, peu de temps après la fin de la guerre, en 1918, j'y vis une brochure assez luxueuse, à la couverture brun jaunâtre, au ton chaud, rare chez les éditeurs français : *Les théories statistiques en thermodynamique*, de H.A. Lorentz, éditées en Hollande. Ce titre résonnait de façon inhabituelle pour les cerveaux français de l'époque.

J'étais alors élève d'une classe de mathématiques élémentaires, j'avais 17 ans et me destinais aux classes préparatoires de Spéciales. J'achetai ce livre pour meubler mes studieux loisirs. [...]

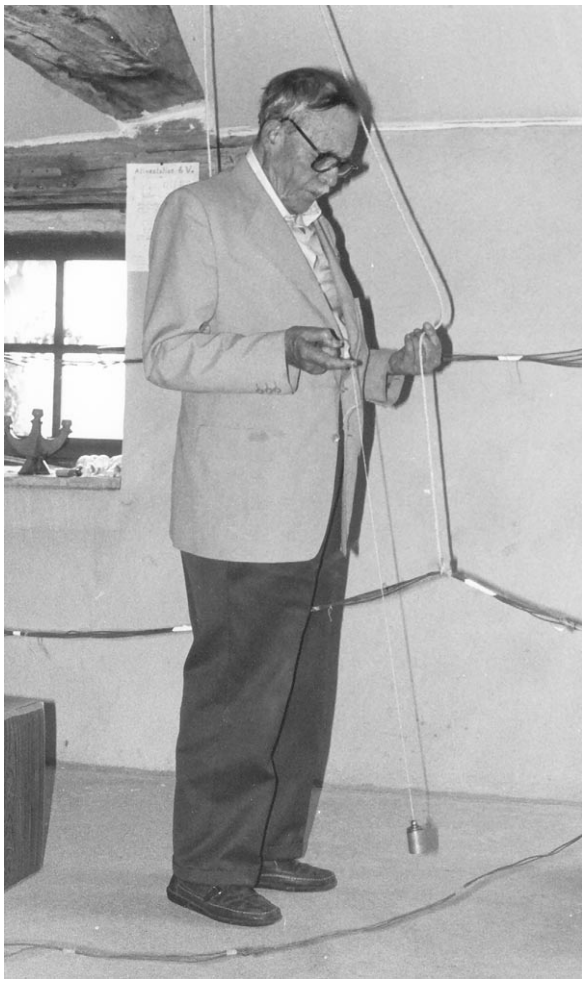
En le feuilletant, j'y découvris la splendeur des vues de L. Boltzmann sur la mécanique statistique. J'y appris que si je parvenais à calculer une certaine grandeur abstraite, l'extension en phase, liée aux propriétés des amas d'un très grand nombre de molécules, je doterais la science d'équations d'état des gaz, servant de bases à la thermodynamique – ou à ce qu'on lui fait dire. Plus loin dans le livre, j'appris encore que le ciel est bleu en raison de la diffusion de la lumière du soleil par les molécules de l'air. C'était passionnant et je ne tardai pas à penser : « Je serai celui qui calculera ce bleu, non pas dans le ciel – puis c'est déjà fait – mais dans tous les uides qui doivent en créer aussi. »

C'est donc ainsi que la vocation scientifique vient aux enfants : ils acquièrent de solides bases théoriques et, si leur sagacité leur fait comprendre qu'ils ont un moyen d'action pour affronter les problèmes, ils se lancent à l'assaut des questions qui se présentent. On pourrait faire varier le mécanisme d'apprentissage, dans d'autres domaines du savoir (moins de science livresque et davantage d'observations, par exemple), mais ce hasard de la bonne rencontre reste indispensable pour provoquer l'illumination. J'ai eu la chance de marcher sur le trottoir du bon côté de la rue de la Sorbonne pour que cet effet se produise. Je n'en prends conscience qu'aujourd'hui, en écrivant ces mémoires. Combien d'étudiants de mon rang ont-ils eu la chance de âner ainsi devant des vitrines bien fournies ? Cette stimulation intellectuelle, nécessaire au pays, aurait pu faire l'objet d'une attention particulière de la part de l'Etat, de l'Administration ou de l'Académie des sciences. Il ne s'agit pas de sélectionner des surdoués qui seraient soigneusement surveillés par la suite, mais simplement de s'assurer que les moyens intellectuels offerts au développement de tous sont suffisants et ne s'adressent pas seulement à des privilégiés. Dans ma jeunesse, cette stimulation intellectuelle dépendait du hasard des moyens privés arbitrairement rassemblés, elle n'atteignait pas la population dans son ensemble. Cependant, les instituteurs dévoués, les professeurs de lycée soucieux de leur score aux examens poussaient l'élève doué vers la classe supérieure : la France entière reposait sur ce système fondé, certes, sur les capacités des sujets, mais pas sur la stimulation intellectuelle. C'était facile, mais était-ce si favorable ?

sujets les plus sensibles (car cette sensibilité est inégalement distribuée dans la population) peuvent détecter des variations très faibles, de l'ordre de quelques milligauss, à condition qu'elles ne soient pas symétriques par rapport à sa personne. Ces variations faibles du champ magnétique local sont souvent associées à des accidents géologiques (failles par exemple) lesquels sont eux-même régulièrement associés à la présence d'eau souterraine. La thèse de Rocard était donc très simple : les sourciers ne détectaient pas l'eau elle-même, mais les variations de champ magnétiques auxquelles elle était généralement liée.

Le physicien a réalisé de nombreuses expériences en aveugle qui ont abouti à démontrer sans équivoque que la capacité des détection magnétique des sourciers n'était pas un artefact : le pourcentage de réponses exactes qu'ils donnaient (présence ou non d'un champ magnétique) était supérieur (parfois très nettement) au pourcentage attendu s'ils avaient donné leurs réponses au hasard. Ces expériences étaient certes critiquables dans leurs détails. Il n'est pas toujours facile de travailler avec des sujets humains volontaires, soumis à la fatigue et à d'autres stimuli pouvant affecter leur sensibilité magnétique. Mais elles semblaient suffisamment probantes pour que Rocard passa la fin de sa vie à se battre pour que l'on ouvre à la science ce nouveau domaine d'enquête. D'autant plus que les centres récepteurs magnétiques qu'il avait annoncés en 1981 par des moyens purement externes (mesures de la réaction au pendule suite à une perturbation magnétique artificielle) ont été découverts en 1983 grâce à la microscopie électronique : il existe bien des cristaux de magnétite dans les arcades sourcilières, le cou, les coudes, les lombaires, les genoux et les talons.

Dans l'affaire des sourciers, Yves Rocard ne changea pas vraiment sa méthode de travail par rapport à ses activités antérieures (en dehors du fait qu'il disposait de moins de facilités professionnelles et expérimentales). Le crédit immense dont il disposait dans le monde de la physique fit qu'il réussit à convaincre un certain nombre de personnes, notamment à *La Recherche*, qui publia en 1981 un article très favorable. Pour le discréditer, l'Union rationaliste alla jusqu'à utiliser des faux commis par un certain Comité belge pour l'étude scientifique des phénomènes réputés paranormaux. Aussi intéressant que fussent les travaux de Rocard dans ce domaine, ils n'étaient pas du tout aussi stratégiques que la détermination de la vitesse critique d'un avion, la stabilité du pont de Tancarville ou la détection des explosions nucléaires. Dans cette affaire, ce furent donc les préjugés qui l'emportèrent, contre la méthode expérimentale.



Yves Rocard manipulant un pendule. Venu au biomagnétisme par la sourcellerie, il raconte qu'il lui a fallu des années pour surmonter sa répulsion rationaliste à utiliser cet instrument, aux effets pourtant beaucoup plus nets que la baguette coudée du sourcier. Par la suite, il en fit une étude scientifique systématique, en utilisant notamment des champs électromagnétiques générés par des cadres. Ici, Yves Rocard teste sa sensibilité au passage du courant.

Yves Rocard serait-il possible aujourd'hui ?

Arrivé au terme de cet exposé (forcément incomplet) de la carrière d'Yves Rocard, on peut se poser la question suivante : serait-elle possible aujourd'hui ? Malheureusement, la réponse est : « presque certainement, non ». Et c'est bien là tout le problème de la science française, engoncée dans un carcan bureaucratique intervenant aussi bien au niveau du recrutement des collaborateurs que du choix des sujets de travail.

Il existe certes des îlots de liberté, comme l'Ecole supérieure de physique et de chimie, dirigée par Pierre-Gilles de Gennes. Au sein même du CNRS ou du CEA, des chercheurs chevronnés ont acquis une relative indépendance. Mais qui pourrait aujourd'hui lancer de nouveaux sujets de recherche en l'espace de quelques mois, comme le fit Rocard ? Qui possède la liberté d'action nécessaire, financièrement s'entend, pour faire en sorte que des obstacles matériels ne s'opposent pas à la poursuite d'idées nouvelles et fécondes ?

L'exemple d'Yves Rocard est en tout cas à méditer par tous ceux qui voudraient refaire de la France une grande nation scientifique et technique. C'est sans doute le meilleur exemple récent dont nous disposons en France de l'efficacité des programmes à marche forcée. ■

Commandez les anciens numéros de FUSION

La science, passionnément !

N° 85 - Amplitudes quantiques : une propriété élémentaire des systèmes vibratoires - Constance de la vitesse de la lumière: apparence ou réalité? - Terraformer Mars pour créer une nouvelle Terre - La mesure dans le développement des sciences - Station spatiale: pourquoi il faut la défendre

N° 84 - C'est la faute à Voltaire! - Modèle géométrique du noyau atomique: nouvelles avancées - Le collage: le moyen intelligent d'assembler - En défense du sens commun, ou comment s'affranchir de la méthode logico-déductive (2) - L'océan se réchauffe mais ce n'est pas le réchauffement global

N° 83 - Vladimir Vernadski : de la biosphère à la noosphère - Sur la différence énergético-matérielle fondamentale entre les corps naturels vivants et non vivants dans la biosphère - Les paradoxes de l'électrocinétique - En défense du sens commun, ou comment s'affranchir de la méthode logico-déductive (1) - Rosetta: l'Europe va débarquer sur une comète

N° 82 - La renaissance scientifique des cathédrales - Anomalies physiques constatées lors de l'alignement du Soleil, de la Lune et de la Terre - Relations inattendues entre les désintégrations radioactives et des cycles astronomiques - Dernières avancées en biophysique optique - A la recherche de nouvelles Terres

N° 81 - Antigravitation: mythe ou réalité - Le véritable calcul différentiel - Champollion et le déchiffrement des hiéroglyphes - ISO bouleverse nos connaissances en astrophysique - Les principes de datation géologique en question

N° 80 - Une réflexion sur la pensée-Prigogine: le temps précède-t-il réellement l'existence - L'enfance de l'homme (3): la démesure du temps - Bach et la science de la composition musicale - Les sondes ClusterII: les étranges relations Terre-Soleil - Pour une nourriture plus sûre, ionisons-la!

N° 79 - Comment Fresnel et Ampère ont révolutionné la physique - XXM, sonder les mystères de l'Univers en X - Les sciences et la technologie dans l'œuvre de Jules Verne - L'enfance de l'homme (2): les trois grandes révolutions de la préhistoire

N° 78 - L'enfance de l'homme (1): le propre de la cognition - Les sursauts gamma défient la cosmologie standard - Un dialogue sur la différence entre le vivant et le non-vivant - Comment les champs électriques façonnent l'embryon - Avec Huygens, rendons la lumière moins obscure

N° 77 - 30 ans après, retournons sur la Lune - Propulsion nucléaire: aller sur la Lune en 24 heures - Une stratégie de développement lunaire - Théorie de la biosphère chaude et profonde - Comment Gauss a déterminé l'orbite de Cérès (4) - La géodésie ou le voyage de l'homme au-delà des frontières

N° 76 - Newton ou la mystique fondamentale - Le réacteur nucléaire à onde de combustion - La Lune, cette inconnue - La vibration active des cordes vocales - Comment Gauss a déterminé l'orbite de Cérès (3) - Les recherches sur la fusion froide périclitent

N° 75 - Des savants égyptiens découvrent l'Amérique en 232 avant J.-C. - Faut-il encore avoir peur des nitrates ? - La recherche agronomique à bord de Mir : les moissons de l'espace - La Station spatiale internationale ouvre une nouvelle ère - Comment Gauss a déterminé l'orbite de Cérès (2)

N° 74 - Fusion nucléaire : maîtriser la véritable énergie solaire - Le foyer de plasma nous transporte au cœur de la matière - Une évaluation réaliste des effets de Tchernobyl sur la santé - Limites de radiotoxicité des nuages de Tchernobyl - Comment Gauss a déterminé l'orbite de Cérès (1)

N° 73 - Les tourbillons qui ont changé notre vision de l'océan - Elévation du niveau marin : pas de panique ! - Les trois niveaux de mathématiques - Doit-on reconsidérer les lois de la gravitation ? - La théorie du champ biologique (3) : la sphère psychique

N° 71 - 72 : EPUISES

N° 70 - Charles Darwin : évolutionniste ou idéologue - Les délimitations hors de l'espace-temps chez Leibniz - Denis Papin et la machine à vapeur - L'astronomie gamma, physique de l'extrême

N° 69 - L'harmonie du système planétaire - L'univers a-t-il un sens ? - Les expériences de Miller et la théorie de la relativité -Röntgen et la découverte des rayons X

N° 68 - Gödel, Cantor, Leibniz : mathématique et méthode du paradoxe positif - Comment William Herschel révolutionna l'astronomie - Les équivoques du débat darwinisme-créationisme - Les échantillons de glace le prouvent : pas d'augmentation de la teneur en CO_2

N° 67 - Le nucléaire, c'est la vie ! - Dossier Superphénix - Les modalités de densification dans le processus vie - Main à la pâte : des enfants qui (re)découvrent

N° 66 - Ampère, Gauss, Weber : les véritables précurseurs de la physique atomique - Le principe de la relativité et la nature du temps - Et si nous étions les êtres vivants d'une géométrie à forte courbure - Redécouvrir la méthode d'Archimède

N° 65 - Descartes, la prison analytique de la pensée française - Percer les mystères de Titan - Les plasmas défient la physique - Réchauffement global : le point de vue d'un océanographe

N° 64 : EPUISE

N° 63 - Faire renaître la vie sur Mars - La fonction directrice du processus vivant - Pollution : la solution biologique - Leibniz et l'art de gouverner

N° 62 - La cosmologie de Kepler en Chine - La Terre, fluide ou solide ? - Quand la musique rend sourd - Pour en finir avec les théories monétaires

N° 61 - Faut-il brûler Darwin ? - Cantor et le paradoxe de l'absolu - La généralisation des lois de la physique (3) - Vers l'agonie de la cosmologie standard

N° 57 - 60 : EPUISES

N° 56 - Krafft Ehricke : l'impératif extraterrestre - Le dossier scientifique de la mémoire de l'eau - Les principes fondamentaux de la méthode scientifique

N° 55 - Changements climatiques : les prévisions démenties par la réalité - La force longitudinale d'Ampère - Trou d'ozone : une approche rationnelle

N° 54 - La perversion taoïste de la science - Théorie de l'évolution de la biosphère - Définition de la valeur économique

N° 53 - Collisions d'astéroïdes et de comètes : la Terre est-elle menacée ? - Lamarck et la dynamique biosphérique - Accorder le sol pour le rendre sain et productif - La thermodynamique de l'économie politique - Les applications industrielles de la MHD

N° 45 - 52 : EPUISES

N° 44 - Fusion froide : la percée japonaise -Les fullerènes - Le chinois et la pensée humaine (2) - Le courant réaliste de la physique française

N° 36 - 43 : EPUISES

N° 35 - Dossier éducation - L'eau, clé de la paix au Moyen-Orient - Lévitation magnétique: des avantages révolutionnaires - Le cerveau, univers encore à explorer

N° 34 : EPUISE

N° 33 - Ecologie : la grande manip - La radioconservation des aliments - Un programme de géométrie constructive

N° 32 - Paris-Berlin-Vienne : un triangle de développement - La révolution scientifique de la fusion froide - Entretien avec H. Tazieff

N° 29 - 31 : EPUISE

N° 28 - Poncelet, un grand mathématicien républicain - La détection des molécules dans l'espace

N° 1 - 27 : EPUISES

Tarif

Entre 1 et 10 numéros : 20 F pièce ;
et 15 F par numéro supplémentaire (port inclus).

Envoyez un chèque libellé à l'ordre de Fusion
53, rue d'Hauteville - 75010 Paris