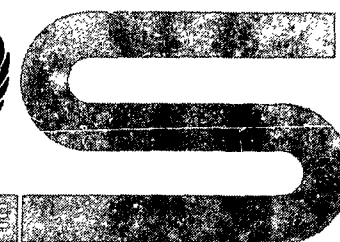


CONFERENCE INTERNATIONALE
SUR L'ENERGIE D'ORIGINE NUCLEAIRE
ET SON CYCLE DU COMBUSTIBLE

SALZBOURG (AUTRICHE) • 2-13 MAI 1977



AGENCE INTERNATIONALE DE L'ENERGIE ATOMIQUE

IAEA-CN-36/I96

FORMATION ET ENSEIGNEMENT

Et. Bauer
Adjoint au Directeur de l'INSTN

M. Oria
Ingénieur à l'INSTN

Commissariat à l'Energie Atomique

Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires
B.P. 6
91190 Gif sur Yvette
France

°°°

- Réf. I - Progress in nuclear energy. Nuclear energy maturity
Proceeding of the european nuclear conference Paris
21-25 April 1975 - Vol. 10 S.B. Hammond, J.A. Lane,
A. Rogov, R. Skjoldebrand.
- Réf. II - La formation des ingénieurs et techniciens dans le
domaine de l'énergie nucléaire. L'enseignement du nucléaire
en France de l'école primaire à l'enseignement supérieur :
Paris 15 octobre 1976 - SFEN - A. Ertaud.
- Réf. III - Engineering manpower needs :A survey - Nuclear News -
June 1974.
- Réf. IV - Construction manpower aspects of nuclear manpower overview.
Proceeding of special session. Nuclear Manpower overview
American Nuclear Society - 27-31 October 1974 - Nagle et
Gray.

I - INTRODUCTION

Quand la France s'est lancée dans l'aventure atomique, il y a de cela plus de 20 ans, la plupart des cadres et des techniciens n'avaient jamais été formés au nucléaire. Les premiers cours organisés par le Commissariat à l'Energie Atomique étaient professés par de très jeunes gens et les auditeurs qui avaient souvent les cheveux blancs occupaient des postes importants.

La formation a donc été un des impératifs du développement nucléaire industriel de la France. Elle a constitué une expérience passionnante et enrichissante que nous poursuivons. Le développement actuel de la production d'énergie nucléaire dans les pays industrialisés comme dans les pays en voie de développement pose d'une manière très aigüe le problème de la formation du personnel appelé à travailler pour l'industrie et les centrales nucléaires.

Plusieurs études ont été consacrées à ce sujet, citons notamment l'article de S.B. Hammond, J.A. Lane, A. Rogov et R. Skjoldbrand de l'Agence Internationale de l'Energie Atomique publié à l'occasion de la Conférence Nucléaire Européenne qui s'est tenue à Paris en avril 1975 (Référence I).

Cet enseignement dans un domaine encore relativement neuf, en évolution constante et dont l'impact industriel est considérable, a des caractéristiques particulières que l'on tentera de définir dans la première partie de cet exposé. On s'efforcera ensuite de voir quelles sont les exigences communes aux pays en voie de développement décidant d'avoir une politique nucléaire active. Enfin, parce que cela est notre expérience vécue, nous exposerons ce qu'un pays de moyenne importance, la France, peut offrir pour aider ces pays à devenir indépendants.

II - ASPECTS GENERAUX DE LA FORMATION ET DE L'ENSEIGNEMENT NECESSAIRES AU DEVELOPPEMENT DE L'ENERGIE NUCLEAIRE.

Nous ne traiterons pas ici des besoins si divers de la recherche fondamentale dans le domaine nucléaire, ni des enseignements nécessaires aux applications du nucléaire dans les domaines de l'écologie, de la médecine, de l'industrie et même de l'art. Nous nous cantonnerons à la production d'énergie.

Il va sans dire que les applications qui viennent d'être évoquées ne doivent en aucun cas être négligées, leur intérêt est grand et leur développement créera une ambiance favorable à l'acceptation du nucléaire par le public. La recherche fondamentale, d'autre part, permettra aux pays peu développés de se hisser au niveau des plus grands, après de longues années d'efforts. Certes, les sommes dépensées pour cela seront le plus souvent faibles devant celles que le pays investira dans l'électronucléaire.

A - Une formation pour quoi faire ?

La première question qui se pose est la suivante : quels sont les besoins en personnel pour obtenir un développement harmonieux de l'énergie nucléaire :quelles qualifications sont requises ; dans quels domaines d'activités travailleront les personnes que nous instruirons et en quel nombre, par catégorie ?

1) Qualification

Une étude sur la qualification du personnel a été réalisée en France par A. Ertaud, à l'occasion d'un Séminaire sur l'Enseignement du nucléaire en France, de l'Ecole Primaire à l'Enseignement Supérieur (octobre 1976 - Réf. II). Une autre pour les Etats-Unis par Wilson (Réf. III).

Les tableaux suivants extraits de ces communications résument les enquêtes auxquelles se sont livrés les auteurs auprès des sociétés d'ingénierie de leurs pays respectifs.

TABLEAUX I et II

On constate que dans l'industrie nucléaire, le pourcentage des spécialistes de la Physique des Réacteurs et de la Radioprotection, c'est-à-dire des questions spécifiquement nucléaires est faible (15 %) devant celui des Mécaniciens (40 %) et des Electroniciens (25 %).

Ceci est bien évidemment dû au fait que nous sommes arrivés à l'époque des constructions en série : il ne s'agit plus de prototypes de réacteurs, mais de types éprouvés. On fait donc appel à des ingénieurs en génie civil, en automaton, en technologie des matériaux. Cette même évolution est visible, si l'on examine la répartition des ingénieurs par spécialité dans les sociétés de distribution d'électricité.

TABLEAU III

Une conclusion s'impose, l'enseignement visant à former des neutroniciens n'aura qu'un auditoire réduit, mais certainement de choix. La formation des spécialistes de haut niveau restera à l'ordre du jour pour tout pays désirant progresser et adapter ses capacités industrielles aux techniques de pointe. Par contre, un enseignement de complément, moins approfondi, s'adressant de façon répétitive à des techniciens ou à des ingénieurs confirmés sera l'action la plus développée.

Il faut bien se rendre compte, qu'en fait, tout le personnel d'étude de construction des centrales nucléaires et de maintenance doit avoir une teinture de nucléaire, parce qu'auprès des réacteurs, rien n'est exactement semblable à ce qui se passe dans les centrales classiques.

2) Domaines d'activités

Les différentes phases de l'établissement et de la réalisation d'une politique électronucléaire définissent les domaines d'activités possibles du personnel que nous formons :

a/ Etudes économiques sur l'incidence de l'investissement et la conversion industrielle, sur l'adaptation du réseau électrique à la nouvelle source d'énergie ;

b/ Ingénierie et services d'études des organismes producteurs d'électricité ;

c/ Fabrication des composants ;

d/ Construction des centrales ;

e/ Contrôle ;

f/ Exploitation des centrales ;

g/ Recherche et développement de nouveaux procédés.

Dans le premier groupe de préoccupation, celui des études économiques, une formation en aide à la décision, en macro et micro économie, est nécessaire.

Dans tous les autres domaines, une formation scientifique de base, puis une formation fondamentale en physique nucléaire sont requises. On fera comprendre en particulier, l'effet des radiations sur l'organisme ainsi que les principes de fonctionnement des réacteurs. Quelle que soit la technique envisagée, la radioprotection, l'assurance de la qualité et la sûreté nucléaire seront des thèmes récurrents. On s'apercevra que toutes les sciences classiques de l'ingénieur ont un prolongement nucléaire : mécanique des structures utilisées dans les réacteurs, métallurgie des matériaux avant et après irradiation, électronique nucléaire, électronique de contrôle, chimie et corrosion sous radiation.

3) Effectifs

Reste le problème des effectifs. Nagle et Gray (Réf. IV) notent qu'un KW nucléaire installé nécessite 11 heures d'agent pendant la construction de la centrale. Un chiffre comparable se retrouve en France et englobe la totalité des corps de métiers (Réf. II). Les nombreuses études traitant de ce sujet font apparaître l'importance de la matière grise, 25 % du personnel doit être hautement qualifié. Pour l'exploitation d'un réacteur, l'Electricité de France estime à 350 personnes dont 20 cadres, le personnel nécessaire au bon fonctionnement d'une centrale comportant 4 réacteurs : le pourcentage relativement faible des cadres dans cette estimation est dû à ce qu'il ne s'agit là, en principe, que d'opérations de routine et d'entretien.

Les prévisions faites pour la France par l'Eléctricité de France recourent les pourcentages de Nagle et Gray. On aboutit ainsi pour la France, si nous supposons la construction de 12 centrales en 1980, à l'effectif suivant.

TABLEAU IV

Soit au total, 6240 ingénieurs qu'il faudra nécessairement former au nucléaire. Notons que l'enseignement devra être continu pour tous les agents des centrales : la sûreté et la protection contre les radiations doivent devenir des réflexes pour les balayeurs de la centrale (leur fonction est extrêmement importante) comme pour l'ingénieur en chef responsable du réacteur.

B - Un plan de formation peut-il être élaboré ?

L'histoire de l'enseignement du nucléaire en France prouve que l'on a toujours paré au plus pressé. Il n'y a pas eu en fait, de planification et la notion clef aura été la souplesse. Les enseignements nécessaires sont nés, certains se sont développés, d'autres ont disparu parce qu'ils n'avaient plus de raison d'être. On peut cependant, de l'état actuel de notre système, induire une politique générale de formation dans le domaine qui nous intéresse actuellement.

Elle présente quatre niveaux :

- . la formation générale,
- . les formations scientifiques et techniques,
- . des formations de complément,
- . des actions de vulgarisation et d'information.

1/ Formation générale

Une bonne connaissance des sciences et des techniques classiques conduira seule à greffer aisément les applications nucléaires et permettra aux ingénieurs et aux techniciens l'adaptation aux innovations tout au long de leur carrière. C'est le rôle de nos Facultés et de nos Ecoles d'Ingénieurs de dispenser cette formation générale. Bien entendu, la physique nucléaire fait partie de cette formation générale. Elle est indispensable à l'intelligence de tout type de réacteur comme celle de la radioprotection.

2/ Formations scientifiques et techniques spécialisées de niveau élevé

Il s'agit de former les futurs cadres de l'industrie et de la recherche. Les enseignements universitaires de 3ème cycle (post-graduate) et les enseignements spécialisés des écoles d'ingénieurs y concourent avec

leur caractère spécifique et complémentaire. Ces enseignements spécialisés s'adressent le plus souvent à des ingénieurs déjà diplômés. On devra noter qu'actuellement les débouchés vers la recherche fondamentale sont restreints mais que par contre, la construction et l'exploitation des réacteurs sont des domaines très friands de responsables vraiment qualifiés. De toute évidence, il ne faut pas imaginer que la politique électronucléaire d'un pays sera uniquement réalisée par des cadres ou des techniciens sortant à peine des écoles. On fera souvent appel à des ingénieurs ayant déjà l'expérience des installations classiques. Une formation technologique s'adressant à ce personnel déjà spécialisé et exerçant son métier depuis de nombreuses années doit être organisée. Elle sera approfondie, une année au minimum, et sera conçue pour permettre la connaissance des problèmes liés à la construction comme à l'exploitation.

3/ Formations de complément

Elles prendront des formes très variées : stages, colloques, sessions d'études. Elles auront lieu soit autour du réacteur lui-même, soit dans des établissements d'enseignements spécialisés. Les enseignants qui animeront ces sessions d'études seront toujours des praticiens et des chercheurs. Ainsi, des spécialistes feront le point des progrès récents de leur art et permettront aux nouveaux venus de comprendre rapidement l'essentiel de la technique étudiée. Le personnel d'exécution, aussi bien que les cadres, devra être soumis périodiquement à de tels recyclages.

4/ Vulgarisation et information

Nous avons dit que dans le nucléaire, rien n'était tout à fait "pareil". Ainsi, les fabricants de composants devront comprendre la nécessité de l'assurance qualité, le grand public devra être sensibilisé au nucléaire, les enseignants, y compris ceux du second degré, devront savoir répondre aux questions posées à ce sujet par leurs élèves. Des sessions d'études de vulgarisation et d'information seront donc créées. Une information sérieuse évitera ainsi des mouvements d'opinion irrationnels. Un public informé acceptera mieux le nucléaire qui doit faire partie aujourd'hui de la culture d'un honnête homme.

Si les Universités ont en France la charge des enseignements fondamentaux, l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires, établissement d'enseignement supérieur dépendant à la fois du Secrétariat d'Etat aux Universités et du Commissariat à l'Energie Atomique, est chargé des enseignements de haute technologie. Il aide les écoles d'ingénieurs qui souhaitent donner à leurs élèves de solides notions dans ce domaine. Les tableaux suivants résument l'activité de l'Université et de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires dans l'enseignement du nucléaire.

TABLEAUX V et VI

De son côté, l'Électricité de France fait un effort considérable pour former son personnel. Elle organise ses propres enseignements :

TABLEAU VII

ou fait suivre à ses agents les stages de l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires. L'interpénétration des systèmes pédagogiques du Commissariat à l'Energie Atomique et de l'Electricité de France est grande. Notons enfin, que la Société Française pour l'Energie Nucléaire consacre une part de son activité à l'information du grand public.

II - ASPECTS SPECIFIQUES DE LA FORMATION ET DE L'ENSEIGNEMENT NECESSAIRES A LA CONDUITE DE PROGRAMMES ELECTRONUCLEAIRES DANS LES PAYS EN VOIE DE DEVELOPPEMENT.

Traisons maintenant des problèmes de formation et d'enseignement dans les pays en voie de développement ayant décidé de se lancer dans un programme nucléaire.

A - Quels sont les besoins ?

Le premier devoir d'un pays en voie de développement est d'établir les organigrammes qui définissent ses besoins en personnel. Il devra le faire en sachant bien que ses besoins dépendent non seulement de ses ambitions en ce qui concerne la construction de réacteurs mais aussi de son infrastructure en production et en distribution d'énergie électrique d'origine classique. L'état de son industrie et le nombre des diplômés formés par ses universités interviendront également. Lorsqu'il aura établi cet organigramme, fonction de sa politique industrielle et énergétique, le planning de formation pourra être conçu.

1/ Construction de réacteurs

Cu bien ce pays achètera des réacteurs "clef en main" et s'en tiendra là, ou bien il impliquera progressivement son industrie nationale dans la construction des centrales électronucléaires afin de tendre, sinon à une autonomie, du moins à une liberté de décision.

S'il adopte la seconde politique, il sera conduit à créer un ou plusieurs centres de recherches nucléaires de façon à adapter la technologie importée à ses ressources humaines et naturelles. Cela n'est possible qu'au prix d'un sérieux effort de formation qui permettra de disposer de compétences techniques (physiciens, chimistes, biologistes, électromécaniciens, métallurgistes, thermodynamiciens, protectionnistes, médecins, etc.).

Nous donnons à titre d'exemple, un plan de formation pour des pays en voie de développement établi en France par Technicatome. Ce schéma comporte deux parties. L'inventaire des besoins, l'établissement du plan de recrutement et de formation, la sélection et l'orientation du personnel sont effectuées dans le pays même. L'enseignement général théorique, le complément de formation spécialisée, les stages d'adaptation aux postes de travail, la formation aux emplois techniques sont réalisés dans un pays nucléairement développé qui est ici la France.

TABLEAU VIII

2/ Fonctionnement des centrales

Pour la marche des centrales elles-mêmes, des profils d'ingénieurs et de techniciens seront établis. Le nombre des postes à pourvoir et par conséquent celui des gens formés devra être très supérieur à celui qu'exige la marche quotidienne des réacteurs : la formation permanente des cadres, la réorganisation des carrières, les mutations vers une industrie naissante feront des vides que l'on devra combler sur le champ pour que la production d'électricité ne soit pas perturbée. Dans la plupart des cas, le personnel de réserve se trouvera difficilement sur place et devra être demandé à l'étranger.

B - Moyens

Dans le meilleur des cas, les établissements universitaires locaux pourront donner les connaissances scientifiques classiques sur lesquelles se greffera la spécialisation nucléaire. On aura ensuite intérêt à s'adresser à l'étranger.

1/ Très souvent les contrats de fourniture de centrales comportent une clause de formation du personnel. Il semble cependant que, généralement, la base de cette formation est un peu étroite. Le fournisseur ne peut se substituer au client pour prendre les décisions et en particulier celle de recrutement. Il ne peut avoir qu'un rôle de conseil et ne donner des garanties que sur la qualité des moyens pédagogiques proposés : aucune garantie de résultats ne peut être raisonnablement exigée de lui. Le maître d'ouvrage, c'est-à-dire le client, est le seul responsable de la formation de son personnel. Une politique de sagesse consistera à s'adresser à plusieurs pays de manière à pouvoir profiter d'expériences variées en la matière.

2/ On pourra également envoyer les ingénieurs et les chercheurs profiter d'enseignement organisés par les pays développés pour leurs propres personnels. Le nombre d'étudiants ainsi formés sera faible. Il sera souvent nécessaire, parallèlement, de passer des contrats de formation pour des équipes entières. Elles pourront suivre des cours bien adaptés, conçus à leurs mesures. Quel que soit le système adopté, des stages auprès des réacteurs sont obligatoires. Ces stages dont l'efficacité n'est plus à démontrer feront gagner du temps.

3/ Les cours organisés par l'Agence Internationale de l'Energie Atomique font partie de cet arsenal pédagogique. Outre l'excellente formation qu'ils dispensent ils permettent des contacts internationaux fructueux. Notons que l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires a actuellement la charge de l'organisation de ces deux cours destinés à la formation de décideurs et d'ingénieurs de pays en voie de développement.

C - Exemple de l'assistance française

Citons à titre d'exemple, l'assistance offerte par la France aux pays en voie de développement. En dehors des très nombreux et très divers enseignements spécialisés des Universités, le Commissariat à l'Energie Atomique et l'Electricité de France ont été amenés à contribuer à la formation d'ingénieurs étrangers.

L'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires accueille cette année plus de 300 étudiants étrangers dans ses différents enseignements. Un tiers des étudiants vient de pays en voie de développement. Cet institut forme par exemple, cette année, plus de 50 étudiants de bon niveau scientifique. Un cours d'une durée de trois mois leur donne les connaissances de physique et de technologie des réacteurs suffisantes pour comprendre le fonctionnement d'une centrale électronucléaire. Ce cours sera suivi par une série de stages dans un ou plusieurs services du Commissariat à l'Energie Atomique. L'Electricité de France offrira également une formation pratique sur ses réacteurs de puissance et intégrera à des équipes responsables les stagiaires étrangers.

En dernière analyse, pour un pays en voie de développement, le problème clef est sans doute la formation de ses techniciens de niveau moyen. L'importance numérique, les problèmes de la langue, l'éloignement, le prix élevé de la formation sont cependant des obstacles. On aura intérêt, pour cela, à prévoir des cours de formation de formateurs pour assurer la continuité de la formation de ce personnel sur place. Il convient de considérer une conséquence bénéfique de cette formation nucléaire massive : une partie importante du personnel des centrales irriguera par le jeu des changements de carrière le reste de l'industrie.

III - CONCLUSION

L'imprégnation du nucléaire ne peut en aucun cas se faire uniquement par des enseignements. C'est une pratique quotidienne sur les installations existantes, dans les laboratoires en activité qui, seule, apprendra que la main est aussi importante que la mémoire. Joliot Curie disait : "qu'on ne peut convenablement travailler dans un laboratoire dont les murs ne sont pas imprégnés de science". Cela prend de longues années.

Il faut en effet une longue expérience pour s'apercevoir qu'un appareil est déréglé, pour pressentir un incident et y remédier, pour travailler proprement avec des matériaux radioactifs. Je dirai qu'il faut avoir pour cela une grande sagesse acquise et être persuadé que les lieux les plus féconds sont souvent les ascenseurs, les cafétérias et les jardins où l'on peut marcher en devisant car les échanges de savant à savant, de technicien à technicien, d'homme à homme, restent depuis Platon la source la plus féconde de découvertes inattendues.

T A B L E A U I

POURCENTAGES GLOBAUX DES DIVERSES SPECIALITES
DANS L'INDUSTRIE NUCLEAIRE FRANCAISE ET AMERICAINE
(ETUDES ET INGENIERIE)

d'après A. Ertaud et W.E. Wilson (Réf. II et III)

C A T E G O R I E S	ENQUETE FRANCAISE			ENQUETE AMERICAINE
	GAAA (en 1975)	FRANATOMIE	TECHNICATOME (en 1975)	
- Ingénieurs de physique nucléaire (physique des réacteurs, calcul des Protections , etc...)	18 %	15 %	6 %	15 %
- Ingénieurs chimistes et métallurgistes	5 %	5 %	2 %	12 %
- Ingénieurs mécaniciens (méca- nique thermique, fluide, structures, etc ...)	44 %	45 %	37 %	37 %
- Ingénieurs électroniciens et électroniciens	14 %	10 %	35 %	20 %
- Ingénieurs génie civil	4 %	0 %	7 %	9 %
- Ingénieurs d'Assurance qualité et de contrôle	4 %	8 %	2,5 %	4 %
- Ingénieurs chargés des liaisons avec les administrations	3 %	5 %	2 %	1,5 %
- Spécialistes de l'Environnement	0 %	0 %	0 %	1,5 %
- Chargé d'affaires et des propo- sitions	8 %	12 %	8,5 %	

T A B L E A U I I

REPARTITION DES SPECIALITES DANS L'INDUSTRIE NUCLEAIRE

d'après W.F. Wilson (Réf. III)

S P E C I A L I T E S	FOURNISSEURS DE CHAUDIERES NUCLEAIRES	SOCIETES D'ETUDES ET ARCHITECTES INDUSTRIELS	SOCIETES DU CYCLE DE COMBUSTIBLE (Y COMPRIS LE RETRAITEMENT
PHYSICIENS	16 %	21 %	17 %
CHIMISTES ET METALLURGISTES	14 %	8 %	20 %
MECANICIENS	42 %	25 %	34 %
ELECTRICIENS ELECTRONICIENS	17 %	5 %	17 %
GENIE CIVIL	4 %	21 %	2 %
ASSURANCE QUALITE	6 %	14 %	1 %
ADMINISTRATION	1 %	0 %	0 %
ENVIRONNEMENT	0 %	6 %	9 %

T A B L E A U I I I

REPARTITION DES SPECIALITES DANS LA DISTRIBUTION DE L'ELECTRICITE

d'après W.E. Wilson (Réf. III)

S P E C I A L I T E S	D I S T R I B U T E U R S D ' E L E C T R I C I T E
PHYSICIENS	8 %
CHIMISTES ET METALLURGISTES	3 %
MECANICIENS	29 %
ELECTRICIENS ELECTRONICIENS	30 %
GENIE CIVIL	15 %
ASSURANCE QUALITE	1,5 %
ADMINISTRATION	0,5 %
ENVIRONNEMENT	3 %

T A B L E A U I V

I N G E N I E U R S E T C A D R E S

PREVISIONS POUR LA FRANCE EN

I 9 8 0

INGENIERIE	2 000
FABRICATIONS	2 000
CYCLE DU COMBUSTIBLE	500
ETUDE ET CONSTRUCTION EdF...	1 500
EXPLOITATION EdF	240
	<hr/>
TOTAL Ingénieurs et Cadres..	6 240
	<hr/> <hr/>

D'après A. ERTAUD et M. THIBIERGE (Références II et V)

T A B L E A U V

COURS TYPE " 3ème cycle

ORGANISES CONJOINTEMENT PAR L'I.N.S.T.N. ET DES UNIVERSITES

°°

NATURE DE L'ENSEIGNEMENT	DIPLOMES DELIVRES	UNIVERSITES DELIVRANT LE DIPLOME	PROFESSEUR RESPONSABLE	PROGRAMME
A/ <u>3ème Cycle Physique des Réacteurs</u>	Diplôme d'études approfondies-Doctorat de 3ème cycle et Docteur Ingénieur.	conjointement avec l'I.N.S.T.N. : PARIS VI-VII et XI	M. HOROWITZ M. BUSSAC	<ul style="list-style-type: none"> - Neutronique - Physique nucléaire - Méthodes expérimentales de la physique des réacteurs, - Protection des Réacteurs - Thermique appliquée aux réacteurs - Travaux pratiques et stages
B/ <u>3ème Cycle Métallurgie Spéciale</u>	Diplôme d'études approfondies-Doctorat de 3ème cycle et Docteur Ingénieur.	conjointement avec l'I.N.S.T.N. : PARIS XI et Ecole des Mines de Paris.	M. LAOUMBE M. FOMEY M. QUERE	<p>Tronc commun général :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Métallurgie générale - Comportement mécanique - Radiocristallographie - Processus de diffusion - Bases d'élasticité - Eléments de structure - Calcul des probabilités <p>Options :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Métallurgie structurale - Métallurgie physique - Propriétés des matériaux <p>Travaux de laboratoire et stages</p>

NATURE DE L'ENSEIGNEMENT	DIPLOMES DELIVRES	UNIVERSITES DELIVRANT LE DIPLOME	PROFESSEUR RESPONSABLE	PROGRAMME
C/ <u>Mécanique des Structures</u>	Docteur Ingénieur	Diplôme délivré par l'I.N.S.T.N.	M. RASTOIN	<ul style="list-style-type: none"> - Mécanique des milieux continus - Principes d'analyses de structures mécaniques. - vibrations - efforts aérodynamiques et thermiques. - techniques de calcul - notions de technologie des réacteurs
D/ <u>Economie de la Recherche et développement</u>	Diplôme d'études approfondies. Docteurat de 3ème Cycle-Docteur Ingénieur.	Conjointement avec l'I.N.S.T.N. : PARIS I et VI	M. FOURGEAUD M. SAINT-PAUL M. VILLE	<ul style="list-style-type: none"> - Economie théorique et finances - Gestion de la recherche développement et évaluation technologique. - Aide à la décision : théories et application - Analyse des systèmes et applications
E/ <u>Physique de l'Energie</u>	DEA et Doctorat du 3ème cycle - Docteur Ingénieur.	Conjointement avec l'I.N.S.T.N. : PARIS VII	M. BARUCH M. CHARPIN	<ul style="list-style-type: none"> - Thermodynamique et thermique - Notions sur les problèmes économiques de l'énergie. • Options : Géothermie Energie solaire
F/ <u>Chimie Analytique</u>	DEA de 3ème cycle et Docteur Ingénieur	Conjointement avec l'I.N.S.T.N. : PARIS VI et Ecole Supérieure de Physique et Chimie de Paris	M. TREMILLON M. ROSSET M. POITRENAUD	<p><u>Trois commun :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Chimie des solutions • Instrumentation • Programmation • Traitement statistique des mesures <p><u>Options:</u> Electrochimie analytique. Spectrométrie analytique inorganique ou organique.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Radiochimie analytique inorganique ou organique. - Chromatographie

NATURE DE L'ENSEIGNEMENT	DIPLOMES DELIVRES	UNIVERSITES DELIVRANT LE DIPLOME	PROFESSEUR RESPONSABLE	PROGRAMME
G/ <u>Traitement de l'Information</u>	DEA d'électronique Doctorat de 3ème cycle et Ingénieur Docteur.	PARIS XI - PARIS VII PARIS XIII	M. DEERRAINE	<ul style="list-style-type: none"> - Structure des ordinateurs - Programmation des machines et assembleurs. - Programmation évolutive - Compilateurs et systèmes d'exécution

T A B L E A U V I

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES ET TECHNIQUES NUCLEAIRES

FORMATION D'INGENIEURS

A/ Enseignement dont l'I.N.S.T.N. est entièrement responsable

Titre du Cours	Recrutement	Durée des Etudes	Part de l'Electronucléaire dans l'Enseignement	Enseignement à l'I.N.S.T.N.
Génie Atomique	sur titres (Ingénieurs déjà confirmés ou DEA)	1 an	totalité	Conférences Travaux pratiques Stages

B/ Enseignements auxquels l'I.N.S.T.N. participe (1976)

Ecoles	Recrutement	Durée des Etudes	Part de l'Enseignement de l'Electronucléaire dans l'Enseignement	Aide de l'I.N.S.T.N.
Ecole Polytechnique	par concours	2 ans	2 mois	Conférences et Travaux pratiques
Ecole Supérieure d'Electricité.	par concours ou sur titres	3 ans	3 mois	-- d° --
Ecole Centrale des Arts et Manufactures.	par concours ou sur titres	3 ans	3 mois	-- d° --
Conservatoire National des Arts et Métiers.	niveau Baccalauréat	4 ans	2 certificats	Travaux pratiques

T A B L E A U V I I

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES ET TECHNIQUES NUCLEAIRES

FORMATIONS DE TECHNICIENS DANS LE DOMAINE DE L'ELECTRONUCLEAIRE

NOM DU COURS	PUBLIC	DUREE DU COURS	DIPLOME
Commande et contrôle des réacteurs	Conducteurs de pile	6 semaines + stage	oui
Ecole eau légère EdF stage I.N.S.T.N.	Agents d'exploitation EdF	1 semaine	non
Techniciens Supérieurs pour le contrôle des rayonnements ionisants et l'application des techniques de protection	Pas de limitation	7 mois	oui diplôme national
Technicien en Radio-protection	- d° -	4 mois 1/2	oui
Décontamineurs	- d° -	2 mois	oui

T A B L E A U V I I I

SESSIONS D'ETUDES ORGANISEES PAR L'I.N.S.T.N. POUR
LE DEVELOPPEMENT DE L'ELECTRONUCLEAIRE

° ° °

S E S S I O N ' S D ' E T U D E S	DUREE	NOMBRE MAXIMUM DE PARTICIPANTS	INTERESSES	PROGRAMME
A/ Présentations d'ensemble : Initiation aux Centrales Nucléaires	4 semaines de 4 jours	30	Ingénieurs non avertis des problèmes nucléaires.	Conférences - Travaux prati- ques - Voyage d'étude.
Technologie des Réacteurs Nucléaires	2 semaines	40 +10 auditeurs libres	Ingénieurs peu familiarisés avec le " nucléaire " .	Conférences - Voyage d'étude
B/ <u>Thèmes généraux</u> : Centrales Nucléaires à Eau Légère	1 semaine 1/2	40 +10 auditeurs libres	Ingénieurs au courant des problèmes généraux du nucléaire.	Conférences - Voyage d'étude
Réacteurs à Neutrons Rapides	1 semaine	40	Ingénieurs au courant des problèmes généraux du nucléaire.	Conférences - Voyage d'étude
Cycle du Combustible Nucléaire	1 semaine	40	Ingénieurs	Conférences - Voyage d'étude
C/ <u>Sujets spécialisés</u> : 1/ <u>Conduite et Contrôle et sûreté</u> <u>Sûreté des Réacteurs</u>	4 semaines de 4 jours	40	Ingénieurs au courant des problèmes généraux du nucléaire.	Conférences - Voyage d'étude

SESSIONS D'ETUDES	DUREE	NOMBRE MAXIMUM DE PARTICIPANTS	INTERESSES	PROGRAMME
Contrôle Commande des Centrales Nucléaires	1 semaine 1/2	40 + 10 auditeurs libres	Ingénieurs au courant des problèmes généraux du nucléaire.	Conférences - Voyage d'étude
Instrumentation Nucléaire	1 semaine	30	Ingénieurs	Conférences
Détection des Rayonnements	2 semaines	25	Utilisateurs de radioéléments et Ingénieurs	Conférences et travaux pratiques.
2/ <u>Cycle du Combustible</u>	1 semaine	40	Ingénieurs	Conférences - Voyage d'étude
Retraitement du Combustible	1 semaine	40	Ingénieurs	Conférences - Voyage d'étude
Enrichissement de l'Uranium	1 semaine	40	Ingénieurs	Conférences et visite de l'installation de Toulon.
3/ <u>Applications</u>	1 semaine	30	Ingénieurs et scientifiques	Conférences et visite de l'installation de Toulon.
Dessalement de l'Eau de Mer	1 semaine	30	Ingénieurs et scientifiques	Conférences et visite de l'installation de Toulon.
4/ <u>Matériaux</u>	1 semaine	40 + 10 auditeurs libres	Ingénieurs	Conférences - Voyage d'étude
Enceintes sous forte pression	1 semaine	40 + 10 auditeurs libres	Ingénieurs	Conférences - Voyage d'étude
Effets des radiations sur les matériaux des réacteurs nucléaires.	1 semaine	20	Ingénieurs travaillant dans l'électronucléaire et désirant connaître le comportement des matériaux sous rayonnement.	Conférences et visites au CEN-CADARACHE.

S E S S I O N S D'E T U D E S	DUREE	NOMBRE MAXIMUM DE PARTICIPANTS	INTERESSES	PROGRAMME
<p>5/ <u>Méthodes de calcul</u> a) techniques : Méthode de calcul dans les réacteurs nucléaires.</p> <p>b) économiques : Evaluation et prévision technologique appliquées à l'entreprise et au laboratoire.</p>	<p>2 semaines</p> <p>1 semaine</p>	<p>20</p> <p>30</p>	<p>Ingénieurs ayant de bonnes connaissances en neutronique et en thermodynamique et désirant être formés aux méthodes de calcul du C.E.A.</p> <p>Ingénieurs et cadres concernés par les problèmes d'aide à la décision.</p>	<p>Conférences et travaux pratiques sur calculateurs</p> <p>Conférences et tables rondes.</p>
<p>6/ <u>Radio-protection et environnement</u> Les Techniques de Radio-protection dans l'Industrie.</p> <p>Impact sur l'environnement des installations nucléaires : la Radio-écologie.</p> <p>Pratique de la Radio-protection dans les laboratoires de faible et moyenne activités.</p>	<p>3 jours</p> <p>2 semaines</p> <p>1 semaine</p>	<p>20</p> <p>20</p> <p>24</p>	<p>Responsables ayant besoin d'informations sur les risques des rayonnements, les règles d'utilisation, les méthodes et le matériel de détection et de contrôle.</p> <p>Ingénieurs et techniciens étrangers (Européens, Sud-américains et Pays en voie de développement) désireux d'être formés en radioécologie.</p> <p>Chercheurs, ingénieurs, techniciens.</p>	<p>Conférences</p> <p>Conférences et travaux de laboratoires.</p> <p>Conférences, travaux pratiques, visites.</p>

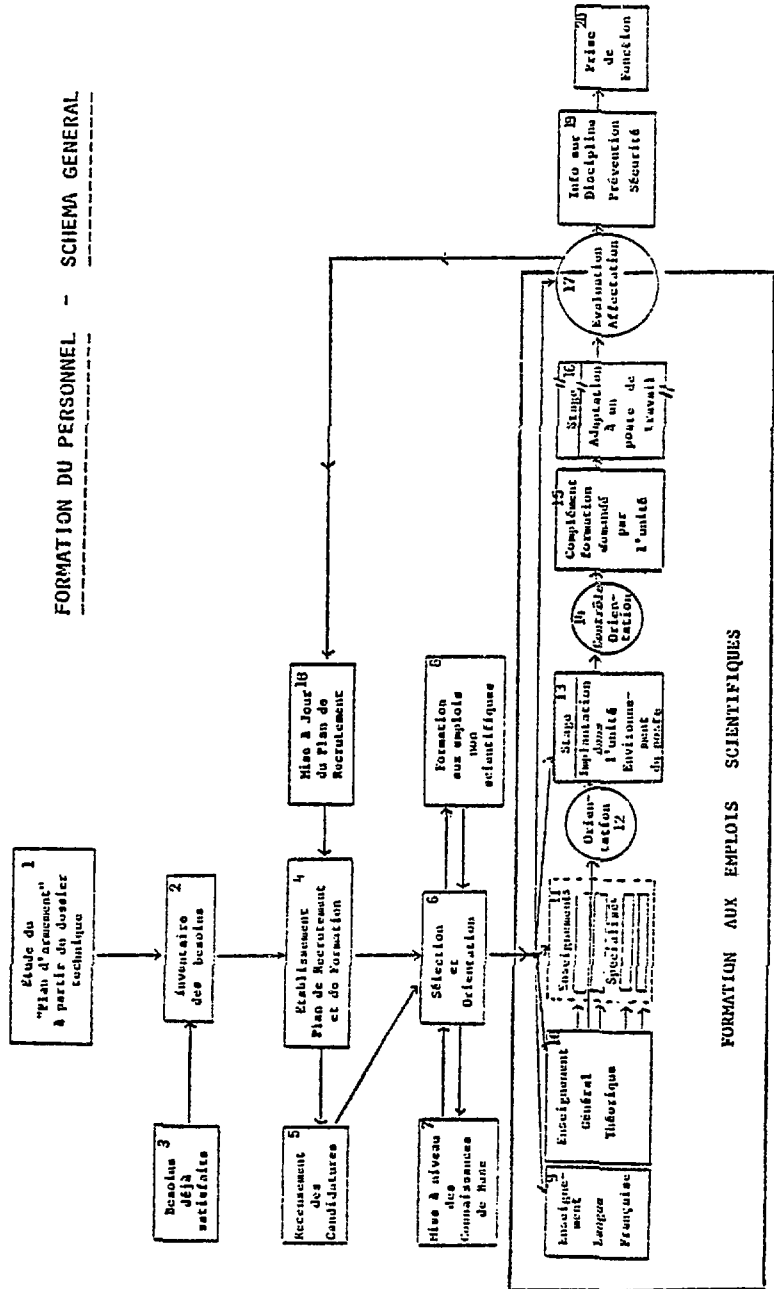
SESSIONS D'ETUDES	DUREE	NOMBRE MAXIMUM DE PARTICIPANTS	INTERESSES	PROGRAMME
Evaluation des impacts écologiques et socio-économiques des techniques ; la définition des techniques appropriées.	1 semaine	30	Ingénieurs et cadres concernés par la prévision à long terme.	Conférences et tables rondes
7/ <u>Techniques annexes</u> Analyse par activation	2 semaines	24	Chercheurs, ingénieurs et techniciens supérieurs.	Conférences, travaux pratiques, visites.
Stage pratique de Spectrométrie de masse analytique (se déroule au CEN-CRENOBLE).	1 semaine	15	Ingénieurs et techniciens	Conférences, travaux pratiques et visites.
Scintillation liquide	1 semaine	20	Chercheurs	Conférences et travaux pratiques.
Radioéléments et Biologie	6 semaines	35	Chercheurs	Conférences et travaux pratiques.
Traceurs en Hydrologie, Génie Civil et Sédimentologie.	3 jours	20	Ingénieurs et chercheurs	Conférences
Traceurs en agronomie	2 semaines	15	Chercheurs et ingénieurs intéressés par la physiologie végétale, l'hydrologie, la chimie du sol, l'entomologie.	Conférences et travaux en laboratoire.

S E S S I O N S D'E T U D E S	DUREE	NOMBRE MAXIMUM DE PARTICIPANTS	INTERESSES	PROGRAMME
<u>D/ vulgarisation et Information</u> 1/ <u>Stage destiné aux professeurs du second degré</u>	2 semaines	35	Professeurs de lycée non avertis des problèmes nucléaires.	Conférences, travaux pratiques
2/ <u>Stage destiné aux professeurs de l'enseignement agricole</u>	1 semaine	25	Professeurs de l'enseignement agricole	Conférences, travaux pratiques visites.

T A B L E A U I X

PLAN DE FORMATION PROPOSEE PAR TECHNICAUME

FORMATION DU PERSONNEL - SCHEMA GENERAL



T A B L E A U X

SCHEMA SIMPLIFIE DE LA FORMATION DES AGENTS DU
DE LA PRODUCTION THERMIQUE

