

Iran conference on transfer of nuclear technology.
Persepolis, Shiraz, Iran, 10-13 April 1977

CEA-CONF--3925

FR7701445

ROLE DES CENTRES DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT
NATIONAUX DANS LE TRANSFERT NUCLEAIRE

par M. Jean-Jacques GRAF^x et M. Pierre MILLIES^{xx}

COMMISSARIAT L'ENERGIE ATOMIQUE (FRANCE)

^x Centre d'études nucléaires de Saclay - Services des piles
B.P. 2 91190 GIF SUR YVETTE

^{xx} Centre d'études nucléaires de Grenoble - Service des piles
85 X 38041 GRENOBLE CEDEX

ROLE DES CENTRES DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT
NATIONAUX DANS LE TRANSFERT NUCLEAIRE

P L A N

- 1 - INTRODUCTION
- 2 - SCHEMA FOUR UNE STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT NUCLEAIRE
- 3 - ROLE DU CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE
 - 3.1 Formation
 - 3.2 Transfert vers l'industrie nucléaire
 - Métallurgie
 - Mécanique
 - Electronique
 - 3.3 Transfert des techniques d'accompagnement du nucléaire
 - 3.4 Transfert vers l'administration
- 4 - CONCLUSION
 - 1 schéma
 - figures
 - 6 photographies

ROLE DES CENTRES DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT
NATIONAUX DANS LE TRANSFERT NUCLEAIRE

" Un contrat de licence se trouve souvent à l'origine
" d'un transfert, mais il ne représente au mieux que
" la partie visible d'un iceberg..." - S. Seurat -

1 - INTRODUCTION

La technologie nucléaire couvre une grande variété de domaines, applications industrielles, médicales, agricoles, mais concerne essentiellement l'énergie. L'accès d'un pays à l'industrie nucléaire résulte d'une volonté politique nationale qui fixe les objectifs à court, moyen et long terme. Les objectifs peuvent être, par exemple, la satisfaction rapide des besoins en énergie, l'exploitation des minerais d'uranium et la fabrication des combustibles, la construction des centrales électronucléaires, ou même la maîtrise complète du cycle du combustible qui conduit à l'indépendance énergétique. Ces objectifs dépendent des ressources du pays, de sa structure industrielle, de son potentiel humain, de ses possibilités de financement. En effet, l'énergie nucléaire a besoin pour se développer d'un substrat important. Quasiment toutes les branches de l'industrie sont sollicitées : métallurgie, électronique, informatique, chimie, thermique, chaudronnerie et mécanique lourdes, etc. Pour qu'un pays en voie de développement soit capable d'acquérir la technologie nucléaire, il faut préparer son acclimatation, former une grande variété de spécialistes, s'assurer qu'un certain nombre de groupes maîtrisent les techniques mises en jeu pour obtenir un résultat déterminé. Cette implantation du nucléaire nécessite, en effet, non seulement des procédés méthodiques fondés sur des connaissances scientifiques, techniques et de gestion, mais une certaine transformation du comportement des individus, groupes et collectivités. Le nucléaire n'est pas une technologie liée au problème de l'énergie ; elle interfère pour l'originalité de ses problèmes de sécurité dans d'autres domaines comme, par exemple, les transports, la santé publique et, par conséquent, pose des problèmes aux juristes et législateurs. Enfin, le nucléaire qui a un impact politique, préoccupe les dirigeants à tous niveaux. Pour qu'un transfert réussisse, il faut que le projet soit accepté par tous et fasse l'objet d'une stratégie d'ensemble.

Pour les pays en voie de développement, cette stratégie ne peut pas consister à réinventer le savoir-faire qui a demandé près de deux siècles de mise au point aux pays où est née l'énergie nucléaire. La meilleure solution consiste à acquérir le savoir-faire. Il s'agit bien là de transfert de technologie et non pas de transplantation qui ne peut conduire qu'à la création d'îlots étrangers de techniques avancées.

2 - SCHEMA POUR UNE STRATEGIE DE DEVELOPPEMENT NUCLEAIRE

Dans les pays développés, comme par exemple la France, le développement nucléaire a été une décision gouvernementale créant un organisme d'état le "Commissariat à l'énergie atomique" (C.E.A.) qui actuellement comprend quatre centres de recherche. Au fur et à mesure de l'accroissement de l'importance du nucléaire, les centres nucléaires, en plus des activités de recherche et développement, avaient été chargés de réaliser des prototypes de centrales nucléaires, des usines de production des matériaux nucléaires. Aujourd'hui avec la maturité de l'énergie nucléaire, le nucléaire débordant largement dans tous les domaines industriels, une redistribution générale des rôles a été nécessaire ; par exemple en ce qui concerne les centrales électriques, les trois principaux acteurs sur la scène nucléaire sont le C.E.A., l'organisme de recherche, FRAMATOME, le constructeur, et l'E.D.F., le producteur d'électricité.

Pour un pays en voie de développement, il s'agit de répondre à trois objectifs :

- satisfaire les besoins en énergie du pays à court ou moyen terme - développer une industrie nucléaire nationale capable à plus long terme d'assurer l'indépendance énergétique du pays - bénéficier de toutes les retombées du nucléaire.

Un schéma de stratégie simplifié pour faciliter l'exposé, est décrit ci-dessous :

- Achat d'un ou plusieurs réacteurs de puissance, clés en main, pour répondre aux besoins en énergie. Déjà à ce stade, l'industrie nationale peut contribuer à la construction et acquérir une certaine connaissance des problèmes nucléaires.
- Formation d'équipes locales en physique des réacteurs, électronique nucléaire, informatique, thermique, radioprotection, sûreté, l'objectif étant de former des exploitants de centrales et de créer un noyau de spécialistes des problèmes de réacteurs.
- Etudes de la métallurgie des combustibles et des matériaux de structure, de leurs conditions d'utilisation, avec pour objectif la fabrication nationale des combustibles nécessaires au fonctionnement des réacteurs de puissance, allant jusqu'à une participation ou à la maîtrise complète du cycle du combustible (extraction du minerai, retraitement...).

- Etudes de conception des réacteurs en vue de leur adaptation aux problèmes locaux et d'une participation nationale à leur construction.
- Etudes, développement et réalisations dans des activités autres qu'énergétiques comme, par exemple, dessalement, production de radioéléments, etc).

Dans cette perspective, le rôle d'un centre national de recherche est primordial. C'est là où les spécialistes vont s'imbibber du savoir-faire, le parfaire, créer des techniques et les transmettre à l'industrie qui pourra alors s'adapter aux besoins du nucléaire. Les exemples de transfert de connaissances et de technologie d'un centre de recherche vers l'industrie sont innombrables, et ceci quel que soit le schéma de développement nucléaire du pays concerné.

3 - ROLE DU CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE

3.1 Formation

La première action du centre consiste à donner une formation de base sur le plan national, à des agents de tous niveaux, physiciens de réacteurs, ingénieurs, agents de maîtrise, agents d'exploitation de centrales, destinés à devenir des spécialistes dans les différentes branches du nucléaire.

L'école de formation du centre comprend :

- 1 réacteur de type piscine de faible puissance, inférieure à 1 MW.
 - 1 simulateur de physique de centrales électronucléaires.
 - 1 laboratoire de radioprotection.
 - 1 laboratoire de mesures physiques de rayonnements.
- Le réacteur permet de réaliser les travaux pratiques de physique des réacteurs, de former les agents dans la conduite des réacteurs, de comprendre la physique des réacteurs au moyen de travaux pratiques, d'étudier des appareils de radioprotection, des chaînes électroniques, etc.
 - Le simulateur est orienté vers l'acquisition et la compréhension des mécanismes fondamentaux qui régissent le fonctionnement d'un réacteur ou d'une centrale électronucléaire. Le stagiaire placé aux commandes du simulateur peut se rendre compte de lui-même de l'influence d'un paramètre. Il peut simuler des cas qui, sur une installation réelle, mettraient en cause la sécurité de son fonctionnement. C'est ainsi que sont effectués des travaux pratiques : cinétique du réacteur, effets de température, effets de variation de charge, effets à long terme sur la réactivité (xénon, samarium, burn-up).
 - Le laboratoire de travaux pratiques en physique nucléaire et en mesure des rayonnements : il est destiné de façon générale à la mesure de l'activité α .

β , γ des matériaux irradiés. Il comporte des bancs de détection neutrons, β , γ , n .

- Le laboratoire de radioprotection disposant de sondes α , β , γ , neutrons thermiques et rapides...

Il s'agit d'une toute première étape car une telle école ne peut vivre qu'en s'appuyant sur un centre de recherche plus étoffé qui lui fournisse les professeurs, ingénieurs au contact des problèmes actuels, le support technique, etc. C'est ainsi que l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires et le C.E.A. forment :

- les cadres chargés de la direction des centrales électronucléaires de l'E.D.F. ;
- les agents de conduite de ces centrales ;
- des agents de l'industrie nucléaire : Framatome, Merlin-Gérin, A.C.B.,...
- des agents du Service central de sûreté des installations nucléaires (organisme situé au niveau du Ministère de l'industrie et de la recherche ;
- des agents du C.E.A. dont l'activité s'exerce dans des laboratoires de métallurgie, de chimie, d'électronique, etc...
- des agents en provenance de l'étranger.

3.2 Transfert vers l'industrie nucléaire

Le centre national de recherche qui doit être le support pour acquérir les connaissances technologiques et les méthodes nécessaires au développement d'une industrie métallurgique nationale, doit posséder des installations très importantes telles que :

- 1 réacteur d'essai de matériaux polyvalent, fournissant des flux significatifs $> 10^{14}$ n/cm²/sec en neutrons thermiques et rapides.
- 1 laboratoire de haute activité, permettant de faire des mesures post-irradiatoires sur des matériaux très actifs.
- 1 laboratoire d'études et d'élaboration des matériaux nucléaires (métallurgie, technologie...).
- 1 laboratoire d'études et d'essais thermohydrauliques.
- 1 laboratoire d'études et de développement des techniques avancées.

Les exemples de transfert de technologie des centres de recherche vers l'industrie sont innombrables dans ce domaine ; nous n'en citerons que quelques uns, par exemple :

Fabrication de l'UO₂ fritté :

La précipitation en continu du nitrate d'uranyle conduit à l'uranate d'ammonium qui, par calcination, conduit à l'U₃O₈ puis à l'UO₂ fritté par réduction contrô-

dans un four rotatif. Pour des raisons industrielles, la poudre obtenue est trop fine et n'a pas de qualités d'écoulement. On la transforme en un granulé par compression à froid, puis on la concasse pour obtenir une granulométrie convenable. Enfin, on densifie à 1650 °C l'ébauche définitive dans des boîtiers de molybdène. On procède ensuite à une rectification cylindrique.

La mise au point de ce procédé dans les laboratoires du C.E.A. et son transfert à l'industrie se sont déroulés en plusieurs étapes :

- Des agents de l'industrie ont, dès le début, participé avec des équipes du C.E.A. aux études de mise au point du procédé.
- La chaîne de laboratoire étant au point, l'industrie et les laboratoires ont réalisé en commun le dessin de la première chaîne industrielle.
- Parallèlement, le projet et la réalisation de l'usine d'élaboration (pastillage, frittage) de la poudre se mettaient en place.
- Enfin, les laboratoires du C.E.A. continuent encore actuellement à apporter une assistance technique permanente aux industriels, et les aident à mettre en place les progrès accomplis dans ces techniques.

Cet exemple, très caractéristique, montre comment le transfert d'une technologie peut éviter le décalage souvent très grand qui existe entre la mise au point dans un laboratoire de recherche et son application à l'échelle industrielle. Le centre de recherche dispose de moyens en homme et en installations pour pouvoir apporter à l'industrie nucléaire un support indispensable. Par exemple, à OSIRIS, réacteur de recherche de 70 MW, une boucle à eau pressurisée de 140 kW, "IRENE" figurée en piscine (fig. 4), permet l'irradiation d'une grappe de 4 ou 8 crayons combustibles pour PWR, de type 15 x 15 ou 17 x 17, dans de l'eau à 155 bars et à 285 °C. Des expériences très représentatives dans les conditions normales ou dans certaines conditions transitoires ou accidentelles permettent, dans une certaine mesure, de simuler des phénomènes comme les cyclages, les sauts et les rampes de puissance, outre les essais de qualification du combustible. Ces expériences sont indispensables au constructeur, à l'exploitant de centrales et aux organismes de sûreté. Elles permettent les améliorations, la compréhension des phénomènes et l'analyse de sûreté. Il en est de même pour la technologie associée. Sur cette même boucle Irène, par exemple, l'appareillage de détection de rupture de gaine qui a été conçu et réalisé sur place pourra, après les épreuves et tests, être transféré sur les centrales de puissance à eau légère.

Dans le cadre du développement de la filière neutrons rapides, à titre d'exemple, prenons le cas de l'essai réalisé dans le réacteur SILOE de Grenoble, d'une aiguille combustible d' UO_2 - PuO_2 qui doit être irradiée dans un courant de sodium.

de 5 m/sec, à une température de 550 °C, à une puissance de 600 W/cm, sur laquelle on veut mesurer en continu le dégagement de produits de fission gazeux et la déformation diamétrale du combustible lors de cyclages thermiques. Ces essais ont amené à la conception et à la construction de boucles sodium munies de thermopompes fonctionnant par effet thermoélectrique. Ces boucles sont équipées d'un appareillage hyperfréquence qui donne la possibilité de mesurer en continu les variations du diamètre. Il est clair que ce type de boucle a exigé le développement des techniques avancées, ensuite utilisées par l'industrie. Dans cet exemple, les études, les essais de faisabilité ont été réalisés par les équipes des réacteurs ; la construction du prototype a été faite par ces mêmes équipes. Puis, les essais en fonctionnement étant satisfaisants, les plans, les spécifications techniques et les cahiers de fabrication ont été transmis à l'industrie qui réalise avec l'assistance technique permanente des équipes des réacteurs. Le passage de cette technologie, mise au point par des spécialistes déjà très expérimentés, a demandé environ quatre années.

Là encore on peut citer un grand nombre d'exemples qui ont donné lieu à transfert de technologie : les boucles thermiques, l'électronique, les boucles de corrosion sous rayonnement, les contrôles non destructifs...

Enfin, dans tous les pays, les centres de recherche ont été les premiers à rencontrer toutes les difficultés du nucléaire comme, par exemple, les problèmes des stockage et traitement, l'évacuation des déchets radioactifs. Des techniques nouvelles ont dû être mises au point. Par exemple, au Centre de Saclay, toute la mise au point de la station de traitement des effluents liquides, par évaporation avec conditionnement dans le bitume du résidu concentré, est le résultat d'une longue collaboration entre le C.E.A. et des industriels. Les connaissances acquises qui ont conduit à des facteurs de décontamination de 10^4 à 10^6 et des facteurs de concentration de 100 pour des solutions chargées à 4 g/litre en sel, sont maintenant industrialisées et proposées dans des projets importants.

3.3 Transfert des techniques d'accompagnement du nucléaire

La mise en place de l'électronucléaire a entraîné le développement de nombreuses techniques dérivées qui ont donné lieu aussi à d'importants transferts de technologie : contrôles non destructifs, informatique, électronique, circuits intégrés spéciaux, enceintes stériles, étude de la pollution, applications des radioéléments. Par exemple, la technologie des circuits intégrés spéciaux mise au point dans un laboratoire d'un centre de recherche a été transférée à l'industrie en créant une société filiale du C.E.A. dont une partie des agents proviennent de ce laboratoire.

Au départ, l'industrie n'était pas préparée aux conditions particulières du nucléaire (spécifications techniques sévères et nouvelles, fiabilité, contrôles de propreté nucléaire, contrôles intensifs, assurance qualité, etc). C'est au fur et à mesure que l'industrie a été amenée à réaliser des installations comme, par exemple, des réacteurs de recherche, des boucles prototypes, des cellules chaudes, etc... qu'elle a acquis, avec l'aide et le contrôle du centre de recherche, les qualités nécessaires. (Actuellement, par exemple, le fabricant des pompes à eau lourde du réacteur EL3 peut garantir des temps de fonctionnement de 40 000 heures). Un certain nombre d'industries mécaniques sont maintenant capables de travailler correctement aciers inoxydables, alliages légers, aciers spéciaux, graphite, etc... en particulier au point de vue de la qualité des soudures par bombardements électroniques, diffusion entre pièce et alliage de zirconium et aciers, traitements de surface particuliers, etc... Certaines techniques particulières de brasures, même de soudures pour des pièces qui ont des fonctions multiples, ne sont pas encore possibles alors qu'elles sont déjà réalisées dans les centres de recherche.

3.4 Transfert vers l'administration

C'est un aspect qui est particulièrement important du développement du nucléaire dans un pays. Il est indispensable que la législation prenne en compte dans les structures habituelles, les problèmes de :

- sûreté des réacteurs ;
- sécurité des personnes dans et au voisinage d'un site ;
- environnement ;
- transport des matières radioactives ;
- déchets radioactifs.

Là encore, la vie dans un centre de recherche permet aux responsables actuels et futurs de bien connaître l'aspect particulier du nucléaire.

En ce qui concerne les problèmes de sûreté nucléaire, par exemple, le rôle de la puissance publique est exercé en France par un Conseil supérieur de la sûreté nucléaire et un Service central de sûreté des installations nucléaires qui s'appuie techniquement sur l'Institut de protection et de sûreté nucléaire installé dans les centres de recherche du C.E.A. Cette organisation permet aux différents ministères (santé, transports, affaires étrangères, etc) d'avoir les moyens techniques d'exercer leurs responsabilités dans le domaine nucléaire.

3.5 Le schéma n° I regroupe les différents transferts entre le centre national de recherche et les différentes activités du pays. La figure n° 1 montre comment le C.E.A., avec ses centres de recherche et ses unités opérationnelles, a réussi dans les domaines spécifiques à transférer ses technologies à des instituts et à des sociétés industrielles qu'il a créés lui-même ou dans lesquels il a une participation.

4 - CONCLUSION

Le transfert de la technologie nucléaire est complexe. Il passe par la simultanéité d'un programme nucléaire, de la réalisation d'un centre de recherche et d'une volonté politique d'adapter les structures industrielles nationales.

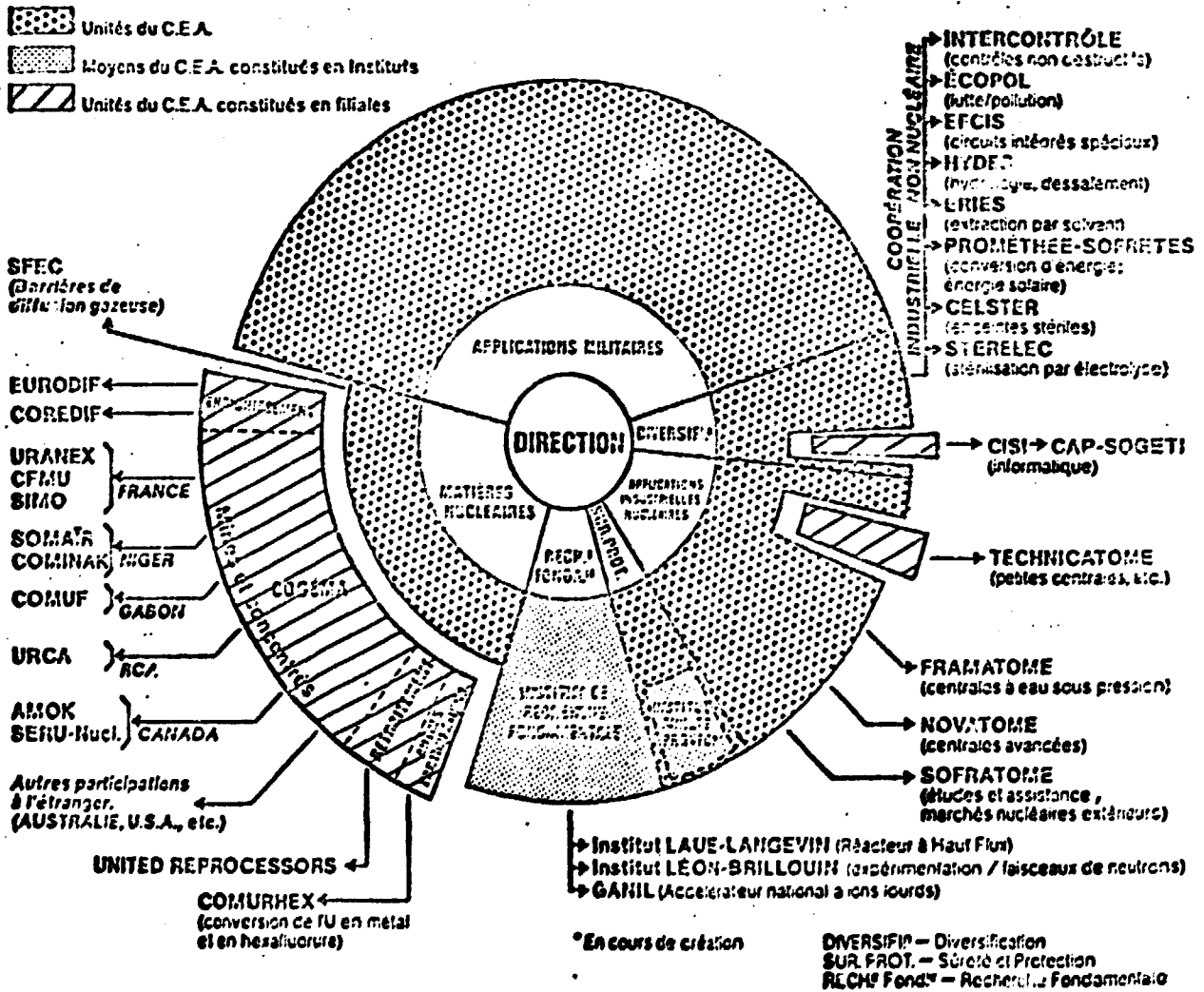
On a vu apparaître au cours de l'exposé, plusieurs méthodes de transfert de technologie.

- L'une s'apparente à celles pratiquées dans l'enseignement et nécessite des investissements et des moyens en personnel relativement peu importants.
- L'autre consiste à intégrer dans un laboratoire de recherche, des agents de l'industrie qui participent ainsi directement à la mise au point d'une nouvelle technologie.
- Une troisième ne transmet les techniques qu'une fois qu'elles sont parfaitement éprouvées et ont fait l'objet de cahiers de fabrication très détaillés que l'industrie suit pas à pas.
- Enfin, le transfert de technologie se fait à grande échelle en créant, suivant les circonstances, des sociétés industrielles filiales du centre de recherche ou des instituts spécialisés.

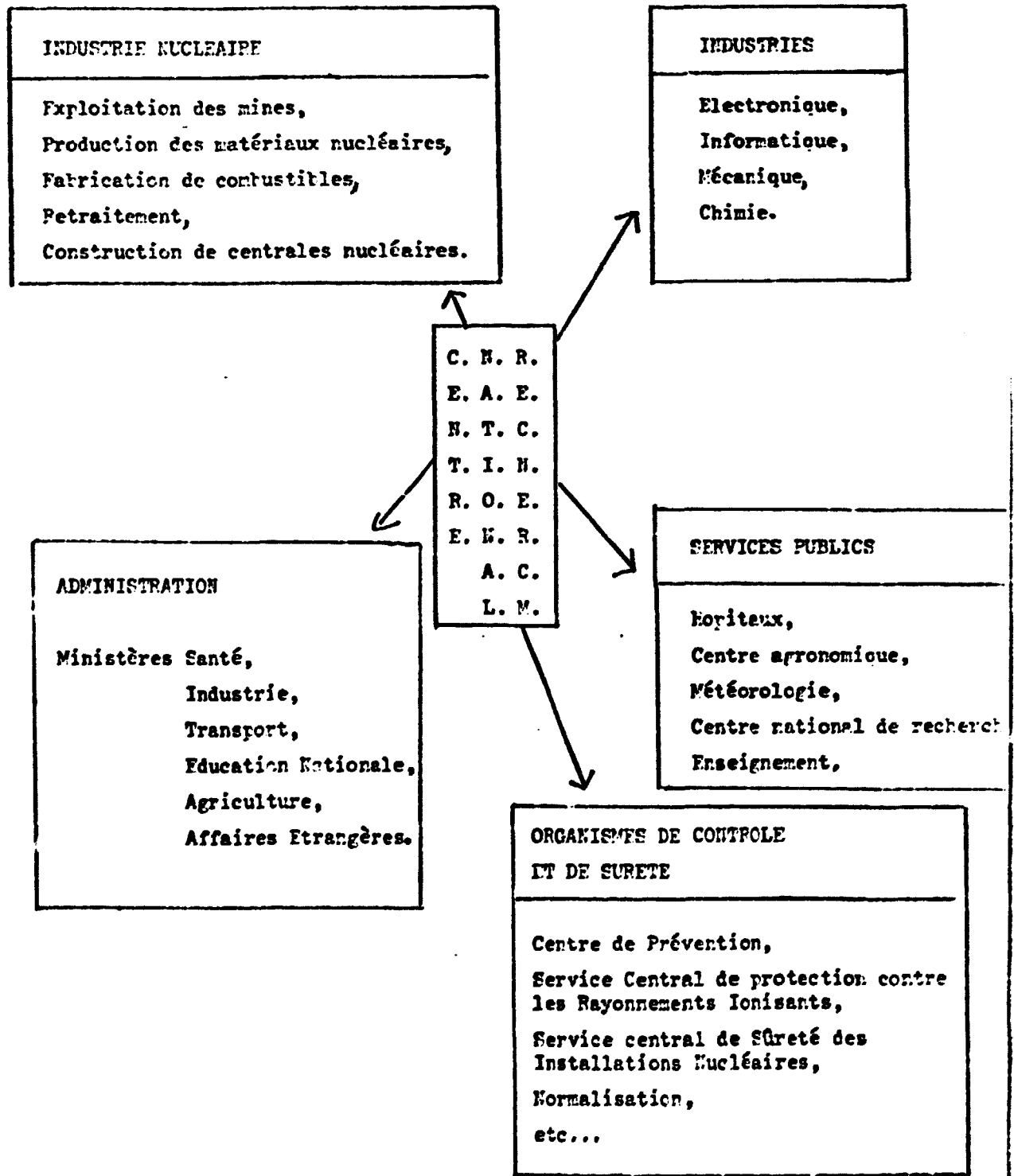
Il est clair que dans ce domaine, le rôle d'un centre de recherche est fondamental. La concentration et la qualité de moyens en matériel et en personnel sur le même site lui permet de mettre au point des techniques et de former des spécialistes sans être soumis aux mêmes contraintes que celles qui régissent l'industrie. L'expérience nous apprend que l'importance des moyens installés sur le centre doit être liée à la capacité de réception des industries nationales et à un programme de développement de l'industrie nucléaire, et qu'un pays en voie de développement doit s'appuyer fortement sur l'expérience des pays industrialisés pour mettre en place, dans les meilleures conditions, un centre national de recherche.

SCHEMA I

STRUCTURE OPERATIONNELLE DU C.E.A. ET DE SES PRINCIPALES FILIALES ET PARTICIPATIONS INDUSTRIELLES



TRANSFERT DE TECHNOLOGIE DU CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE



→ représente le transfert

