

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 85 (1959)  
**Heft:** 14

**Artikel:** Le rôle de l'énergie nucléaire dans l'économie  
**Autor:** Gardel, André  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-64124>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 27.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# BULLETIN TECHNIQUE DE LA SUISSE ROMANDE

paraissant tous les 15 jours

## ORGANE OFFICIEL

de la Société suisse des ingénieurs et des architectes  
de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes (S.V.I.A.)  
de la Section genevoise de la S.I.A.  
de l'Association des anciens élèves de l'EPUL (Ecole polytechnique  
de l'Université de Lausanne)  
et des Groupes romands des anciens élèves de l'E.P.F. (Ecole  
polytechnique fédérale de Zurich)

## COMITÉ DE PATRONAGE

Président: J. Calame, ing. à Genève  
Vice-président: E. d'Okolski, arch. à Lausanne  
Secrétaire: S. Rieben, ing. à Genève  
Membres:  
Fribourg: H. Gicot, ing. ; M. Waeber, arch.  
Genève: G. Bovet, ing. ; Cl. Grosgrin, arch. ; E. Martin, arch.  
Neuchâtel: J. Béguin, arch. ; R. Guye, ing.  
Valais: G. de Kalbermatten, ing. ; D. Burgener, arch.  
Vaud: A. Chevalley, ing. ; A. Gardel, ing.  
M. Renaud, ing. ; Ch. Thévenaz, arch.

## CONSEIL D'ADMINISTRATION

de la Société anonyme du « Bulletin technique »  
Président: A. Stucky, ing.  
Membres: M. Bridel ; R. Neeser, ing. ; P. Waltenspühl, arch.  
Adresse: Ch. de Rosneck 6, Lausanne

## RÉDACTION

D. Bonnard, ing.  
Rédaction et Editions de la S. A. du « Bulletin technique »  
Tirés à part, renseignements  
Adresse: Case Chauderon 475, Lausanne

## ABONNEMENTS

1 an . . . . .	Suisse Fr. 26.—	Etranger . . Fr. 30.—
Sociétaires . . . . .	» » 22.—	» . . » 27.—
Prix du numéro . . . . .	» » 1.60	

Chèques postaux: « Bulletin technique de la Suisse romande »,  
N° II 57 75, Lausanne.  
Adressez toutes communications concernant abonnement, changements  
d'adresse, expédition, etc., à: Imprimerie La Concorde, Terreaux 29  
Lausanne

## ANNONCES

Tarif des annonces:  
1/1 page . . . . . Fr. 275.—  
1/2 » . . . . . » 140.—  
1/4 » . . . . . » 70.—  
1/8 » . . . . . » 35.—

Adresse: Annonces Suisses S. A.  
Place Bel-Air 2. Tél. (021) 22 33 26. Lausanne et succursales



Le rôle de l'énergie nucléaire dans l'économie, par André Gardel, ingénieur, D<sup>r</sup> ès sciences techniques, privat-docent à l'EPUL  
Les fondements et les domaines de validité des théories de l'état critique des réacteurs atomiques, par B. Vittoz, ingénieur  
physicien, professeur à l'EPUL.

Divers. — Bibliographie. — Carnet des concours.

Documentation générale. — Documentation du bâtiment. — Informations diverses.

## LE RÔLE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS L'ÉCONOMIE <sup>1</sup>

par ANDRÉ GARDEL, ingénieur, D<sup>r</sup> ès sciences techniques,  
privat-docent à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne

### AVANT-PROPOS

*C'est un lieu commun de dire qu'un enseignement doit être vivant; mais cela ne signifie pas seulement que le maître doit s'efforcer d'éveiller chez ses auditeurs des résonances intellectuelles ou sentimentales, mais aussi qu'il doit se garder d'un point de vue trop doctrinal, s'écartant peu à peu des contingences réelles. C'est particulièrement vrai dans une école technique où la matière enseignée est en évolution constante et parfois même très rapide.*

*Nous assistons depuis quelques années à la naissance d'une nouvelle technique, due aux applications industrielles de l'énergie nucléaire. C'est ce qui a conduit nos autorités et la Direction de cette Ecole à créer une chaire de génie atomique, confiée à M. le professeur Vittoz, et dont les cours sont suivis par les ingénieurs mécaniciens et électriciens. Cependant, en dehors des difficiles questions de construction de réacteurs atomiques, faisant l'objet du cours que je viens de mentionner, l'ingénieur doit se familiariser dès maintenant avec des problèmes plus généraux soulevés par cet emploi d'une nouvelle énergie, qu'il s'agisse de sécurité, de rentabilité, de construction de centrales, ou de choix de type de réacteur et d'équipement. Ces questions sont souvent celles que doit résoudre l'ingénieur civil, appelé fréquemment à une tâche de coordination; en outre la réalisation d'installations nucléaires lui*

*pose également des problèmes nouveaux dans sa spécialité.*

*Ce sont ces considérations qui m'ont conduit à proposer quelques heures de cours, sous le titre général d'introduction à l'énergie nucléaire, leçons plus spécialement destinées aux étudiants du génie civil. Qu'il me soit permis de saisir cette occasion de remercier le Département de l'instruction publique, l'Université et l'Ecole polytechnique d'avoir donné une suite favorable à cette proposition.*

*Après un rappel des principes de base de la fission atomique, ce cours traite successivement de questions relatives aux combustibles nucléaires, aux caractéristiques des types de réacteurs les plus courants, à la sécurité des personnes et des installations, à la construction de centrales de production d'électricité, à leur exploitation, au prix de revient de l'énergie, et, finalement, à quelques autres applications particulières de l'énergie nucléaire.*

*Cet ensemble de questions relatives à l'application pratique de l'énergie nucléaire doit être précédé d'une entrée en matière, justifiant l'intérêt porté à cette technique et la situant dans le cadre économique et industriel. C'est cet exposé général qui fera l'objet de la leçon d'aujourd'hui. Je me suis efforcé de le débarrasser de considérations techniques trop abstruses, et l'ai intitulé Le rôle de l'énergie nucléaire dans l'économie.*

<sup>1</sup> Leçon inaugurale prononcée à l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne le 12 juin 1959.

### *Les phases du développement*

Lorsque furent connus, en 1939, les résultats des travaux des équipes de Joliot-Curie en France et de Hahn en Allemagne, tous les physiciens et ingénieurs s'intéressant à ces questions virent bien que cette découverte de la fission atomique ouvrait de vastes et importantes perspectives dans des domaines divers ; il est cependant probable qu'aucun d'entre eux ne prévoyait la rapidité avec laquelle les réalisations allaient se succéder. Dès la fin de 1939, le voile du secret militaire fut jeté sur les travaux en cours et, à part de très rares initiés, personne ne sut que le 2 décembre 1942 la première installation de production d'énergie entraînait en fonction à Chicago : c'était la pile atomique du professeur Fermi. En 1945, l'explosion des premières bombes atomiques, dans des circonstances dramatiques encore présentes dans toutes les mémoires, rendit brutalement chacun conscient des énormes possibilités de destruction mises ainsi à disposition des hommes. Et pendant plusieurs années ce fut cet aspect de l'énergie atomique qui retint presque exclusivement l'attention, en particulier du fait des problèmes éthiques et politiques posés.

Cependant, aux Etats-Unis, puis peu à peu en Europe et en Union soviétique, l'on sortait de cette première phase scientifique et militaire pour entrer dans une deuxième période, celle des tâtonnements industriels. L'activité fut particulièrement grande en Amérique où de nombreuses installations furent réalisées. Les Etats-Unis, disposant d'un important personnel déjà formé, désireux de mettre en valeur une incontestable avance, furent soucieux de diversifier les voies suivies, et leurs spécialistes purent donner libre cours à leur ingéniosité. Cette phase de tâtonnements, de recherche des solutions ayant un avenir industriel, se poursuivit activement jusque vers 1953-1954. Les résultats en furent particulièrement apparents lors de la première conférence internationale pour l'utilisation de l'énergie nucléaire à des fins pacifiques, à Genève, en août 1955. La variété des applications, la diversité des solutions réalisées, le grand nombre des installations en construction et des projets à l'étude y furent une révélation pour de très nombreux industriels.

S'il est vrai que de telles recherches se poursuivent encore aujourd'hui, on peut toutefois dire que, vers 1953-1954, l'énergie nucléaire est entrée dans une troisième phase, celle des développements industriels. Dès lors il s'agit moins de trouver des principes nouveaux, que de perfectionner des réalisations faites sur la base de principes ayant déjà fait leurs preuves. C'est ainsi que de premières centrales de production d'énergie entrent en service : la première centrale soviétique, à Moscou, en 1954, la centrale expérimentale à eau bouillante d'Argonne, aux U.S.A. en 1956, les importantes usines de Calder Hall en Grande-Bretagne, et de Shippingport aux U.S.A. en 1957, ces deux dernières installations ayant des puissances analogues aux usines hydro-électriques de Lavey ou de Verbois en Suisse. Ce développement industriel est caractérisé par la préoccupation d'aboutir à des constructions économiques et d'une exploitation aisée. C'est à ce stade que nous en sommes actuellement et ce sont les premiers pas vers des réalisations aux performances plus élevées, susceptibles d'une rentabilité intéressante, compétitive même,

dans quelques années, avec les installations thermiques classiques, puis avec les aménagements hydro-électriques.

Au sein de cette évolution générale, dont nous venons de brosser un raccourci, chaque pays a choisi sa voie, ou ses voies, selon ses propres impératifs économiques, militaires ou politiques. Ainsi les Etats-Unis ont développé plus particulièrement des réacteurs à eau, qui exigent le recours à des matériaux plus rares tels que l'eau lourde ou l'uranium enrichi, mais qui permettent des constructions plus compactes. Ils en ont tiré un éclatant succès par l'application à la propulsion maritime, laquelle n'a sans doute pas fini de nous étonner. Les Anglais, suivis des Français, ont choisi un chemin ne nécessitant que des matériaux moins coûteux, dont l'approvisionnement leur est garanti, tels que le graphite et l'uranium naturel, matériaux dont l'emploi conduit par contre à des dimensions considérables : 400 t d'uranium, 2000 t de graphite, 20 m de diamètre pour un seul réacteur de la centrale anglaise de Hinkley Point. Cette voie suivie par deux grandes nations européennes n'est cependant pas exempte du souci de se procurer ainsi du plutonium à des fins militaires.

Cet extraordinaire développement — qui, en l'espace de vingt ans, nous a fait passer d'une découverte de physique pure à des réalisations dont les plus grandes sont de l'importance de Grande Dixence chez nous — a donc eu pour éléments moteurs des préoccupations tour à tour scientifiques, militaires, politiques, économiques et industrielles.

Ce sont ces derniers aspects — économiques et industriels — qui aujourd'hui l'emportent. A leur base, nous trouvons le souci de s'assurer un approvisionnement suffisant en énergie pour les années à venir.

### *L'approvisionnement en énergie*

Alors que vers 1930 l'Europe produisait autant d'énergie qu'elle en consommait (elle était même légèrement exportatrice), aujourd'hui, elle n'en produit plus que le 60 %, du fait de l'augmentation très rapide de la consommation. En effet, la population augmente et la consommation par habitant croît ; il en résulte, suivant les statistiques de l'Organisation européenne de coopération économique, un accroissement annuel de la consommation d'environ 8 %. A ce régime, les ressources naturelles exploitables en Europe seraient épuisées avant vingt ans. On conçoit qu'il s'agit là d'une question capitale pour une Europe prise dans une sévère compétition industrielle entre l'Est et l'Ouest. Manquer gravement d'énergie, c'est, pour des pays fortement industrialisés, glisser vers la dépendance économique, avec les conséquences politiques que l'on peut imaginer ; c'est, à longue échéance, évoluer vers un état de contrée sous-développée. Le cas de la Suisse s'inscrit dans ce tableau : la moitié de ses ressources hydrauliques est actuellement utilisée ; la mise en exploitation de la moitié du reste est en cours d'exécution, et le dernier quart fait déjà l'objet d'études. On peut prévoir que d'ici une quinzaine d'années, nos ressources naturelles seront complètement exploitées, alors que rien ne permet de penser que notre consommation cessera de croître. Ces problèmes ne sont d'ailleurs particuliers ni à la Suisse, ni aux Etats européens ; tout au plus semblent-ils moins aigus aux U.S.A. ou en Union soviétique,

ces pays disposant de très larges ressources en charbons et pétroles.

L'énergie nucléaire est la seule réponse dont nous disposons actuellement à cet angoissant problème. Mais c'est heureusement une solution sûre puisque nous savons dès maintenant qu'il est possible de produire par ce moyen de l'énergie, c'est-à-dire de l'électricité ou de la chaleur, à des prix de revient qui ne s'écartent pas trop de ceux qui sont pratiqués aujourd'hui, et qui ainsi ne risquent pas de bouleverser notre économie. Le combustible est abondant et si l'emploi de cette énergie nucléaire présente quelques inconvénients, il offre par ailleurs de sérieux avantages.

#### *Autres sources d'énergie*

Il est clair que l'on peut envisager également l'utilisation d'autres formes d'énergie, telle l'énergie solaire ou celle des marées. On s'y emploie, mais, dans l'état actuel de ces techniques particulières, nous ne pouvons pas en attendre les vastes ressources nécessaires à faire face aux énormes besoins prévus. Il convient cependant de s'attarder quelques instants sur le problème posé par la fusion nucléaire.

Tout ce que nous avons dit jusqu'ici ne se rapporte, en effet, qu'à l'une des deux formes d'énergie nucléaire étudiées, celle due à la fission ; il s'agit donc de la fracture de noyaux d'atomes très lourds, fracture qui libère de grandes quantités d'énergie. Mais on sait depuis plus de vingt ans que la fusion de noyaux d'atomes très légers peut, elle aussi, libérer beaucoup d'énergie. C'est d'elle que les étoiles tirent leur chaleur. L'utilisation de cette fusion à l'échelle industrielle ne présenterait probablement les inconvénients de la fission (radioactivité, déchets) que dans une mesure très atténuée. On s'efforce donc d'y parvenir. Cependant, alors que quatre ans après la découverte de la fission la pile de Fermi entrainait en service, plus de vingt ans après la découverte de la fusion, on s'interroge encore sur la voie qu'il convient de suivre pour parvenir au stade industriel. Nul doute que l'ingéniosité humaine n'y arrive un jour, mais il serait hasardeux d'émettre un pronostic sur la date à laquelle nous pourrions en disposer. Lors de la 2<sup>e</sup> Conférence de Genève, en septembre 1958, certains experts estimaient que ce serait pour ce siècle, d'autres pour le suivant... Force est donc de poursuivre notre effort vers une production économique à partir de la fission, tout en souhaitant le meilleur succès aux recherches en cours sur la fusion.

#### *Avantages et inconvénients de l'énergie nucléaire*

Nous avons dit que l'utilisation industrielle de l'énergie due à la fission est non seulement la seule solution d'un grave problème d'approvisionnement en énergie, mais qu'elle présente en outre d'autres avantages intéressants, et quelques inconvénients. Ces derniers sont connus ; ils proviennent de la présence dans le réacteur, c'est-à-dire dans la chaudière nucléaire, de produits très hautement radioactifs. De nombreuses et sévères précautions sont donc nécessaires pour rendre impossible la dispersion de ces produits radioactifs hors de l'installation. Ces problèmes commencent à être assez bien connus et nous en prendrons pour preuve que les statistiques d'assurance américaines montrent que c'est dans l'industrie atomique qu'il y a eu le moins d'acci-

dents. On ne doit à cet égard ni confondre une installation industrielle avec une bombe atomique, ni se laisser trop impressionner par les exagérations d'une certaine presse à sensation. Il semble bien aujourd'hui ne pas y avoir de doute sur le fait que l'on peut construire de grandes centrales nucléaires sans apporter de perturbation dans la vie de la population voisine, et les risques que court celle-ci ne sont pas supérieurs à ceux que l'on prend en habitant à l'aval d'un grand barrage ou à proximité d'un aérodrome.

Les avantages apportés par l'exploitation de l'énergie nucléaire sont, par contre, substantiels. Nous citerons tout d'abord la possibilité d'installation à proximité des centres de consommation, ce qui n'est que rarement le cas pour les aménagements hydroélectriques : on économise ainsi à la fois le coût des lignes de transport et les pertes d'énergie dans ces lignes. S'il est vrai que des centrales thermiques classiques sont construites près des agglomérations, elles présentent par ailleurs l'inconvénient de polluer sérieusement l'atmosphère et d'exiger de grands moyens d'approvisionnement en combustible.

Nous touchons là à un deuxième avantage important de l'énergie nucléaire : la facilité de stockage du combustible et la compacité de celui-ci. Alors que l'approvisionnement en électricité d'origine thermique d'une ville comme Lausanne exigerait environ 200 000 t de charbon par an, soit un train par jour, il suffirait de 20 t d'uranium naturel chaque année, soit un mètre cube. Non seulement le transport du combustible n'est ainsi plus un problème, mais il est en outre aisé de stocker ce combustible. Sous la forme relativement volumineuse de l'uranium naturel, 40 m<sup>3</sup> suffiraient à assurer la consommation en électricité de la Suisse entière pendant une année, alors que les grandes centrales thermiques à charbon ou pétrole ne disposent généralement pas de réserves pour plus d'une à deux semaines de marche. Pour un pays sans richesse minière et sans accès à la mer, comme le nôtre, c'est là un avantage capital et dont les conséquences dépassent même le cadre économique. Pour bien saisir la portée de ces considérations, il est encore nécessaire d'ajouter que l'acquisition d'uranium naturel ne se heurte actuellement à aucune difficulté et qu'il s'en vend couramment, sous le contrôle des gouvernements, à des prix de l'ordre de 150 à 170 fr. le kilogramme. En outre, la radioactivité de ce métal étant faible, son stockage n'exige pas de précautions très particulières.

La construction d'une centrale nucléaire n'exige donc sur place ni la présence des voies d'accès nécessaires à un approvisionnement régulier en charbon ou en pétrole ou au transport du ciment utilisé pour un barrage, ni celle d'un cours d'eau important indispensable à un aménagement hydroélectrique. Ces divers caractères de l'utilisation de l'énergie nucléaire ouvrent, pour la mise en valeur de régions peu développées ou d'accès difficile, des perspectives dont notre imagination a sans doute peine à saisir toute l'ampleur.

#### *Le combustible*

Nous avons indiqué que l'approvisionnement en uranium naturel ne présente pas de difficulté sérieuse. Il s'agit en effet d'un métal abondant dans la nature, dont on a trouvé de très grands gisements exploitables dans



de bonnes conditions, et dont la production va croissant. On en extrait actuellement environ 40 000 t par an dans le monde occidental, ce qui est bien supérieur aux besoins. Des réserves très importantes ont été recensées.

Cependant, l'emploi de cet uranium sous la forme naturelle exige de recourir à un ralentisseur de neutrons de qualité élevée, tel que l'eau lourde, ou le graphite. L'usage d'eau lourde est onéreux car elle coûte 250 000 fr. la tonne, et il peut être nécessaire d'en avoir plusieurs dizaines de tonnes ; l'emploi du graphite conduit à des installations de très grandes dimensions (nous avons cité Hinkley Point avec son réacteur de 20 m de diamètre). On peut éviter ces inconvénients en améliorant la qualité du combustible et il est alors possible de n'utiliser que de l'eau naturelle comme ralentisseur des neutrons.

L'uranium naturel est en effet principalement constitué de deux isotopes, c'est-à-dire de deux uraniums différant par leurs propriétés physiques alors qu'il est impossible de les distinguer par voie chimique. L'un d'eux seul constitue réellement le combustible, c'est l'uranium 235, tandis que l'autre, l'uranium 238 n'est pas susceptible de fission dans les conditions qui nous intéressent. Or, le premier ne représente que le 0,7 % de l'uranium naturel, et l'autre par conséquent plus des 99 %. Améliorer le combustible consiste donc à éliminer une partie plus ou moins importante de l'uranium 238 ; la proportion d'uranium 235 augmente et le combustible est dit enrichi. Les réacteurs industriels à eau naturelle se contentent d'ailleurs d'un faible enrichissement, de l'ordre de 2 à 3 % seulement. Il s'agit toutefois d'une opération très compliquée et coûteuse ; elle est généralement basée sur la différence entre les vitesses de diffusion de l'hexafluorure d'uranium, qui est gazeux, à travers des parois poreuses. Les poids moléculaires sont de 349 pour l'un et 352 pour l'autre et l'on conçoit que ce très faible écart ne permet pas d'obtenir une séparation rapide des deux isotopes. L'opération doit être répétée des milliers de fois.

Seuls les Etats-Unis disposent, à l'heure actuelle, d'installations importantes de séparation isotopique, et ils sont ainsi seuls à pouvoir livrer à des tiers cet uranium enrichi. Ces usines ont été construites pendant la guerre, sans égard à l'économie de la réalisation, et il n'est pas certain que l'on en reconstruise jamais d'aussi importantes. Pour fixer les idées, indiquons que la consommation de ces usines de séparation isotopique serait de 50 milliards de kWh annuellement, soit trois fois la consommation de la Suisse entière.

Une autre voie envisagée pour l'amélioration du combustible est sa combinaison avec du plutonium. Ce métal s'obtient par irradiation sous flux de neutrons de l'uranium 238, et presque tous les réacteurs en produisent. Le plutonium est un aussi bon combustible que l'uranium 235, un peu meilleur même, et il en diffère chimiquement, ce qui facilite grandement son extraction. Il est malencontreusement très radioactif et son emploi industriel en est compliqué ; en outre, sa technologie n'est pas encore bien connue. Il semble cependant qu'il y ait là une très importante voie d'avenir puisqu'il provient de l'uranium 238, constituant lui-même la quasi-totalité de l'uranium naturel.

Cette transformation de l'uranium 238 en pluto-

nium 239 est appelée conversion et les Etats-Unis, la Grande-Bretagne et la France suivent activement cette voie.

Il ne paraît cependant pas possible d'indiquer aujourd'hui déjà la voie qui prédominera à l'avenir, de l'emploi de l'uranium naturel avec eau lourde ou graphite, ou de l'utilisation d'un combustible enrichi avec de l'eau naturelle.

#### *La production d'électricité*

Quoi qu'il en soit, de gros efforts sont poursuivis dans les deux directions, et en Europe occidentale seulement 27 réacteurs de puissance sont à ce jour en service ou en construction, sans parler d'une centaine de réacteurs de recherche, dont deux en Suisse, à Würenlingen. De ces 27 réacteurs, seize sont situés en Grande-Bretagne, cinq en France, deux en Italie et autant en Suède, un en Allemagne et un en Belgique. Ils totalisent plus de 2500 MW de puissance électrique, soit les deux tiers environ de la puissance électrique totale installée en Suisse aujourd'hui. Les quatre plus grandes centrales anglaises, Berkeley, Bradwell, Hunterston et Hinkley Point totalisent à elles seules 1375 MWe et pourront dans trois ans produire 9 milliards de kWh, soit six fois plus que les deux usines de Grande Dixence chez nous. S'il est vrai que ce courant est produit tout au long de l'année et n'a donc pas une valeur marchande aussi élevée, ces chiffres n'en donnent pas moins une juste mesure de l'effort en cours à l'étranger.

Le courant électrique obtenu par voie nucléaire est actuellement plus coûteux que celui obtenu par voie thermique ou hydraulique classique. Mais les Anglais s'estiment certains de parvenir d'ici trois ou quatre ans à des conditions compétitives avec l'électricité tirée du charbon. Il faudra sans doute quelques années de plus pour que la même situation se produise vis-à-vis du courant d'origine hydraulique. Entre temps, des pays tels que la Suisse, l'Italie ou l'Allemagne auront d'ailleurs épuisé les possibilités d'aménagement hydraulique de leur propre sol, ainsi que nous l'avons rappelé précédemment.

L'Organisation européenne de coopération économique (OECE) estime à 8500 MW la puissance électrique d'origine nucléaire qui sera installée sur notre continent en 1965, et à 40 000 à 50 000 MW celle qui le sera en 1975. Même si ces chiffres devaient s'avérer un peu optimistes, il ne faut pas perdre de vue que l'Europe n'est pas seule en cause. Partout ailleurs, un gros effort est fait actuellement déjà. Il n'y a donc pas de doute qu'un marché nouveau est en voie de création et nous assistons à la naissance d'une industrie atomique.

#### *Aspects industriels et commerciaux*

Ce marché nucléaire présente quelques particularités qui méritent d'être soulignées. Il exige tout d'abord une évolution importante des industries qui veulent s'y intéresser. Celles-ci doivent faire un effort de formation de leur personnel, un effort de perfectionnement de leur outillage et de leurs méthodes de fabrication, un effort d'adaptation de leurs directions à des problèmes nouveaux et à des exigences accrues de coordination entre entreprises. Il ne suffit pas à une société de s'assurer la collaboration de quelques atomistes distingués pour faire face à cette situation. C'est bien davantage à une forma-

tion complémentaire de ses propres techniciens qu'elle devra recourir, de manière que ses réalisations du domaine nucléaire bénéficient de la longue expérience de collaborateurs chevronnés. C'est si vrai que l'on a pu dire dans un récent congrès international que l'une des raisons du coût élevé des installations atomiques actuelles est qu'elles ont trop souvent été conçues par des spécialistes atomistes, qui ont appris à construire bien, mais qui ne savent pas encore construire bon marché.

Ces industries se trouvent d'autre part confrontées avec des exigences très sévères quant à la qualité des fabrications, celles-ci devant en outre être exécutées pour une part avec des matériaux nouveaux, tels le graphite, le zirconium, etc., ou peu utilisés jusqu'ici, comme l'acier inoxydable.

En revanche, il n'y a guère pour l'instant de solutions classiques des problèmes posés, et l'ingéniosité des constructeurs a le champ libre.

Cette adaptation, qui est à certains égards une véritable conversion, exige donc beaucoup de ceux qui sont décidés à tenter leur chance dans le domaine nucléaire, et seules les entreprises disposant d'une réelle vitalité y parviendront.

La complexité plus grande des installations nucléaires, l'interdépendance très étroite qui y existe entre la conception de l'équipement, sa disposition dans la centrale, la sûreté du fonctionnement et la sécurité du personnel et des populations conduit à un autre trait caractéristique de l'utilisation de l'énergie nucléaire. Il n'y est plus guère possible à un maître d'œuvre, disposant de quelques ingénieurs, de mettre en train une grande réalisation, commandant ici l'équipement thermique ou hydraulique, là l'équipement électrique, ailleurs les travaux de génie civil, etc. Ce sont des groupements industriels qui prennent en charge la totalité de l'équipement d'une centrale complète. Cette manière de faire, qui se rencontrait déjà pour des installations classiques construites en pays sous-développé, tend à se généraliser dans le domaine nucléaire. Elle impose donc une obligation de groupement des industries intéressées, en vue de la prise en charge d'installations complètes. Il en résulte en particulier que des groupements industriels, même étendus, qui seraient dans l'impossibilité de fabriquer un élément important d'une centrale, le réacteur par exemple, risquent fort de ne pas avoir la commande du reste de l'équipement, alors même qu'il leur serait possible de fournir d'excellents alternateurs, transformateurs, turbines, ou autre appareillage. Cette situation n'est pas sans importance pour l'industrie suisse, et plus particulièrement suisse romande.

Tout cet effort industriel exige une extension parallèle des possibilités de formation des techniciens de toutes spécialités. Sans doute est-ce utile, là aussi, de regarder par-dessus nos frontières, pour apprendre ainsi que dans notre seule Europe occidentale, il y a déjà plus de 30 000 savants, ingénieurs et techniciens attelés au développement industriel de l'énergie nucléaire. C'est aussi un chiffre qu'il convient de méditer, et cela d'autant plus que notre pays s'était fait dans le passé une spécialité, si l'on nous passe cette expression, d'exporter ses ingénieurs ; sa technique y a indubitablement gagné un crédit considérable, dont son économie a bénéficié

largement. Nous sommes loin de cet état de choses dans le domaine nucléaire.

### *Les radioisotopes*

Avant d'examiner d'un peu plus près la situation de notre pays, il est nécessaire de dire quelques mots de l'emploi des radioisotopes. Ceux-ci sont pour la plupart des produits issus de la fission de l'uranium ou du plutonium, et couvrent une large portion de la liste des corps simples. Ils sont généralement très radioactifs, avec des durées de vie allant d'une fraction de seconde à plusieurs années. Du fait de la variété de leurs propriétés chimiques et de la gamme étendue de leur radioactivité, ils sont susceptibles d'applications innombrables en médecine, en agriculture, et dans les industries les plus diverses. Ils peuvent être utilisés au contrôle d'épaisseur des tôles feuilles ou rubans, comme à celui de la densité de mélanges quelconques, à la détermination de l'usure d'éléments inaccessibles, à l'ionisation de l'air pour décharger des fils dans l'industrie textile, etc. Une utilisation particulièrement fréquente consiste à marquer ainsi des substances définies pour en suivre la trace dans un organisme vivant ou dans un processus chimique ou autre.

Les conséquences de cet emploi de plus en plus généralisé des radioisotopes se font sentir par les économies qu'ils permettent de réaliser et par les améliorations de la qualité de fabrication qu'ils rendent possibles. On a prétendu que l'année dernière l'industrie américaine avait réalisé une économie d'environ deux milliards de francs par ce moyen.

### *Répercussion sur le reste de l'économie*

Il ne s'agit plus ici de la création d'une industrie atomique nouvelle, mais de l'adaptation de l'ensemble du reste de l'industrie à l'emploi de procédés nouveaux et plus perfectionnés. Cette constatation va d'ailleurs bien au-delà de l'usage des radioisotopes. Les grandes exigences de précision, de pureté et de qualité posées par les réalisations nucléaires obligent les fabricants à affiner leurs méthodes de travail et c'est ensuite l'ensemble de leurs activités qui bénéficient de ces perfectionnements. L'industrie doit donc se familiariser avec tous ces procédés nouveaux si elle veut garder sa pleine capacité de concurrence, ce qui est tout particulièrement important pour une industrie d'exportation.

En dehors de ces questions plus spécialement industrielles, il s'en pose aussi sur d'autres plans, qu'il s'agisse de la nécessité pour nos autorités de se familiariser suffisamment avec ces nouvelles techniques pour être à même de légiférer efficacement, ou qu'il s'agisse pour nos compagnies d'assurance de jouer là aussi leur rôle traditionnel. A cet égard, nous devons noter que parce qu'il n'existe pas encore une expérience étendue dans ce nouveau secteur, les assureurs ont tendance à se montrer très prudents, donc à exiger des primes élevées. Si l'on ne peut que louer la sagesse avec laquelle nos sociétés d'assurance sont gérées, on se doit cependant de rappeler que l'exigence de primes exagérées conduit à un effet retardateur sensible sur le développement d'un secteur économique donné, et ce n'est pas sans inquiétude que l'on entend articuler, pour le domaine nucléaire, des chiffres qui atteignent le tiers des charges annuelles des entreprises atomiques.

### *Situation de l'économie suisse*

Par tout ce que nous avons dit jusqu'ici, on mesure à quel point l'économie suisse est intéressée par le développement de l'énergie nucléaire. Non seulement parce que c'est pour nous le moyen de résoudre un problème d'approvisionnement en énergie, mais encore et surtout parce que notre industrie est très directement en cause. En effet, une part importante de son activité a trait à la fabrication de biens d'équipement pour la production d'énergie, qu'il s'agisse d'installations hydrauliques ou thermiques. Ce sont les méthodes de production d'énergie qui changent et notre industrie doit suivre cette évolution si elle veut conserver ses marchés traditionnels. Mais l'enjeu est en réalité plus étendu puisque l'on doit craindre de ne rien fournir du tout d'une centrale si l'on n'est pas à même d'en fabriquer la totalité de l'équipement. Cet enjeu est enfin encore bien plus important si l'on songe aux répercussions des perfectionnements ainsi apportés aux autres branches de la technique. Or, l'industrie atomique convient particulièrement bien à nos possibilités puisqu'elle exige beaucoup d'études, une grande précision et une qualité irréprochable, peu de matières premières et qu'en outre il ne s'agit pas de fabrication en grande série. Ces motifs, qui ont conduit les industriels suisses vers la fabrication d'alternateurs, de turbines hydrauliques, à vapeur ou à gaz, et vers tous les équipements accessoires, sont aussi ceux qui les poussent vers une industrie atomique. Ces raisons sont d'ailleurs tout spécialement valables en Suisse romande où l'industrie est, proportionnellement, plus orientée vers le domaine hydraulique et sera par conséquent touchée davantage.

On peut cependant se demander si cette entreprise ne dépasse pas nos moyens industriels et financiers, ou si nous ne nous y prenons pas trop tardivement.

A cela il faut tout d'abord répondre que nous ne pourrions pas éviter de recourir à cette énergie dans une quinzaine d'années. Renoncer à développer une industrie atomique suisse équivaldrait donc à devoir acheter à l'étranger l'équipement de ces centrales futures, ou à les fabriquer sous licence. La Suisse, qui, pour une part, vit précisément de l'exportation de tels équipements et de l'octroi de telles licences, sait ce que cela lui coûterait de se trouver dans la situation inverse. Ce serait un grave pas vers une situation de dépendance industrielle, d'autant plus que cela coïnciderait, nous l'avons déjà dit, avec une perte importante de marchés extérieurs.

D'autre part nous nous sommes, à vrai dire, déjà assez fortement engagés sur ce chemin par la réalisation des installations de recherche de la Réacteur S.A. à Würenlingen. Ces constructions, faites grâce aux moyens financiers de l'ensemble de l'économie privée et publique, n'ont de raison d'être qu'en vue du développement d'une industrie atomique suisse. Il ne servirait à rien, en effet, de les avoir réalisées à grands frais pour y former des spécialistes qui ensuite n'auraient pas d'autre ressource que d'aller travailler pour l'étranger.

Le coût de la réalisation d'un programme de mise en train industrielle dans le domaine nucléaire n'excède

certainement pas nos moyens financiers. Cent millions de francs y suffiront peut-être, répartis sur les prochaines années et même s'il en fallait davantage, il faut rapprocher ce montant des 800 à 900 millions investis annuellement en Suisse pour la production d'électricité, sans parler des sommes considérables consacrées à des fins militaires, à la construction de routes, etc. ; rappelons que le montant annuel de nos exportations est de l'ordre de 7 milliards de francs. A titre de comparaison, mentionnons enfin que la Grande-Bretagne et la France consacrent chacune un milliard de francs suisses par an à la seule énergie atomique. Toutes proportions gardées, l'effort financier nécessaire en Suisse reste limité.

Que l'on ne puisse pas demander à l'économie privée suisse de faire seule les frais d'un tel démarrage se comprend aisément si l'on prend garde au fait qu'elle se trouve en concurrence avec des entreprises étrangères qui ont disposé depuis plusieurs années de très importantes subventions gouvernementales. C'est pourquoi elle a fait appel à l'aide des pouvoirs publics et tout porte à croire que cet appel sera entendu.

Est-ce trop tard pour entreprendre cet effort ? Le fait de n'avoir pas participé à la phase des recherches scientifiques et militaires, ni aux tâtonnements industriels initiaux n'est pas en soi un lourd handicap. Nous avons connaissance de la plus grande partie des résultats qui ont été ainsi acquis ; une contribution suisse n'aurait pu être alors que bien minime en regard des moyens mis en œuvre, aux U.S.A. par exemple. Il était sage de s'abstenir. Il n'en serait plus de même aujourd'hui et le moins qu'on puisse dire est qu'il est grand temps d'aller de l'avant.

Il faut souhaiter que le fait d'avoir été épargnés par la guerre, et celui d'avoir ensuite bénéficié d'une longue période de prospérité n'ont pas émoussé exagérément notre esprit d'entreprise, cela au moment même où l'évolution économique et politique mondiale fait de la Suisse une entité par comparaison chaque année plus petite.

### *Conclusion*

Si l'avènement de l'ère nucléaire, car c'est bien de cela qu'il s'agit, nous apporte la solution d'un grave problème d'approvisionnement en énergie, il ne fait pas de doute qu'il pose à l'économie de redoutables questions financières, industrielles et commerciales. Pour les résoudre, les Etats n'ont pas hésité à se grouper, au sein de l'OECE ou d'Euratom, à constituer des Agences européennes et internationale. A plus forte raison, les entreprises privées doivent-elles réunir leurs efforts ; cela est particulièrement vrai pour la Suisse et tout spécialement pour la Suisse romande. Il semble bien qu'aucun des problèmes techniques posés n'est insurmontable et c'est par une coopération faite dans le meilleur esprit que nos entreprises peuvent espérer aboutir. Notre industrie, encouragée et soutenue par les pouvoirs publics, n'aura cependant de satisfaction dans cette voie difficile que si elle y met beaucoup d'elle-même. Mais les grandes victoires ne sont jamais qu'à ce prix et le pire serait encore de ne pas essayer.