

# RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET RECHERCHE TECHNIQUE

par le Prince Louis de BROGLIE

SECRÉTAIRE PERPÉTUEL DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES



Photo Pirou et Otto.

*Dans une réunion tenue dernièrement sous les auspices de la Société Cégos, j'ai eu l'occasion de prononcer une allocution où j'ai parlé de la nécessité de renforcer les liens unissant les recherches de science pure avec celles qui touchent aux applications de la Science. Je suis particulièrement heureux de voir aujourd'hui le texte de mon allocution paraître dans la Revue Générale du Caoutchouc, car l'Institut Français du Caoutchouc, avec la remarquable organisation de ses laboratoires et de ses services d'étude, offre un magnifique exemple de la façon dont peut être effectivement réalisée une collaboration fructueuse de la science et de la technique. En particulier, le problème si important de la formation des jeunes chercheurs, qui, préalablement munis d'une forte culture scientifique générale, sont ensuite entraînés à l'étude d'une branche de la Technique, y a reçu une solution qui est tout à fait conforme aux souhaits formulés dans mon allocution et pourrait servir d'exemple.*

*L'Institut Français du Caoutchouc, qui fait un si grand honneur à ceux qui l'ont fondé et à ceux qui le dirigent, devrait servir de prototype pour la création d'organismes analogues se rapportant à d'autres grandes branches de l'Industrie française. Ainsi se trouverait réalisée cette liaison si désirable des recherches proprement scientifiques et des recherches techniques susceptible d'aider puissamment, le moment venu, au relèvement de notre pays.*

Louis de BROGLIE.

Montaigne a écrit quelque part dans ses *Essais* : « C'est un grand ornement de la science et c'est un outil de merveilleux service ». Cette phrase est souvent citée parce qu'elle met puissamment en relief les deux aspects sous lesquels on peut envisager la science suivant qu'on se place au point de vue purement intellectuel ou, au contraire, au point de vue des applications pratiques. Du premier point de vue, la science apparaît, en effet, comme un immense effort de notre esprit pour étendre sa connaissance de l'univers physique et mieux pénétrer les lois de la nature : répondant ainsi au besoin de connaître qui est en nous, elle constitue une des formes les plus nobles et les plus désintéressées de l'activité humaine et c'est pourquoi, comme le disait Montaigne, la science est un grand ornement. Mais, envisagée du second point de vue, celui de l'utilité, la science apparaît aussi comme la source des applications chaque jour plus nombreuses et plus diverses qui, depuis deux siècles, ont permis le développement des grandes industries modernes et entièrement bouleversé les conditions matérielles de la vie humaine : c'est regardée sous ce jour que la science se montre à nous comme un outil de merveilleux service.

Mais ces deux orientations de la science, l'une dirigée vers la recherche désintéressée du vrai et l'autre vers l'application pratique de nos connaissances, bien qu'étant, comme nous le verrons, des compléments indispensables l'une de l'autre, ont cependant une certaine tendance naturelle à s'opposer l'une à l'autre, cette opposition n'étant d'ailleurs qu'un aspect particulier du conflit qui, dans tous les domaines, tend à se manifester entre la pensée pure et l'action. Les savants qui cultivent la science pure et ceux qui sont tournés vers les applications techniques ont des états d'esprit et des préoccupations qui diffèrent. Les cadres dans lesquels ils se meuvent ne sont pas les mêmes : le savant dans son laboratoire de recherches ou son cabinet de travail ne respire pas la même atmosphère que le technicien dans son laboratoire industriel ou son bureau d'études. La multiplicité et la complexité de plus en plus grande des diverses branches de la science et de la technique ont nécessité une spécialisation de plus en plus marquée et, dans tous les domaines, cette spécialisation tend à disjoindre des activités qui étaient longtemps restées unies et à isoler les unes des autres des catégories de chercheurs qui avaient longtemps et fructueusement collaboré. Alors se pose devant nous l'importante question de savoir si des efforts ne doivent pas être faits pour maintenir en relations étroites la science pure et la science appliquée, pour les empêcher de s'éloigner l'une de l'autre et de consommer un divorce qui serait sans doute, je tenterai de vous le montrer, aussi fu-

neste à l'une qu'à l'autre. Pour quelles raisons devons-nous nous opposer à ce divorce? Par quels moyens devons-nous chercher à le faire? Pourquoi est-il utile d'envisager ce problème dès aujourd'hui au milieu des circonstances si difficiles que nous traversons? Tels sont les problèmes que je voudrais effleurer devant vous dans cette brève causerie.

Personne ne peut sérieusement contester, je pense, que les grandes réalisations de l'industrie moderne ont eu leur origine dans les travaux de savants qui, le plus souvent, se livraient à des recherches désintéressées et n'avaient pas en vue, du moins d'une façon immédiate, les applications pratiques. Quelques exemples le prouvent surabondamment. Par exemple, vous savez que la science du mouvement, la mécanique, s'est constituée au XVII<sup>e</sup> et au XVIII<sup>e</sup> siècles grâce aux efforts des hommes de génie que furent Galilée, Descartes, Newton, d'Alembert, Lagrange... Eh! bien, ce n'est évidemment pas par hasard qu'à la fin de cette période on voit paraître les premières machines industrielles et les premières usines et d'ailleurs comment aurait-on pu perfectionner ces machines ou en inventer des nouvelles si l'on n'avait pas connu les lois du mouvement?

Voici maintenant qu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle, deux autres hommes de génie, Ampère et Faraday, prolongeant et complétant l'œuvre alors récente de leurs précurseurs Coulomb, Galvani, Volta et Oerstedt, jettent les bases de la science moderne de l'électricité. Est-ce par hasard que, quelques années plus tard, vers la fin du siècle, se produit le prodigieux essor de l'électrotechnique, l'irruption des applications de l'électricité dans tous les domaines de l'activité industrielle et même de la vie quotidienne? Voici encore qu'il y a environ un siècle l'œuvre des Sadi Carnot, des Robert Mayer, des Clapeyron, des Joule, des Clausius, des Lord Kelvin nous font connaître les grandes lois de la thermodynamique : qui pourrait prétendre que le perfectionnement des moteurs thermiques n'aurait pas été entravé si leur œuvre n'avait pas existé? Et les industries chimiques auraient-elles pu prendre l'immense développement qu'elles connaissent dans le monde moderne si de grands savants du XIX<sup>e</sup> siècle, poursuivant l'effort commencé par Lavoisier, n'avaient pas créé cette branche alors entièrement nouvelle de nos connaissances scientifiques : la chimie?

On pourrait multiplier les exemples. Ils achèveraient de mettre hors de doute que le développement des diverses branches de la mécanique, de la physique et de la chimie a précédé et provoqué le développement des grandes réalisations techniques qui ont changé la face du monde moderne.

Certains objecteront peut-être que d'importantes découvertes pratiques ont été faites un peu au hasard ou à la

suite de tâtonnements où les théories scientifiques n'ont joué aucun rôle. On citera l'exemple de Zénobe Gramme, simple ouvrier belge sans instruction, qui inventa la première génératrice de courant continu vraiment utilisable industriellement, et cela sans guère rien connaître aux lois de l'électricité; on soulignera avec ironie qu'assez récemment, tandis que de savants radioélectriciens démontraient par  $a+b$  l'impossibilité de communiquer à grandes distances avec les ondes courtes de T.S.F. et ne voulaient entendre parler que de postes d'émission à ondes longues, de jeunes amateurs sans culture scientifique approfondie constataient par hasard qu'en réalité les ondes courtes peuvent porter à d'énormes distances et provoquaient par cette simple remarque une véritable révolution dans toute la technique radiotélégraphique. On citerait encore d'autres cas analogues, mais qu'importe! ce ne sont là que des épisodes dans l'histoire si variée du progrès des techniques modernes, et aucune de ces découvertes accidentelles n'aurait pu se produire si auparavant une ambiance favorable n'avait pas été créée par le progrès des sciences. Gramme n'aurait pu avoir l'idée de construire la machine qui a gardé son nom s'il n'avait été ouvrier dans un atelier déjà existant de montage électrique, et il est certain que, sans Ampère et Faraday, il n'y aurait pas eu de Gramme. Quant à l'histoire des ondes courtes de T.S.F., elle montre, il est vrai, que, parfois, des idées théoriques trop rigides peuvent entraver le progrès, mais elle ne saurait assurément prouver que la radiotélégraphie aurait été possible sans les découvertes de Hertz.

Il paraît donc incontestable que les progrès de l'industrie ont eu leur source dans les travaux scientifiques qui ont permis de constituer les grandes branches des sciences physico-chimiques. Mais aujourd'hui ces grandes branches peuvent paraître comme définitivement constituées et l'on pourrait être tenté d'en conclure que la science appliquée va pouvoir désormais voler de ses propres ailes en s'appuyant sur l'apport scientifique du passé sans se préoccuper des travaux, en apparence plus purement spéculatifs, que les savants poursuivent pour approfondir et étendre les connaissances acquises. Tous ceux qui ont tant soit peu suivi le développement des techniques contemporaines savent combien une telle opinion serait erronée. Chaque jour, des découvertes faites par des savants qui ne poursuivaient aucun but pratique reçoivent dans l'industrie des applications imprévues. J'en citerai deux exemples empruntés à des chapitres de la physique qui me sont familiers. Les physiciens qui ont étudié les propriétés des rayons X et fondé la spectrographie X par les méthodes de diffraction cristalline se proposaient surtout d'étendre nos connaissances physiques à une nouvelle sorte de rayonnement et de montrer que les rayons X sont simplement des radiations correspondant à un certain domaine de longueurs d'onde dans l'immense gamme de radiations qui va des ondes longues de la T.S.F. aux rayons X des corps radioactifs. Puis ils s'aperçurent que le phénomène de la diffraction cristalline des rayons X est susceptible d'une application, encore purement scientifique celle-là et d'un intérêt en apparence tout spéculatif : l'étude des réseaux cristallins réalisés dans la nature, étude qui a permis de confirmer directement les idées théoriques de Bravais sur la structure des cristaux et de leur donner une extension et une précision jusqu'alors inconnues. Mais toutes ces recherches de science pure ont été ensuite prolongées par d'importantes recherches de science appliquée : l'emploi des rayons X permet, en effet, d'explorer les structures profondes ou superficielles de toutes sortes de corps et, dans le cas des métaux et alliages comme dans celui des corps gras si brillamment étudié par M. J.-J. Trillat, on peut tirer de cette exploration par rayons X de nombreux renseignements utiles au point de vue des applications : l'analyse par rayons X est ainsi devenue une méthode couramment employée dans les laboratoires industriels et il est incontestable qu'ils en sont redevables aux physiciens qui ont poursuivi, sans souci des applications, l'étude des propriétés des rayons Röntgen. Dans un ordre d'idées très voisin, on commence aussi à employer à l'étude des couches superficielles des corps le phénomène de la diffraction des électrons par la structure cristalline : là encore, il s'agit de l'emploi à des

fins d'applications d'un phénomène qui fut découvert à la suite de recherches très éloignées de toute préoccupation utilitaire. Quand, il y a une vingtaine d'années, j'ai accompli les recherches théoriques qui m'ont conduit à poser les premiers fondements de la mécanique ondulatoire et à attribuer aux électrons des propriétés ondulatoires permettant de prévoir l'existence de leur diffraction par les cristaux, j'étais guidé uniquement par des préoccupations théoriques, par le souci d'obtenir une théorie synthétique de la matière et de la lumière rendant compte des phénomènes de quanta; j'étais, certes, bien loin de penser que les conséquences de mes idées nouvelles pourraient avoir quelques répercussions dans le domaine de la recherche industrielle.

J'ai donné ainsi quelques exemples des applications qu'aujourd'hui encore, comme dans le passé, les recherches de la science pure peuvent avoir dans le domaine pratique. Toute recherche de science pure commence, en général, par avoir un caractère purement spéculatif et désintéressé. Portant sur des phénomènes encore mal connus et par suite inutilisables dans la pratique, elle ne peut d'abord se donner comme but que d'établir les lois de ces phénomènes, d'en prévoir de nouveaux, d'essayer d'en faire la théorie et de les situer dans l'ensemble des connaissances déjà acquises : c'est ensuite seulement, quand les phénomènes sont bien étudiés et leurs lois bien établies, que l'ère des applications s'ouvre. L'on voit alors clairement pourquoi une collaboration étroite de la science et de la technique est infiniment souhaitable : les progrès de l'industrie ne tarderaient pas à être considérablement retardés et même tout à fait empêchés, si la science pure ne venait continuellement lui apporter le résultat de ses recherches et l'appoint de ses conceptions nouvelles. Peut-on séparer le développement de la technique radioélectrique des progrès réalisés dans les laboratoires de science pure par les savants qui s'occupent d'électronique? Pourrait-on sans danger isoler l'industrie chimique des recherches que poursuivent les chimistes de laboratoire pour apprendre à fabriquer ou à caractériser des corps nouveaux?

Et d'ailleurs, si la recherche dans le domaine des applications a le plus grand intérêt à se tenir en contact étroit avec la recherche dans le domaine de la science pure, celle-ci peut aussi tirer un grand profit de ce contact même. Le danger qui parfois menace la science pure et désintéressée est de trop s'enfermer dans sa tour d'ivoire : les théoriciens risquent alors de se laisser absorber par des discussions abstraites, souvent stériles, et les expérimentateurs de s'entêter dans l'étude de questions de détail d'importance secondaire. Au contraire, parce qu'elle s'avance nécessairement sur le terrain solide des faits utilisables et qu'elle doit toujours aboutir à des réalisations concrètes, la technique risque moins de s'égarer de la sorte et elle peut à l'occasion rendre service à la science pure en la ramenant à des points de vue plus réalistes. Ainsi, tout en gardant leur autonomie et en employant des méthodes différentes, la science pure et la science appliquée peuvent, si elles savent conjuguer leurs efforts, se rendre mutuellement de grands services et leur collaboration peut être très féconde.

La question qui se pose alors est de savoir comment peut être organisée dans de bonnes conditions cette collaboration de la recherche scientifique proprement dite avec la recherche dans le domaine industriel ou technique. On ne pourra pas éviter (et il n'y aurait d'ailleurs aucun intérêt à le vouloir) que certains chercheurs et certains centres de recherches soient uniquement consacrés à la science pure, tandis que certains ingénieurs et certains organismes industriels soient consacrés uniquement aux questions pratiques sans aucun souci des problèmes proprement scientifiques. Mais ce qui paraît souhaitable, c'est de maintenir en permanence entre ces deux catégories d'activités opposées une sorte de zone frontière où certains chercheurs et certains laboratoires s'emploieraient principalement à maintenir la liaison entre la science pure et la technique, s'efforçant de faire bénéficier la seconde de tous les progrès de la première tout en maintenant la première au courant des besoins de la seconde. Et l'organisation de cette frontière pose, comme tous les problèmes de ce genre, une question de personnel et une question de matériel.

Et d'abord, il faudra créer les ressources en personnel

nécessaires au peuplement des laboratoires où la science et la technique resteront en contact. Ce personnel devra se recruter en partie parmi les jeunes gens formés par les grandes écoles ou établissements d'enseignement supérieur qui viendront apporter à la résolution de problèmes pratiques le secours de leur solide formation théorique et pour une autre partie parmi les ingénieurs formés par les écoles techniques et ayant déjà participé à la vie des établissements industriels qui viendront apporter à l'examen de nouveaux problèmes scientifiques leurs capacités techniques et leur sens des réalités concrètes. Le recrutement de ce personnel à double origine posera d'ailleurs bien des questions qu'il n'est pas de ma compétence de discuter ici en détail. Etant données la haute valeur intellectuelle et pratique de ce personnel, les études longues et difficiles qu'il aura dû faire avant d'entrer en fonction, il faudra lui assurer des conditions de vie honorables en tenant compte des difficultés matérielles de l'heure présente. Bien des écueils seront d'ailleurs à éviter dans l'établissement des traitements attribués à ce personnel et, en particulier, une judicieuse péréquation de ces traitements devra veiller à ce que les centres de recherches purement scientifiques n'aient une tendance à se vider en direction de l'industrie à travers la zone frontière dont je viens de parler, car un semblable abandon des centres de science pure aurait rapidement les effets les plus néfastes sur l'activité de la pensée scientifique française et finalement, par voie de conséquence, sur le développement même de notre industrie.

Parmi les organismes qui pourront contribuer de la manière la plus efficace au recrutement du personnel en question, figure au premier rang le Centre National de la Recherche Scientifique, qui a déjà joué un rôle extrêmement fécond et heureux pour le développement des recherches de science pure et qui semble pouvoir aussi contribuer très efficacement à l'établissement des interconnexions souhaitables entre la science et l'industrie. Le Directeur actuel du Centre National, mon confrère de l'Académie des Sciences, M. Charles Jacob, s'intéresse beaucoup à cette question et elle tient, je le sais, une place importante dans ses préoccupations.

Des stages faits dans les laboratoires techniques par des jeunes gens sortant de l'enseignement supérieur ou, réciproquement, des stages faits dans l'enseignement supérieur par des jeunes gens désireux d'acquiescer des titres universitaires, comme celui d'ingénieur-docteur ou même de docteur ès sciences, peuvent aussi contribuer à la constitution des effectifs où viendront puiser les laboratoires de hautes recherches techniques.

Quant aux centres où devront s'effectuer ces hautes recherches techniques, ils appartiendront nécessairement à des types différents. Les uns seront rattachés à de grandes écoles techniques, soit libres, soit plus ou moins directement en liaison avec l'enseignement supérieur ou l'enseignement technique de l'Etat; d'autres pourront avoir une existence plus autonome et être tout à fait indépendants de tout établissement d'enseignement, comme notre laboratoire national de radioélectricité; d'autres enfin, et non les moins importants, seront créés et entretenus par l'industrie privée. Le rôle des laboratoires industriels dans l'ensemble de la recherche scientifique est beaucoup plus considérable dans certains pays étrangers, notamment aux Etats-Unis, qu'il ne l'a été jusqu'à présent en France. Certains de ces laboratoires ont joué un rôle considérable, non seulement dans le perfectionnement de la technique industrielle, mais même dans le progrès général des connaissances scientifiques. Je ne saurais pour ma part oublier que c'est dans un laboratoire appartenant à l'industrie privée, le laboratoire Bell de New-York, que MM. Davison et Germer ont découvert en 1927 le phénomène de la diffraction des électrons dont j'ai déjà parlé, et ont ainsi apporté la première confirmation expérimentale directe des idées nouvelles de la mécanique ondulatoire. Pour donner un autre exemple dans un domaine où j'ai fait moi-même quelques recherches, l'étude du mode de production et des conditions de propagation pour les ondes électromagnétiques très courtes dont la longueur d'onde est de l'ordre du décimètre, étude qui présente un grand intérêt à la fois au point de vue du développement futur des communications radiotélégraphiques et au point

de vue scientifique général, a été surtout poursuivie dans des laboratoires industriels dépendant de grandes firmes radioélectriques. Ces exemples, auxquels on pourrait adjoindre beaucoup d'autres se rapportant à d'autres branches des sciences physico-chimiques, montrent l'importance que les laboratoires de l'industrie privée peuvent avoir pour assurer la liaison si souhaitable de la recherche pure et de la recherche appliquée.

Comme je l'ai dit, il semble qu'en France l'industrie privée ne se soit engagée qu'avec une certaine timidité dans la voie de la recherche scientifique. Assurément l'organisation de grands laboratoires de recherches représente pour une entreprise privée une lourde charge dont les heureuses conséquences ne se font sentir qu'à longue échéance. Nos entreprises industrielles, qui n'ont pas toujours l'importance et les moyens de celles existant dans d'autres pays, ont souvent hésité à s'engager dans cette voie. Il est cependant désirable que toutes celles qui le peuvent le fassent. Elles y trouveront tôt ou tard un grand avantage, car les procédés et les méthodes employés par les diverses industries se modifient constamment en fonction des connaissances et des moyens d'action nouveaux que le développement des sciences nous fournit, et une entreprise industrielle, qui ne cherche pas constamment à renouveler ses procédés de fabrication et la qualité de ses produits en tenant compte des découvertes nouvelles, ne tarde pas à périr. Un intérêt bien entendu doit donc conseiller aux chefs des grandes entreprises d'organiser, chaque fois que cela leur est possible, des laboratoires de recherches et de contribuer ainsi au contact si profitable de la science pure et de la science appliquée. Non seulement leur industrie en ressentira au bout de quelque temps les effets bienfaisants et y trouvera finalement une source de prospérité, mais ils pourront avoir aussi la satisfaction de se dire qu'ils ont contribué aux progrès et à l'éclat de la pensée scientifique française, et c'est là un point de vue auquel aucun industriel ayant le sens de l'intérêt national ne saurait rester indifférent.

L'effort qu'il est nécessaire d'accomplir pour organiser dans notre pays une union plus étroite de la science et de l'industrie dans le sens que nous venons d'indiquer exige que l'on parvienne à coordonner des activités et des bonnes volontés diverses, que l'on arrive à faire collaborer, en vue d'une fin commune conforme à l'intérêt national, des fondations privées, des entreprises industrielles et des organismes d'Etat. Ce n'est pas là chose très facile, surtout dans notre pays où l'individualisme fait parfois quelque tort aux entreprises collectives. En ce qui concerne le progrès scientifique, il ne faut pas cependant trop médire de l'individualisme français : c'est à lui que nous devons ces fortes personnalités souvent marquées du sceau du génie qui, au cours de l'histoire de la science française, ont ouvert des voies nouvelles, ont créé de toutes pièces des branches de la science et ont assuré à notre pays une gloire impérissable. On ne peut pas reprocher à des hommes comme Descartes, Pascal, d'Alembert, Lavoisier, Laplace, Ampère, Fresnel, Sadi Carnot, Pasteur, Henri Poincaré, Pierre Curie ou tant d'autres, d'avoir eu de la personnalité! Mais il faut reconnaître que le Français a une certaine peine à se plier au travail collectif : or, si les très grandes découvertes scientifiques se feront sans doute toujours par des efforts individuels, le progrès scientifique exige aussi de nos jours beaucoup d'efforts collectifs. J'ai pu moi-même, au cours de ma carrière de professeur d'Université, constater combien il est plus facile de décider un jeune étudiant français à entreprendre une recherche personnelle, même très difficile, que d'obtenir de plusieurs jeunes chercheurs qu'ils conjuguent leurs efforts en vue d'une entreprise commune. C'est sans doute là la raison pour laquelle la France, après avoir apporté au monde moderne tant d'admirables découvertes, en a si souvent laissé échapper les fruits, car, si, je le répète, les grandes découvertes sont le plus souvent l'œuvre d'un seul, le développement de leurs conséquences et de leurs applications exige généralement la coordination de nombreux efforts. Dans les recherches de laboratoire si délicates qu'exige aujourd'hui le progrès de la physique du noyau de l'atome (progrès qui est peut-être appelé à révolutionner un jour toute l'industrie humaine s'il permet de

