

D. P. C. T.

Chimie - Electronique - Electrotechnique  
Energetique - Informatique Appliquee  
Mechanique - Metallurgie - Physique  
Production et Transformation des Plastiques

D. U. T.

Chimie - Genie Electrique  
Genie Mecanique - Genie Thermique  
Informatique - Mesures Physiques

INTRODUCTION AUX SCIENCES NUCLEAIRES A0

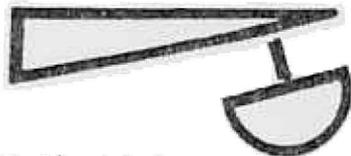
RAYONNEMENTS, ISOTOPES ET APPLICATIONS B0

T.P.  
R. I. A.  
B0

Radioprotection B0

Technologie des Réacteurs Nucleaires B1

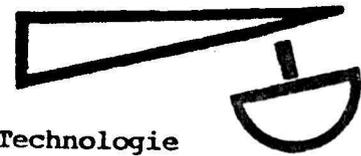
Une Valeur à choisir parmi



Radiochimie et  
Chimie Isotopique B0



Matériaux et  
Combustibles  
Nucleaires B0



Technologie  
des Réacteurs  
Nucleaires B2

VALEUR CONNEXE B

VALEUR SOCIO-ECONOMIQUE

Diplôme d'Etudes Supérieures Techniques (D. E. S. T.)  
SCIENCES ET TECHNOLOGIES NUCLEAIRES

Une Valeur Complémentaire  
(sauf dispense)

ORAL PROBATOIRE

Deux Formations à choisir parmi :  
CHIMIE APPLIQUEE A LA SCIENCE ET A L'INDUSTRIE NUCLEAIRES C0  
RAYONNEMENTS, ISOTOPES ET APPLICATIONS C0  
TECHNOLOGIE DES REACTEURS NUCLEAIRES C0

Préparation et Soutenance d'un Mémoire

Diplôme d'Ingénieur CNAM

# INTRODUCTION AUX SCIENCES NUCLÉAIRES APPLIQUÉES

## Cours A (1/2 valeur)

**Service d'enseignement :**

*Chaire : Rayonnements, isotopes et applications.*

**Responsable du service d'enseignement**

M. J. FOOS, Professeur

**Département :**

*Sciences nucléaires appliquées.*

**Unité enseignée par :**

MM. E. BONFAND et P. EPIHERRI

*Ce cours a pour objet de donner aux auditeurs les connaissances de base indispensables pour suivre les enseignements de sciences nucléaires appliquées de niveau B.*

### Notions de base :

Unités, constantes, grandeurs et notations couramment utilisées dans les disciplines nucléaires. Généralités (dualité onde/corpuscule, échelle des ordres de grandeur des différents types d'énergie, relativité restreinte, équivalence masse-énergie, variation de la masse d'un système matériel animé de vitesses relativistes, répulsion coulombienne entre particules chargées, notion de barrière de potentiel).

### Modèle de l'atome de BOHR :

Evolution du concept d'atome et de noyau atomique. Spectres atomiques. Niveaux d'énergie des couches électroniques. Nombres quantiques caractérisant les états énergétiques des électrons.

### Les noyaux :

Structure. Variétés. Rayon et densité de matière. Stabilité et instabilité. Défaut de masse énergie de liaison. Forces nucléaires. Modèles nucléaires.

### Les transitions nucléaires et leur cinétique :

Désexcitation (transition gamma et conversion interne). Désintégration (transition alpha et bêta, transition neutronique et protonique, fission). Loi statistique de décroissance radioactive. Activité. Période et vie moyenne d'un radioisotope. Embranchements. Equilibres. Filiations. Notion de famille radioactive.

### Les réactions nucléaires :

Types de réactions. Lois de conservation (charge, nucléons, quantité de mouvement, masse énergie). Énergétique des réactions. Probabilité de réactions (sections efficaces, libre parcours moyen, débit de fluence et taux de réaction).

### Les interactions des rayonnements et de la matière :

Sources types de rayonnements. Modifications des rayonnements par la matière. Transformations de la matière par les rayonnements.

# RAYONNEMENTS, ISOTOPES ET APPLICATIONS

## Cours B (1 valeur)

**Service d'enseignement :**

*Chaire : Rayonnements, isotopes et applications.*

**Responsable du service d'enseignement :**

M. J. FOOS, Professeur  
titulaire du C.N.A.M.

**Département :**

*Sciences nucléaires appliquées.*

**Unité enseignée par :**

M. J. FOOS.

*Pour suivre cet enseignement, il est demandé d'avoir le niveau du cours Introduction aux sciences nucléaires appliquées A.*

### Noyau atomique :

Structure de l'atome. Constitution du noyau atomique. Énergie de liaison des nucléons. Rayon du noyau. Structure et caractéristiques électromagnétiques des nucléons. Forces nucléaires. Particules fondamentales. Systématique des noyaux. Modèles nucléaires.

### Types de transformations radioactives :

Loi de décroissance radioactive. Période et vie moyenne d'un radioisotope. Unités de radioactivité. Émission gamma et conversion interne. Radioactivité bêta et capture électronique. Radioactivité alpha. Radioactivité par neutrons et protons différés. Fission spontanée et fission provoquée. Embranchements.

### Radioéléments naturels et radioéléments de synthèse :

Radioéléments naturels et familles radioactives. Radioéléments artificiels. Nucléosynthèse.

### Lois de filiations radioactives :

Evolution d'un radioélément. Décroissance d'un radioélément formé par désintégration d'une substance-mère. Cas général et filiation de n corps. Cas d'un embranchement. Croissance de l'activité d'un radioélément produit par bombardement nucléaire d'une cible. Détermination de périodes.

### Interactions des rayonnements et de la matière :

Classification des rayonnements (électromagnétiques et particulaires, directement et indirectement ionisants). Effets du milieu sur le rayonnement. Effets physiques et chimiques du rayonnement sur le milieu. Notions de dosimétrie.

### Détection et mesure des rayonnements :

Principes de détection (ionisation et excitation). Divers types de détecteurs. Traitement des informations accessibles par détection des rayonnements. Dénombrement, mesure de l'activité et analyse de l'énergie des rayonnements.

### Sources de rayonnements. Production des isotopes :

Différentes sources de rayonnements. Principes et méthodes de la production, de la détection et de la mesure des isotopes stables. Production des radioisotopes.

### Applications des rayonnements et des isotopes :

Méthodologie de l'utilisation des rayonnements et des isotopes. Applications en analyse et en chimie. Applications dans les sciences de la terre (géologie, géophysique et hydrologie) et de l'environnement. Applications industrielles, biologiques et médicales.

**Dispositions réglementaires relatives à la détention et à l'utilisation des radioéléments artificiels.**

# RAYONNEMENTS, ISOTOPES ET APPLICATIONS

## Travaux pratiques B (1 valeur)

**Service d'enseignement :**

*Chaire : Rayonnements, isotopes et applications.*

**Responsable du service d'enseignement**

M. J. FOOS, *Professeur  
titulaire du C.N.A.M.*

**Département :**

*Sciences nucléaires appliquées.*

**Unité enseignée par :**

M. J.-C. BODINEAU.

*Admission après agrément de l'enseignant et en fonction du nombre de places disponibles. Il est recommandé de posséder la valeur de cours correspondante.*

*Toutes les séances de manipulations ont lieu au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay.*

### PRINCIPAUX THÈMES DE MANIPULATIONS

Etude des phénomènes statistiques liés à la détection.

Etude des paramètres de mesure : compteur Geiger-Muller.

Mesures de périodes : décroissance radioactive.

Etude des différents types de filiations radioactives.

Spectrométrie des rayonnements alpha.

Spectrométrie des rayonnements bêta : scintillation liquide.

Spectrométrie des rayonnements bêta : scintillateurs plastiques.

Spectrométrie des rayons X.

Interaction des rayons gamma et de la matière (loi d'absorption).

Spectrométrie des rayons gamma de haute énergie.

Spectrométrie des rayons gamma de basse énergie.

Technique de coïncidences : temps de résolution, courbe de corrélation angulaire, mesure de l'activité absolue d'une source.

Interaction des neutrons et de la matière : applications à la détection.

Générateur isotopique et radioprotection.

A l'aide de l'accélérateur de VAN DE GRAAFF, étude de réactions nucléaires (détermination d'une section efficace différentielle, mise en évidence de la résonance d'une capture radiative...).

# RADIOPROTECTION

## Cours B (1/2 valeur)

**Service d'enseignement :**

*Chaire : Rayonnements, isotopes et applications.*

**Responsable du service d'enseignement**

M. J. FOOS, *Professeur  
titulaire du C.N.A.M.*

**Département :**

*Sciences nucléaires appliquées.*

**Unité enseignée par :**

MM. L. FITOUSSI et P. BEAU.

*Pour suivre cet enseignement, il est demandé d'avoir le niveau du cours d'Introduction aux sciences nucléaires appliquées A. Il est conseillé, en outre, d'avoir suivi le cours Rayonnements, isotopes et applications B.*

Notions de biologie (anatomie, physiologie et génétique) appliquées à la protection. Homme de référence de la Commission Internationale de Protection Radiologique (C.I.P.R.).

Bases biophysiques. Transfert d'énergie à la matière vivante aux niveaux atomique et moléculaire.

Grandeurs et unités dosimétriques. Problèmes posés par la dosimétrie des rayonnements ionisants. Principes de radiométrie.

Effets biologiques et sanitaires (somatiques et génétiques) des rayonnements ionisants.

Relations dose-effet. Notions de risque et de détriment. Normes.

Irradiation interne. Incorporation et métabolisme des radionucléides et de leurs composés. Limites dérivées et niveaux de références.

Recommandations internationales et législation française sur les valeurs limites d'exposition.

Principes généraux de la protection contre l'irradiation externe et la contamination interne.

Techniques générales de détection des rayonnements pour la mesure de l'irradiation externe et de la contamination interne.

Problèmes posés par la mesure des expositions. Détermination des équivalents de dose absorbés en cas d'irradiation externe et de contamination interne.

Surveillance du milieu : radioactivité naturelle, domestique et industrielle. Problèmes relatifs aux rejets des effluents et au stockage des déchets radioactifs.

Intervention médicale, sanitaire et technique en cas d'accident radiologique.

# RADIOCHIMIE ET CHIMIE ISOTOPIQUE

## Cours B (1/2 valeur)

**Service d'enseignement :**

*Chaire : Chimie appliquée à la science et à l'industrie nucléaires.*

**Département :**

*Sciences nucléaires appliquées.*

**Responsable du service d'enseignement**

M. E. ROTH, *Professeur titulaire du C.N.A.M.*

**Unité enseignée par :**

M. E. ROTH.

*Pour suivre cet enseignement, il est demandé d'avoir le niveau du cours Introduction aux sciences nucléaires appliquées A.*

### CHIMIE SOUS RADIATION

**Phénomènes de base :**

Transformations physico-chimiques de la matière sous l'effet des rayonnements.

Cas des atomes isolés.

Cas des molécules isolées.

Cas des phases condensées liquides et solides.

Cas des gaz.

**Méthodes expérimentales :**

Méthodes d'irradiation.

Méthodes d'observation.

**Conséquences et applications :**

Radiolyse de l'eau et des solutions aqueuses.

Polymérisations.

Greffages.

### RADIOCHIMIE

**Etude chimique du comportement des éléments radioactifs à l'état de traces**

Méthodes de séparation spécifiques.

Méthodes d'analyse et de caractérisation.

Recherche d'éléments nouveaux.

**Etude chimique des atomes chauds :**

Energie de recul.

Effet SZILARD-CHALMERS.

Réactivité des atomes chauds.

Applications : obtention d'activités spécifiques élevées.

Effet MOSSBAUER : étude de principe et applications analytiques.

### CHIMIE ISOTOPIQUE

**Etude des effets isotopiques :**

Observation et définition des effets isotopiques.

Origine et nature des effets isotopiques.

Méthodes expérimentales d'étude.

**Echanges et équilibres isotopiques.**

Effets utilisables pour la séparation des isotopes.

Interprétation et applications des effets isotopiques naturels.

# RADIOCHIMIE ET CHIMIE ISOTOPIQUE

## Travaux pratiques B (1/2 valeur)

**Service d'enseignement :**

*Chaire : Chimie appliquée à la science et à l'industrie nucléaires.*

**Département :**

*Sciences nucléaires appliquées.*

**Responsable du service d'enseignement**

M. E. ROTH, *Professeur titulaire du C.N.A.M.*

**Unité enseignée par :**

M. P. EPHERRE.

*Admission après agrément de l'enseignant et en fonction du nombre de places disponibles. Il est recommandé de posséder la demi-valeur de cours correspondante ainsi que la valeur de travaux pratiques Rayonnements, isotopes et applications B. Toutes les séances de manipulations ont lieu au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay.*

### PRINCIPAUX THÈMES DE MANIPULATIONS

Analyse par activation neutronique d'un sublimé volcanique.

Etude des produits de solubilité. Application à l'iodure de plomb.

Analyse par dilution isotopique. Dosage de l'iode et du technétium.

Séparation d'indicateurs radioactifs par coprécipitation.

Méthodes de dosimétrie chimique. Dosimétrie d'un rayonnement gamma par le sulfate ferreux. Etude du dosimètre de FRICKE.

Etude cinétique d'une réaction d'échange isotopique. Application à la réaction entre l'iodure d'éthyle et l'iodure de sodium.

Etude de la formation d'un chélate au moyen d'un traceur radioactif. Etude du partage d'un élément entre deux phases liquides non miscibles. Extraction du Cobalt II par l'oxine.

# MATÉRIAUX ET COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES

## Cours B (1/2 valeur)

**Service d'enseignement :**

*Chaire : Chimie appliquée à la science  
et à l'industrie nucléaires.*

**Département :**

*Sciences nucléaires appliquées.*

**Responsable du service d'enseignement**

M. E. ROTH, *Professeur  
titulaire du C.N.A.M.*

**Unité enseignée par :**

M. E. ROTH.

*Pour suivre cet enseignement, il est demandé d'avoir le niveau du cours Introduction aux sciences nucléaires appliquées A.*

**Généralités sur les cycles des combustibles nucléaires.**

**Préparation des matériaux nucléaires :**

Combustibles (uranium et composés, autres noyaux fissiles).

Caloporteurs.

Modérateurs.

Matériaux de structure et de gainage.

Production des isotopes séparés (uranium 235 - eau lourde).

**Comportement des matériaux dans les réacteurs nucléaires :**

Modifications physiques et chimiques de la matière sous rayonnement : cas des gaz, des solides et des liquides.

Phénomènes chimiques associés à la fission nucléaire.

Applications : comportement des combustibles, des caloporteurs, des modérateurs et des matériaux de structure et de gainage.

Problèmes chimiques posés par la mise en œuvre de la fusion nucléaire contrôlée.

**Traitement des matériaux à la sortie des réacteurs nucléaires :**

Retraitement des combustibles irradiés des différentes filières.

Production du plutonium.

Production des autres transuraniens.

**Traitement des effluents et des déchets radioactifs.**

Conditionnement et stockage des produits de fission.

Composants et matériaux spécifiques des réacteurs nucléaires de fusion contrôlée.

# MATÉRIAUX ET COMBUSTIBLES NUCLÉAIRES

## Travaux pratiques B (1/2 valeur)

**Service d'enseignement :**

*Chaire : Chimie appliquée à la science  
et à l'industrie nucléaires.*

**Département :**

*Sciences nucléaires appliquées.*

**Responsable du service d'enseignement**

M. E. ROTH, *Professeur  
titulaire du C.N.A.M.*

**Unité enseignée par :**

M. P. EPHERRE.

*Admission après agrément par l'enseignant et en fonction du nombre de places disponibles. Il est recommandé de posséder la demi-valeur de cours correspondante ainsi que la valeur de travaux pratiques Rayonnements, isotopes et applications B. Toutes les séances de manipulations ont lieu au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay.*

### PRINCIPAUX THÈMES DE MANIPULATIONS

Analyse des produits de fission de l'uranium.

Méthodes de dosage de l'uranium.

Etude des réactions de radiolyse de l'eau et des solutions aqueuses.

Séparation et dosage du plutonium par spectrométrie alpha.

Extraction de l'uranium par solvants. Application à l'extraction de l'uranium VI par le mélange tributyle phosphate-dodécane en milieu nitrique.

# TECHNOLOGIE DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

## Travaux pratiques B2 (1/2 valeur)

**Service d'enseignement :**  
*Technologie des réacteurs nucléaires.*

**Responsable du service d'enseignement :**  
MM. J. BUSSAC et B. SAITCEVSKY.  
*Professeurs associés.*

**Département :**  
*Sciences nucléaires appliquées.*

**Unité enseignée par :**  
M. E. BONFAND.

*Admission après agrément par l'enseignant et en fonction du nombre de places disponibles. Il est recommandé de posséder la demi-valeur de cours correspondante ainsi que la valeur de travaux pratiques Rayonnements, isotopes et applications B.*

*Toutes les séances de manipulations ont lieu au Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay.*

### PRINCIPAUX THÈMES DE MANIPULATIONS

Etude des neutrons : détection, ralentissement, sections efficaces.

A l'aide du simulateur analogique Nadac :

Etude des équations cinétiques à un groupe d'un réacteur nucléaire.

Etude de l'empoisonnement d'un réacteur à neutrons thermiques par les produits de fission (effet xénon et samarium).

Etude de l'autorégulation d'une centrale nucléaire par le coefficient de température.

A l'aide du réacteur expérimental Ulysse :

Etude des organes de contrôle-commande d'un réacteur nucléaire.

Approche sous-critique. Effets en réactivité autour de la cote critique.

Etalonnage d'une barre de contrôle : méthodes de divergence et de convergence.

Mesures de flux dans un réacteur nucléaire. Détermination de la longueur de diffusion des neutrons dans le graphite.

Etude d'un milieu sous-critique uranium naturel-eau légère (réseau Uranie). Détermination du laplacien matière.

A l'aide du simulateur REPSI :

Etude générale des aspects fondamentaux du fonctionnement d'un réacteur nucléaire à eau pressurisée : démarrage, pilotage, suivi de charge, arrêt.

Etude approfondie du fonctionnement des principaux composants, des circuits essentiels et des différents modes d'exploitation d'une centrale nucléaire à eau sous pression.

# MATHÉMATIQUES GÉNÉRALES

## Cours B1 (1 valeur)

**Service d'enseignement :**  
*Chaire : Mathématiques en vue des applications  
aux Arts et Métiers.*

**Responsable du service d'enseignement**  
M. J. VÉLU, *Professeur  
titulaire du C.N.A.M.*

**Département :**  
*Mathématiques - Informatique.*

**Unité enseignée par :**  
M. J. VÉLU.

*Pour être admis à ce cours, il faut être titulaire ou dispensé de la valeur de Mathématiques générales A1 (voir chapitre « conditions d'inscription » dans le Guide de l'élève).*

**Algèbre linéaire :**

- Espaces vectoriels.
- Dimension.
- Applications linéaires.
- Matrices.
- Formes multilinéaires.
- Déterminants.
- Systèmes linéaires.
- Valeurs propres.
- Réduction des endomorphismes.
- Espaces euclidiens.

**Représentation des fonctions :**

- Espaces vectoriels normés. Fonctions définies comme limites.
- Fonctions définies comme intégrales simples dépendant d'un paramètre
- Séries numériques.
- Séries entières.
- Séries de Fourier.
- Transformation de Fourier.
- Transformation de Laplace.
- Application des transformées de Laplace.

**Analyse vectorielle :**

- Transformations ponctuelles et changements de variables.
- Intégrales de courbes et de surfaces.
- Circulation et flux.
- Formules stokiennes.
- Champs de gradients.
- Champs à divergence nulle.

**Systèmes différentiels :**

- Systèmes différentiels linéaires à coefficients constants.

# TECHNOLOGIE DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

## Cours B1 (1/2 valeur)

Service d'enseignement :  
*Technologie des réacteurs nucléaires.*

Responsable du service d'enseignement :  
MM. J. BUSSAC et B. SAÏTCEVSKY  
*Professeurs associés.*

Département :  
*Sciences nucléaires appliquées.*

Unité enseignée par :  
MM. J. BUSSAC et B. SAÏTCEVSKY.

*Pour suivre cet enseignement, il est indispensable d'avoir le niveau du cours Introduction aux sciences nucléaires appliquées A.*

### BASES DE PHYSIQUE NUCLÉAIRE ET DE PHYSIQUE NEUTRONIQUE

**Energétique du noyau :** Energie de liaison et défaut de masse. Modèle de la goutte liquide. Nombres magiques. Instabilité nucléaire et radioactivité. Energie de fission et énergie de fusion. Fission nucléaire. Fissions spontanées. Fissions induites par neutrons lents. Fissions provoquées par neutrons rapides. Produits de fission.

**Neutron, réactions nucléaires et sections efficaces :** Aspect ondulatoire du neutron. Différentes interactions neutron-noyau. Diffusion élastique ou inélastique. Capture. Fissions. Réactions à seuil par neutrons rapides. Sections efficaces. Libre parcours moyen. Taux de réaction.

**Neutrons rapides et neutrons thermiques :** Mécanisme de ralentissement et de diffusion des neutrons. Physique neutronique et applications aux échantillons à irradier.

**Principes d'un réacteur nucléaire :** Mécanisme de la réaction en chaîne. Pouvoir de multiplication. Volume et masse critiques. Notion de réactivité. Neutrons retardés. Différents risques de criticité. Criticité prompte.

**Méetrologie neutronique :** Production des neutrons. Mesures neutroniques. Ecrans. Protection contre les neutrons.

**Fluence et combustion nucléaire :** Fluence et déplacement par atomes. Production d'énergie par fission. Echauffement des échantillons par rayonnement. Formation de plutonium et de produits de fission. Importance de la conversion et de la surgénération.

### ÉLÉMENTS DE TECHNOLOGIE DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

**Généralités sur l'énergie nucléaire :** Rôle de l'énergie nucléaire. Définition d'un type de réacteur. Spécificités des différentes filières. Structure générale et principales fonctions d'un réacteur et d'une centrale nucléaires.

**Description d'un réacteur à eau pressurisée :** Schéma de principe. Cœur et combustible. Cuve et circuit primaire.

**Différentes opérations du cycle du combustible nucléaire :** Prospection, extraction, concentration et purification du minerai. Conversion et enrichissement. Fabrication des éléments combustibles. Retraitement des combustibles irradiés. Conditionnement et stockage des déchets radioactifs.

**Description d'un surgénérateur :** Schéma de principe. Cœur et combustible. Bloc ré. circuits.

**Éléments sur les réacteurs de recherche :** Description. Particularités. Utilisation.

**Aspects technologiques de la sûreté :** Principes généraux. Notion de barrières. F. résiduelle à l'arrêt. Rejets et effluents. Sûreté du cycle.

**Aspects économiques de l'énergie nucléaire :** Programmes nucléaires français et mondiaux.

# TECHNOLOGIE DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

## Cours B2 (1/2 valeur)

Service d'enseignement :  
*Technologie des réacteurs nucléaires.*

Responsable du service d'enseignement :  
MM. J. BUSSAC et B. SAÏTCEVSKY,  
*Professeurs associés.*

Département :  
*Sciences nucléaires appliquées.*

Unité enseignée par :  
MM. J. BUSSAC et B. SAÏTCEVSKY.

*Pour suivre cet enseignement, il est indispensable d'avoir le niveau du cours Technologie des réacteurs nucléaires B1.*

### PHÉNOMÈNES DE BASE ET PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

Flux et spectre neutroniques. Sections efficaces résonnantes. Ralentissement des neutrons. Capture résonnante. Diffusion des neutrons.

Principe de calcul neutronique d'un réacteur nucléaire. Bilan neutronique. Distribution macroscopique (axiale et radiale) du flux et de la puissance dans un réacteur avec et sans réflecteur.

Conversion et surgénération. Cycle de l'uranium. Rôle du plutonium. Réacteurs à neutrons rapides.

Éléments de thermique des réacteurs nucléaires. Transfert de chaleur par conduction. Intégrale de conductivité. Transfert de chaleur par convection forcée en simple et double phase.

Echanges thermiques en milieu diphasique. Flux critique. Limitations thermiques. Facteur de canal chaud et de point chaud. Facteurs de sécurité.

Cinétique des réacteurs nucléaires. Rôle des neutrons retardés.

Contrôle des réacteurs nucléaires. Effets de la température sur la réactivité. Empoisonnement par les produits de fission. Effet xénon et samarium. Barres de commande. Poison soluble.

Combustion nucléaire et évolution de la réactivité. Gestion du combustible dans le réacteur. Poison consommable.

### RÉACTEURS NUCLÉAIRES INDUSTRIELS

Centrale nucléaire à eau pressurisée. Composants et circuits principaux et auxiliaires.

Centrale nucléaire Uranium Naturel-Graphite-Gaz.

Autres types de réacteurs (AGR - HTR - BWR - Eau lourde).

Réacteur surgénérateur à neutrons rapides. Problèmes liés à la technologie du sodium.

Aspects métallurgiques. Comportement des matériaux nucléaires sous l'effet des rayonnements et exploitation d'une centrale nucléaire (essai démarrage et arrêt et déchargement du combustible, couplage).

Qualité et spécification.