

**E.N.S.S.I.B**  
ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE  
DES SCIENCES DE L'INFORMATION  
ET DES BIBLIOTHÈQUES

UNIVERSITÉ  
CLAUDE BERNARD  
LYON I

DESS en INFORMATIQUE DOCUMENTAIRE

**RAPPORT DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE**

**CALCUL DE L'ÉVOLUTION DES COMBUSTIBLES  
SOUS IRRADIATION. AUTOPROTECTION**

**Estelle HIRIART**

Sous la Direction de Madame HAMELIN

**INSTITUT DE SCIENCES NUCLEAIRES  
GRENOBLE**

**1993**

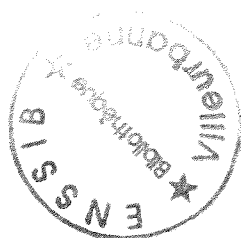
**E.N.S.S.I.B**  
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE  
DES SCIENCES DE L'INFORMATION  
ET DES BIBLIOTHEQUES

**UNIVERSITE  
CLAUDE BERNARD  
LYON I**

DESS en INFORMATIQUE DOCUMENTAIRE

**RAPPORT DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE**

**CALCUL DE L'EVOLUTION DES COMBUSTIBLES  
SOUS IRRADIATION. AUTOPROTECTION**



**Estelle HIRIART**

**Sous la Direction de Madame HAMELIN**

**INSTITUT DE SCIENCES NUCLEAIRES  
GRENOBLE**

**1993**

1993  
FD  
7

24 f.  
30795

# **CALCUL DE L'EVOLUTION DES COMBUSTIBLES SOUS IRRADIATION. AUTOPROTECTION**

Estelle HIRIART

**DESCRIPTEURS** : Section efficace ; Absorption ; Fission ; Combustible ; Uranium ; Plutonium ; Autoabsorption ; Dépression de flux de neutrons; Réacteur ; code de calcul ; Méthode de calcul ; Evolution .

**KEYWORDS** : Cross section ; Absorption ; Fission ; Fuel; Uranium ; Plutonium ; Self-shielding; Depression of neutron fluence ; Reactor ; Calculation code ; Calculating method ; Evolution .

Je remercie vivement Madame HAMELIN, Chercheur à l'Institut de Sciences Nucléaires de Grenoble et Maître de Conférence à l'E.N.S. d'Ingénieurs Electriciens de Grenoble, pour m'avoir confié ce sujet ainsi que pour sa disponibilité.

# SOMMAIRE

	page
INTRODUCTION.....	5
I. METHODOLOGIE.....	6
A. Définition du sujet.....	6
B. Recherche automatisée.....	7
1. Interrogation des CD-ROM.....	7
a) CD-THESES. Edition 1989. Base Sciences.....	7
b) PASCAL (1988 à 1990 , 01-09/1991, 01-09/1992).....	8
c) NTIS ( 1990-1992 )......	8
d) Conclusion.....	9
2. Interrogation en ligne sur les serveurs QUESTEL et DIALOG.....	9
a) EDF-DOC sur QUESTEL.....	10
b) Interrogation croisée (ONE SEARCH ) sur DIALOG.....	11
(1) Présentation des huit bases.....	11
(2) Stratégie 1e partie .....	13
(3) Stratégie 2e partie .....	13
(4) Répartition des résultats par base, avant élimination des doublons :.....	14
(a) pour la 1e partie de la stratégie ( 93 réf. ) .....	14
(b) pour la 2e partie de la stratégie ( 16 réf. ) .....	14
(5) Résultats après élimination des doublons ( dans chaque partie de la stratégie, et entre les deux parties) ( 83 réf. ) :.....	14
(6) Conclusion :.....	15
3. Présentation des résultats par base .....	15
(1) Conclusion sur les choix des bases :.....	16
II. BIBLIOGRAPHIE.....	17
A. CLASSEMENT DES 59 REFERENCES .....	17
B. CONCLUSION.....	17
C. PRESENTATION DE LA BIBLIOGRAPHIE( 59 REFERENCES ).....	18
1. Théorie et codes de calcul .....	18
2. Validation de codes de calcul et applications expérimentales .....	20
3. Bibliothèques de sections efficaces .....	23

## **INTRODUCTION**

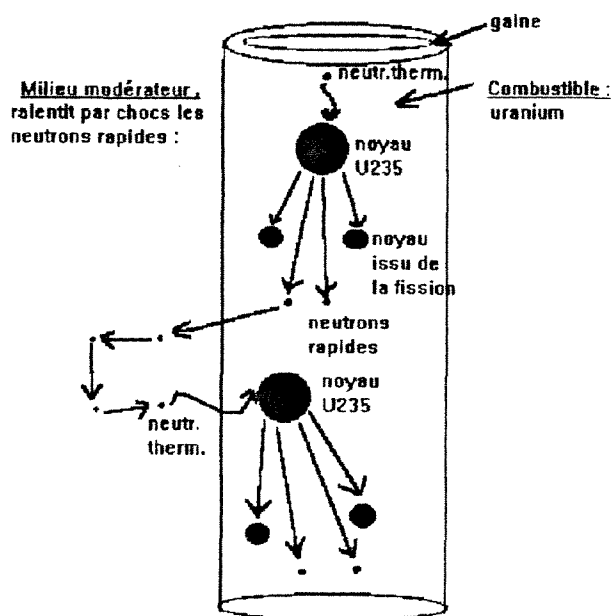
Cette recherche bibliographique demandée par M<sup>me</sup> HAMELIN, Maître de Conférence à l'E.N.S. d'Ingénieurs Electriciens de Grenoble, s'inscrit dans un cadre pédagogique pour la mise en place de Travaux Pratiques en physique des réacteurs. Cette recherche a pour but de rassembler les méthodes de calcul d'évolution du combustible dans un réacteur nucléaire.

# I. METHODOLOGIE

## A. DEFINITION DU SUJET

La matière est composée d'atomes. Chaque atome a un nuage d'électrons qui gravitent autour d'un noyau. Le noyau est composé de nucléons : les neutrons et les protons. Exemple : l'atome d'uranium,  $^{235}\text{U}$  a un noyau composé de 235 nucléons : 143 neutrons et 92 protons.

Dans un réacteur nucléaire, on crée la fission de noyaux fissibles ( ex. :  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  : plutonium ). La fission se produit principalement lorsqu'un noyau  $^{235}\text{U}$  absorbe un neutron "thermique" ( c'est-à-dire lent, qui a une vitesse de 2 km/s ). Il se scinde alors en deux noyaux plus légers ( ils ont deux fois moins de nucléons ) et libère en moyenne 2 à 3 neutrons "rapides" ( ayant une vitesse de 20 000 km/s ). Ces neutrons rapides vont se ralentir par chocs dans le milieu "modérateur" ( eau ) et pourront à leur tour engendrer des fissions d'autres noyaux d'uranium. Ce processus est celui de réactions en chaîne. ( Voir figure ci-dessous).



Toutefois, l'absorption d'un neutron par un noyau fissible ne donne pas nécessairement la fission : c'est la capture.

Le paramètre physique qui permet de décrire le devenir d'un neutron s'appelle la section efficace ( section efficace d'absorption, section efficace de fission, section efficace de capture ). Ce paramètre, pour un neutron, dépend de sa vitesse et du type de noyau cible (  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  etc... ). Sa connaissance est donc indispensable pour décrire l'évolution du combustible dans le réacteur.

La deuxième notion importante abordée dans cette recherche bibliographique est celle de l'autoprotection. Le combustible utilisé se présente sous la forme de barre ayant une longueur d'environ 3 mètres et un diamètre d'un centimètre. On constate que le maximum de réactions nucléaires ( fissions ) a lieu à la surface de la barre. Ce phénomène de combustion "microscopique" est similaire à celui d'un morceau de bois qui se consume : le charbon en surface isole le cœur, de la flamme. Cette notion est un aspect dans l'évolution du combustible; on la désigne aussi sous les termes : autoabsorption et dépression de flux de neutrons.

Dans cette recherche bibliographique, nous ne nous intéressons pas au phénomène physique lui-même, mais aux méthodes de calcul de ce phénomène et de son évolution. Ces méthodes nécessitent des quantités de données importantes à manipuler et font appel à des codes de calcul informatiques.

## B. RECHERCHE AUTOMATISEE

J'ai défini dans la partie précédente, les principaux termes sélectionnés comme mots-clés (mots soulignés).

De plus, pour la traduction anglaise, j'ai trouvé à la Bibliothèque Universitaire de Sciences de Grenoble, le petit manuel suivant :

Lettenmeyer, Iore. *Atom-terminologie : English, Deutsch, Französisch, Italienisch*. München : Isar Verlag, 1958.

Celui-ci m'a donné l'équivalence anglaise des descripteurs choisis, équivalence qui ne correspondait pas toujours à la traduction littérale.

### 1. Interrogation des CD-ROM

#### a) CD-THESES. Edition 1989. Base Sciences.

Il recense toutes les thèses scientifiques soutenues en France (jusqu'en 1988).

Stratégie 1e partie :

Rep.:

Section efficace ET ( absorption OU fission )  
ET ( uranium OU plutonium OU combustible )

2



Stratégie 2e partie :

( Absorption OU autoprotection OU dépression  
de flux de neutrons ) ET ( uranium OU plutonium  
OU combustible ) 1

Deux références pertinentes ont été retenues pour la 1e partie et une référence pour la 2e. C'est faible; il eut été intéressant de pouvoir consulter des thèses plus récentes.

b) PASCAL ( 1988 à 1990, 01-09/1991, 01-09/1992 ).

Base de données multidisciplinaire produite par l'I.N.I.S.T., avec 450 000 références supplémentaires par an.

Stratégie 1e partie : Rep.:

Section efficace ET ( absorption OU fission )  
ET réacteur 5

Cinq références étaient intéressantes dont une déjà trouvée dans CD-THESES.

Stratégie 2e partie :

Autoabsorption ET réacteur 1

La seule référence obtenue s'avérait être une thèse, pertinente, de 1990, donc non recensée sur CD-THESES.

c) NTIS ( 1990-1992 ).

Base de données de Science et Technique produite par "National Technical Information Service" du Ministère du Commerce américain. Elle recense toute la littérature grise ( rapports de recherche, thèses, actes de congrès,... ), dans le domaine science et technologie nucléaires notamment, depuis 1964.

Stratégie 1e partie : Rep.:

1) Cross section AND calculation methods 50  
2) 1 AND reactor 15  
3) 2 NOT fast 13

Ques. 1 : 'Cross section' = 'section efficace'.

Ques. 3 : Les réacteurs à neutrons rapides, de type surgénérateur ne nous intéressent pas dans cette recherche.

Sur les 13 références sélectionnées, 4 se sont révélées pertinentes.

La deuxième partie de la stratégie sur l'autoprotection n'a donné aucune référence.

#### d) Conclusion

Les variations de questions d'une base à une autre m'ont permis d'affiner la stratégie et de trouver une écriture définitive ( importante pour l'interrogation en ligne ). Au départ, ces changements de questions correspondaient à la difficulté de trouver des résultats: par exemple, croiser ( uranium OU plutonium OU combustible ) avec (section efficace d'absorption OU de fission ) était manifestement trop restrictif sur PASCAL et NTIS; c'est pour cela que j'ai privilégié la combinaison (section efficace d'absorption OU de fission ) avec ( réacteur ).

De même croiser ( autoabsorption OU autoprotection OU dépression de flux de neutrons ) avec ( uranium OU plutonium OU combustible ) était trop restrictif; et il a été plus intéressant d'y associer le terme réacteur. En effet, celui-ci englobe en sous-entendu la notion de combustible, uranium ou plutonium.

Ces interrogations de CD-ROM n'ont peut-être pas étaient des plus constructives ( 12 références sur les 3 bases ), mais elles m'ont permis de mettre au point la stratégie, afin d'aborder l'interrogation en ligne d'une manière plus aguerrie...

De plus, PASCAL et NTIS feront partie des bases interrogées en ligne.

## **2. Interrogation en ligne sur les serveurs QUESTEL et DIALOG**

La consultation du Répertoire des Banques de Données Professionnelles ( de l'ANRT/ADBS, édition 1992 ) m'a permis de sélectionner les banques de données ci-dessous. Dans l'index matières, j'ai porté mon choix sur les domaines de l'Electricité, l'Energie Nucléaire et la Physique.

### Electricité :

- EDF-DOC ( QUESTEL )
- ELECTRIC POWER DATABASE ( DIALOG )
- ENERGIRAP ( QUESTEL )

### Energie Nucléaire :

- NUCLEAR SCIENCE ABSTRACTS ( DIALOG )

### Physique :

- CONFERENCE PAPERS INDEX ( DIALOG )
- INSPEC ( DIALOG )
- PASCAL ( " )
- SPIN ( " )
- NTIS ( DIALOG )
- COMPENDEX PLUS ( DIALOG )

Après quelques recherches et renseignements avec J.-M. Proust, nous avons constaté que la base ENERGIRAP sur QUESTEL n'existait plus. Cette base était produite par le C.E.A. ( Commissariat à l'Energie Atomique ), qui, ne la jugeant pas assez rentable, en a arrêté la diffusion - du moins à l'extérieur - depuis quelques années. Elle existait depuis 1942 pour le Nucléaire, depuis 1975 pour les Energies Nouvelles et depuis 1980 pour les Energies Fossiles et recensait surtout des rapports scientifiques et techniques.

Il ne serait pas inutile que l'A.D.B.S. mette son répertoire à jour...

#### a) EDF-DOC sur QUESTEL

Base créée en 1986, par Electricité de France, contenant 416 000 références ( depuis 1972 ) de tout type de document; mise à jour mensuelle.

##### Stratégie 1e partie :

##### Rep.:

1) Section efficace d'activation OU section efficace de capture	502
2) Calcul? 2AV évolution?	470
3) 1 ET 2	2

Les 2 références étaient pertinentes. Cependant, devant la faiblesse des résultats, j'ai décidé d'élargir la recherche en éliminant la notion d'évolution :

4) 1 ET calcul?	34
-----------------	----

Sur les 34 références, 15 étaient pertinentes dont 1 déjà sélectionnée dans la base PASCAL sur CD-ROM et bien sûr les 2 références de la question 3.

Ques. 1 : Les 2 expressions sont tirées du Basic Index :

'Section efficace d'activation' était indexé dans 457 documents.

'Section efficace de capture' " " " 99 documents.

Ques. 2 : Le '?' permet le pluriel.

'2AV' précise l'ordre des mots et recherche la forme: 'calcul de l'évolution'.

##### Stratégie 2e partie :

##### Rep.:

1) Dépression? ET flux ET neutron+	1
2) autoprotection OU autoabsorption	17
3) ( 1 OU 2 ) ET réacteur?	8
4) 3 ET calcul?	4

Sur les 4 références, 3 étaient pertinentes dont 1 déjà recensée sur CD-THESES. Ici aussi, j'ai souhaité élargir la recherche : sur la notion de 'flux de neutrons' en général :

5) flux ET neutron?	48
6) 5 ET calcul?	11
7) 6 ET réacteur?	7

Les 7 références sélectionnées ont donné 3 références pertinentes, différentes de celles de la ques.4, qui, en fait, ne portaient que sur 'autoprotection' ou 'autoabsorption'. L'élargissement de la recherche a donc été profitable : au total, 6 documents ont été gardés.

Ques.1 : 'flux ET neutron+' correspond soit à 'flux de neutrons', soit à 'flux neutronique', 2 expressions également utilisées en physique des réacteurs.

### CONCLUSION :

Dans la 1e partie de la stratégie, j'ai omis le terme 'réacteur', mais il s'est avéré que sur les 15 références pertinentes, toutes étaient indexées -entre autres - par ce descripteur sauf 2 dont une indexée par 'neutronique' et l'autre par 'combustible'. L'interrogation d'EDF-DOC a donc ramené 19 références nouvelles.

#### b) Interrogation croisée (ONE SEARCH) sur DIALOG

##### (1) Présentation des huit bases

##### - INSPEC (n°2 sur DIALOG)

Base de données anglaise correspondant aux trois publications de "Science Abstracts" : "Physics Abstracts", "Electrical and Electronics Abstracts" et "Computer and Control Abstracts"; produite par l'I.E.E. ( Institution of Electrical Engineers ), représente 3 750 000 références dont 75% d'articles de revues, le reste étant des actes de congrès - eux-mêmes dépouillés -, des thèses anglaises et américaines et des ouvrages; le tout depuis 1969; mise à jour bi-mensuelle ( 22 000 nouveautés/mois ); domaine intéressé : physique nucléaire.

La consultation du thésaurus INSPEC ( édition 1989 ), m'a indiqué que le terme 'cross section' est remplacé par l'expression plus générique 'nuclear reaction'; les autres descripteurs étant acceptés.

##### - NTIS (National Technical Information Service), ( n°6 sur DIALOG )

Représente 1 400 000 références depuis 1964; mise à jour bi-hebdomadaire ( 5 000 nouveautés/mois ).

Voir présentation du CD-ROM NTIS.

- COMPENDEX PLUS ( n°8 sur DIALOG )

Base de données américaine produite par "Engineering Information", couvre les Sciences de l'Ingénieur et notamment la physique nucléaire appliquée; représente 2 300 000 références dont 60% d'articles de revues, 21% d'actes de congrès, le reste étant des rapports, depuis 1970; mise à jour mensuelle (17 500 nouveautés/mois).

- SPIN (Searchable Physics Information Notices), ( n°62 sur DIALOG )

Base de données américaine produite par l'A.I.P. ( American Institute of Physics ), représentait 340 000 références fin 1987. Type de document : articles de revues américaines, russes et chinoises, notamment sur la physique nucléaire, depuis 1975; mise à jour mensuelle ( 2 500 nouveautés/mois ).

- CONFERENCE PAPERS INDEX ( n°77 sur DIALOG )

Base de données anglaise produite par "Cambridge Scientific Abstracts", contient 1 300 000 références de communications de congrès dont les "preprints", notamment sur le nucléaire; depuis 1973, mise à jour bi-mensuelle ( 16 000 nouveautés/mois ).

- NSA ( Nuclear Science Abstracts ), (n°109 sur DIALOG )

Base de données américaine produite par l'O.S.T.I. ( Office of Scientific and Technical Information ) du Ministère de l'Energie; contient les références parues dans la publication "Nuclear Science Abstracts" entre 1948 et 1976 ( 947 000 références ), et représente surtout des rapports de recherche américains, notamment sur la technologie des réacteurs.

- PASCAL ( n°144 sur DIALOG )

Représente 7 millions de références, depuis 1973 dont 93% d'articles de 8 500 revues; mise à jour mensuelle ( 40 000 nouveautés/mois ).  
Voir présentation du CD-ROM PASCAL.

- ELECTRIC POWER DATABASE ( n°241 sur DIALOG )

Base de données américaine produite par l'E.P.R.I. ( Electric Power Research Institute); contient les références parues dans la publication "Digest of Research in the Electric Utility Industry", résumés de projets de recherche et de développement; rechargée tous les mois ( 2 000 nouveautés/an et 5 000 mises à jour/an , ex. : il y avait 18 000 résumés de projets en juin 1986 ); depuis 1972.

(2) Stratégie 1e partie :

	<u>Rep.:</u>
1) Cross( W )section?	291 093
2) nuclear( W )reaction?	93 232
3) 1 OR 2	354 411
4) 3 and ( fission OR absorption OR capture )	67 936
5) calculati?( W )method? OR calculati?(W) code?	85 315
6) 4 AND 5	290
7) 6 AND reactor? NOT fast	93
8) RD 7	87
9) 8 NOT fusion	74

(3) Stratégie 2e partie :

10) neutron?( W )fluence? OR neutron?( W ) flux	30 247
11) 10 AND depression?	185
12) self-shielding OR self( W )shielding OR self( W )absorption	3 966
13) 11 OR 12	4 123
14) 13 AND reactor? NOT fast	628
15) 14 AND 5	16
16) RD 15	16
17) 16 AND 9	7
18) 16 OR 9	83

Ques.2 : Terme générique employé pour 'cross section' dans INSPEC.

Ques.7 : Même remarque que pour l'interrogation du CD-ROM NTIS : les surgénérateurs ne nous intéressent pas dans cette recherche.

Ques.8 : Elimination des doublons potentiels entre les 8 bases : il n'y en avait que 6 sur 93 !

Après la ques.8, j'ai visualisé 3 documents en format minimum, et ai remarqué que l'un d'eux traitait de la fusion. Or, nous ne nous intéressons pas à la fusion nucléaire dans cette recherche ( on ne peut pas tout faire à la fois !). Ceci explique la ques.9.

Ques.14 :Même remarque que ques.7.

Ques.16 : Elimination des doublons de la 2e partie de l'interrogation. Il se trouvait ne pas y en avoir.

J'aurais pu arrêter là mon interrogation et me contenter de "télécharger" les 74 références de la 1e partie et les 16 références de la 2e partie, ce qui aurait fait 90 références téléchargées.

Pour diminuer le nombre et éviter les doublons, je n'ai téléchargé que la réunion des 2 parties : ques.18; ce qui a fait 83 références au total.

En effet, sur 90 références, 7 étaient en double : ques.17. Le nombre de références distinctes est donc  $90 - 7 = 83$ .

(4) Répartition des résultats par base, avant élimination des doublons :

(a) pour la 1e partie de la stratégie ( 93 réf. ) :

	<u>Rep. :</u>
- INSPEC	42
- NTIS	29
- COMPENDEX PLUS	9
- SPIN	0
- CONFERENCE PAPERS INDEX	0
- NSA	9
- PASCAL	4
- ELECTRIC POWER DATABASE	0
	<hr/> 93

(b) pour la 2e partie de la stratégie ( 16 réf. ) :

- INSPEC	4
- NTIS	9
- COMPENDEX PLUS	1
- SPIN	0
- CONFERENCE PAPERS INDEX	0
- NSA	2
- PASCAL	0
- ELECTRIC POWER DATABASE	0
	<hr/> 16

(5) Résultats après élimination des doublons ( dans chaque partie de la stratégie, et entre les deux parties ) ( 83 réf. ) :

	<u>Rep. :</u>
- INSPEC	38
- NTIS	27
- COMPENDEX PLUS	7
- SPIN	0
- CONFERENCE PAPERS INDEX	0
- NSA	7
- PASCAL	4
- ELECTRIC POWER DATABASE	0
	<hr/> 83

Sur ces 83 références, une sélection sévère a été établie pour juger de leur pertinence. J'ai fait un premier tri :

- ce qui concernait
- . la sécurité, la prévention ( 7 réf. )
  - . les calculs de matériaux ( réactions sur la structure ) ( 8 réf. )
  - . le combustible utilisé ( 7 réf. )
  - . les mesures expérimentales ( gaz, calorimétrie,... ) ( 7 réf. )
  - . les années antérieures à 1970 ( 8 réf. )

a été enlevé : au total 37 références, non pertinentes selon moi.

Puis un deuxième tri a été effectué par Mme HAMELIN : les documents traitant purement d'informatique ( calcul d'adaptation d'un code à un autre, comparaison entre deux codes ), ont été éliminés. Ils étaient au nombre de 11.

(6) Conclusion :

Sur 83 références, 35 ont été gardées, ce qui est peu. Il y a au moins 3 points auxquels j'aurais dû penser dans ma stratégie :

- . tenir compte de la date : certaines références remontant au milieu des années 1950, étaient complètement obsolètes.

- . éliminer ce qui traitait de sécurité, car hors du cycle normal de fonctionnement et donc marginal dans cette recherche.

- . éliminer ce qui traitait de combustibles usés, pour les mêmes raisons.

Sur les 35 références, toutes n'étaient pas nouvelles, bien sûr. Cinq avaient déjà été recensées sur les CD-ROM : CD-THESES, PASCAL, NTIS et dans la base EDF-DOC.

De plus, j'ai relevé deux particularités :

- 2 références identiques ( l'une sur COMPENDEX, l'autre sur NTIS ) n'avaient pas été détectées lors du "dédoublonnage" : un champ les différenciait, le champ 'auteurs' : COMPENDEX y avaient mis "anonymes". Tous les autres champs correspondaient exactement, y compris le champ 'résumé' ...

- 2 autres références identiques ( une sur NTIS, l'autre sur PASCAL ) n'avaient pas non plus été détectées; mais là, c'est la langue qui en est la cause; en effet l'une des références était en français ( PASCAL ), l'autre en anglais ( NTIS ). Et d'ailleurs c'était une référence déjà recensée. Méfions-nous de cette commande "dédoublonnage".

En conséquence, le nombre de références apporté par cette recherche croisée sur DIALOG s'élève à 29, réparti de la façon suivante :

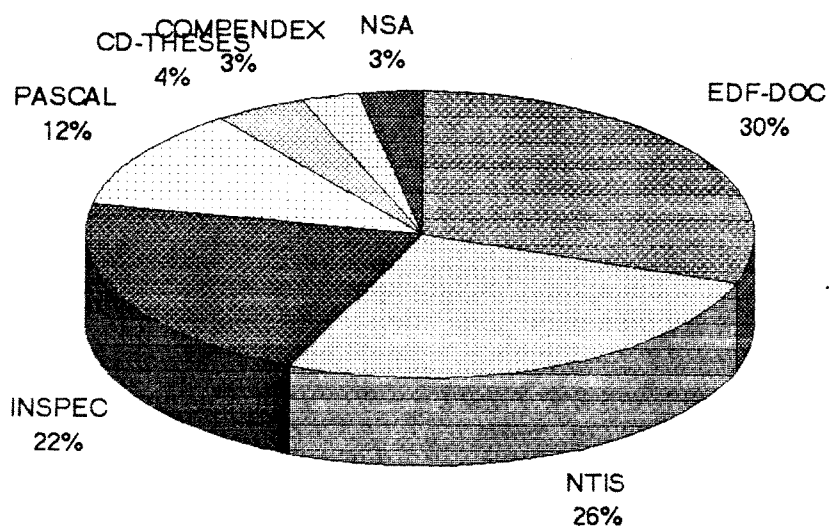
- INSPEC :	15
- NTIS :	11
- COMPENDEX	1
- NSA :	1
- SPIN :	0
- CONF.PAP.INDEX :	0
- ELEC.POW.DATAB:	0
- PASCAL :	0



### 3. Présentation des résultats par base

Bases	EDF-DOC	NTIS	INSPEC	PASCAL	CD-THESES	COMPENDEX
Nb.Réf.	21	18	15	8	3	2
Nb.Réf.Nouv.	19	15	15	5	3	1

Bases	NSA	CONF.PAP.IN	SPIN	ELEC.POW.D	TOTAL
Nb.Réf.	2	0	0	0	69
Nb.Réf.Nouv.	1	0	0	0	59



(1) Conclusion sur les choix des bases :

Il apparaît clairement que trois bases sur les huit étaient superflues, n'ayant donné aucune référence :

- SPIN : cela peut sembler normal, vue la modestie de sa taille ( 340 000 réf. ).

- CONFERENCE PAPERS INDEX

et - ELECTRIC POWER DATABASE : pour ces deux dernières cela est plus surprenant; CONFERENCE PAPERS INDEX est une grosse base ( 1,3 millions de réf. ) mais peut-être très peu spécialisée dans le nucléaire. ELECTRIC POWER DATABASE, base de références de projets de recherche, est peut-être plus orientée vers des domaines de prospection en nucléaire, comme par exemple la fusion nucléaire.

De même, pour PASCAL, aucune des quatre références sélectionnées n'a été retenue.

## **II. BIBLIOGRAPHIE**

### **A. CLASSEMENT DES 59 REFERENCES**

La stratégie batie pour l'interrogation était en deux parties :

- calcul d'évolution des sections efficaces, c-à-d évolution du combustible sous irradiation
- autoprotection

La 2e partie étant une particularité de l'évolution du combustible sous irradiation, je n'ai pas jugé nécessaire d'en faire la distinction.

Les références sont regroupées en trois catégories :

- théorie et codes de calcul
- validation de codes de calcul et applications expérimentales
- bibliothèque de sections efficaces.

Dans la première catégorie, sont rangés les documents à caractères généraux : définition de théorie de calcul, démonstration de codes de calcul.

Dans la deuxième catégorie, le côté expérimental est davantage mis en avant : validation d'un code par des essais expérimentaux.

Les deux documents de la troisième catégorie sont des bibliothèques de données avec lesquelles tournent les codes de calcul.

### **B. CONCLUSION**

En physique des réacteurs, le calcul de l'évolution des combustibles sous irradiations est un problème complexe, faisant appel à un nombre considérable de paramètres, sans cesse en évolution. Grâce à l'outil informatique, des codes de calcul se développent et permettent ainsi la maîtrise et la prédiction de l'évolution de ces paramètres.

## C. PRESENTATION DE LA BIBLIOGRAPHIE : ( 59 REFERENCES )

### 1. Théorie et codes de calcul

- AIEA, *Méthodes d'Homogénéisation en Physique des Réacteurs. Congrès ; Agence Internationale pour l'Energie Atomique ( AIEA ), Organisme de Coopération et de Développement Economique ( OCDE ), 1980. 670 p.*
- ALLEN, E.J. *Caca-2 : revised version of caca-a heavy isotope and fission-product concentration calculational code for experimental irradiation capsules. ( report ).* USA : Oak Ridge Lab. 1976. 29 p.
- BIRKHOFFER, A., SCHMIDT, A., WERNER, W. Comparison of two- and three- dimensional calculations of super prompt critical excursions. *Nuclear Technology* 1974, vol.24, n°1, p.7-12.
- BORING, M., ROACH, W.H. A two-dimensional time-dependent neutron transport calculation using one-dimensional equations. *Nuclear Science and Engineering* 1976, vol.61, n°1, p.117-118.
- BUCHOLZ, J.A., WESTFALL, R.M. Reactivity effect of cross-section processing for moist bulk-oxide criticals. In *Transactions of the American Nuclear Society, 1979 Winter Meeting of the Am. Nucl. Soc.* 1979, p.7.
- BUSSAC, J., REUSS, P. *Traité de neutronique. Physique et calcul des réacteurs nucléaires avec application aux réacteurs à eau pressurisée et aux réacteurs à neutrons rapides.* 1985. 689 p.
- CHIANG, R.T., CONGDON, S.P. Resonance improvements for lattice analysis. In *Transactions of the American Nuclear Society* 1990, p.9/34-39.
- FINCH, D.R. *Improved resonance reaction rate calculation for lattice physics subsystem. ( report ).* Aiken, SC., USA : Savannah River Lab., 1974. 79 p.
- GRANDOTTO BIETTOLI, M. *Autosecol : un calcul automatique de l'autoprotection des résonances des isotopes lourds.* 1976. Th. 3e cycle : Phys. Nucl. Approf. : Paris 11-Orsay : 1976.
- KAVENOKY, A. NEPTUNE: un système modulaire pour le calcul des réacteurs à eau légère. *BIST CEA* 1976, n°212, p.7-19.
- KAVENOKY, A., LAUTARD, J.-J. A finite element depletion diffusion calculation method with space-dependent cross sections. *Nuclear Science and Engineering* 1977, vol.64, n°2, p.563-575.

- KIDMAN, R.B., HARDIE, R.W., SCHENTER, R.E. The shielding factor method for generating multigroup cross sections. In *Transactions of the American Nuclear Society 1973 Annual Meeting of the Am. Nucl. Soc.*, 1973, vol.16, p.125-126.
- LEWIS, F.H., SORAN, P.D. Calculations of UH/sub 3/ critical masses for various uranium enrichments. *Nuclear Science and Engineering* 1978, vol.68, n°1, p.116-125.
- LIJIMA, S., YOSHIDA, T., YAMAMOTO, T. Fission product model for lattice calculation of high conversion boiling water reactor. *Nuclear Technology* 1988, vol.80, n°2, p.263-268.
- LIVESAY, R.B., WELLS, M.B. *Calculations of neutron flux levels in the pressure vessel of an LWR.(report Np 617)*. USA : Electric Power Research Instit., 1977. 74 p.
- MALEN, K., KILER, K. *Fuel model studies. Calculation of fuel rod fission product inventories using GAPCON-THERMAL-2.(report)*. Studsvik, Suède : Aktiebolaget Atomenergi, 1979. 22 p.
- MONDOT, J. *Mise en oeuvre de méthodes pour le calcul des poisons consommables dans les réacteurs à eau naturelle. (rapport)*. France : Commissariat à l'Energie Atomique, 1974. 134 p.
- NAKAMARU, S., SUGAWARA, N., NAITO, Y. et al. *SIMCRI: a simple computer code for calculating nuclear criticality parameters.(report)*. Tokai, Ibaraki, Japan : Japan Atomic Energy Res. Inst., 1986. 53 p.
- NASR, M., TELLIER, H. *Etude de l'autoprotection des poisons sous forme de grains. (note technique)*. France : Commissariat à l'Energie Atomique ( Cea-Dedr/Spm 297-S), 1977. 45 p.
- NITO, Y., MASUKAWA, F., INAMURA, M. et al. *UNITBURN: a computer code for burnup calculation of a unit fuel cell.(report)*. Tokyo, Japan : Japan Atomic Energy Research Inst., 1990. 65 p.
- NOMURA, Y., SHIMOOKE, T. A multiple regression equation for calculated k/sub eff/ bias errors by criticality code system. *Nuclear Technology* 1984, vol.65, n°2, p.340-349.
- OZER, O., HARRIS, D.R. *Prediction of in-core gamma effects.(report Np-4805 Rp1750-2)*. USA : Electric Power Research Instit., 1986. 101 p.

RIBON, P., MAILLARD, J.M. Probability tables and Gauss quadrature ; application to neutron cross-sections in the unresolved energy range. In *Topical Meeting, Saratoga Springs (USA), 17-19/09/1986* USA : American Nuclear Society; United States Nuclear Regulatory Commission; Electric Power Research Inst, 1986, p.280-291

RIBON, P., TELLIER, H. Unresolved resonance self shielding calculation :causes and importance of discrepancies. In *Topical Meeting, Saratoga Springs (USA), 17-19/09/1986* USA : American Nuclear Society; United States Nuclear Regulatory Commission; Electric Power Research Inst, 1986, p.268-279.

ROTHENSTEIN, W., TAVI, E. *Temperature dependence of the multiplication factor in LWR lattices.( report Epri Np1694 )*. Haifa, Israel : Technion - Israel Inst. of Tech., Dept. of Nuclear Engineering, 1981. 9 p.

SANTAMARINA, A. *Calcul de l'absorption résonnante des neutrons par les isotopes de l'uranium et du plutonium dans un réacteur nucléaire.( rapport )*, 1973. Th. 3e cycle : Phys. Nucl. Approf. : Paris 11-Orsay : 1973.

SANTAMARINA, A., SMITH, H.J. *Codes internationaux de criticité pour des grains de combustibles fissibles.( report )*. France : Commissariat à l'Energie Atomique, 1990. 130 p.

SIMA, O. On the method of Dryak et al. for self-absorption correction calculations. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 1991, vol.155, n°2, p.75-78.

THOMAS, J.T., TANG, J.S. Some effects of packaging materials on critical arrays of fissile materials. In *Transactions of the American Nuclear Society, 1977 Winter Meeting of the Am. Nucl. Soc.* 1977, vol.27, p.410-412.

WEISE L., BORCHARDT G., MEIXNER C. *Détermination des sections efficaces effectives et calcul du taux de combustion pour des irradiations HTR dans le réacteur de recherche FRJ-2 ( DIDO ) en position de réflecteur.( rapport n°2240 )* Jülich, Allemagne : Kernforschungsanlage, 1988. 102p..

## **2. Validation de codes de calcul et applications expérimentales**

ARTIOLI, C., CIGNANI, B., DOMINICI, G. et al. Analysis of the Pecore experimental programme carried out on Masurca and neutronics calculations for the PEC reactor. In *Fast Reactor Physics 1979. Proceedings of an International Symposium on Fast Reactor Physics ( Aix-en-Provence, France ), 24-28/09/1979, 2 vol* Vienna, Austria : IAEA, 1980, p.171-185.

BOLLACASA, D., CICERCHIA, J.M., GAVIN, P.H. Analysis of operating reactor data with ENDF/B-IV cross sections. In *Transactions of the American Nuclear Society, 1977 Annual Meeting of the Am. Nucl. Soc.*, 1977, vol.26, p.547-548.

- CAREW, J.F., ARONSON, A.L., COKINOS, D.M., et al. Application of neutron transport Green's functions to the calculation of pressure vessel fluence. *Nuclear Science and Engineering* 1985, vol.91, n°3, p.279-285.
- CHAUVIN, J.P. *Réacteurs à eau sous-modérés : contributions aux études et à la qualification des outils de calcul neutronique*. 1987, 226 p. Th. doct. :Phys. : Paris 11-Orsay : 1987 ; 8802.
- DE SAUSSURE, G. *International Conference on the Physics of Reactors. Foreign Trip Report, 20/04/1990-6/05/1990*. USA : Oak Ridge National Lab., 1990. 6 p.
- DO AMORIM, E.S., D'OLIVEIRA, A.B., DE OLIVEIRA, E. et al. *Sensitivity analysis of U exp 238 cross section in thermal nuclear systems. (report)*. Sao Jose dos Campos, Bresil : Centro Tecnico Aeroespacial, Inst. de Atividades Espaciais., 1980. 17 p.
- GANZAWA, Y., HONDA, T., NOZAKI, T. Absolute measurements of thermal neutron fluence and fission track dating. ( 6(th) International Fission Track Dating Workshop : Papers and Abstracts, [ joint symposium of IUGS-IGCP 196 : abstracts],Besançon, France, 5-9/09/1988 ). *Nuclear Tracks and Radiation Measurements* 1990, vol.17, n°3, p.273-276.
- GOMIT, J.M., PLANCHARD, J. Méthodes de perturbations en physique des réacteurs nucléaires. Théorie et applications (2ème partie). *Bulletin de la Direction des Etudes et Recherches Série A*, 1988, n°1, p.13-100.
- CONNORD, J. *Etude de phénomènes de thermalisation par la méthode de MONTE-CARLO. Application au calcul de l'absorption des neutrons par des poisons consommables dans des réacteurs à eau légère. ( note technique )*. France : Commissariat à l'Energie Atomique ( Cea-N/1724), 1974. 66 p.
- HWANG, R.N. Theoretical considerations pertinent to the treatment of unresolved resonances. Multi-level effects in reactor calculations and the probability table method. In *Meeting of the Resonance Region Subcommittee of CSEWG ( Upton, New York, USA )*, 8/05/1972 1973, p.39-63.
- KALLFELZ, J.M., KARAM, R.A. *Advanced Reactors: Physics, Design and Economics. International Conference Proceedings ( Atlanta, Ga, USA )*, 8-11/09/1974 . New York : Pergamon Press, 1975. 843 p.
- KAMEYAMA, T., MATSUMURA, T., KINOSHITA, M. Analytical evaluation of the rim effect in LWR (U,Gd)O/sub 2/ fuel. In *Transactions of the American Nuclear Society 1992 Winter Meeting. International Conference on Fifty Years of Controlled Nuclear Chain Reaction: Past, Present and Future*, 1992, vol.66, p.197-198.

- KAMHA, E. *Contribution to the development and the qualification of a calculation method for the management of PWR reactors, by means of the system NEPTUNE. Fesenheim-2 follow-up.* 1981. 227 p. Th.doct.-ing. : Paris 11-Orsay : 1981.
- LIVOLANT, M., JEANPIERRE, F. *Autoprotection des résonances dans les réacteurs nucléaires. Application aux isotopes lourds.( rapport ).* France : Commissariat à l'Energie Atomique ( Cea-R 4533 ), 1974. 131 p.
- LIVOLANT, M., JEANPIERRE, F. *Autoprotection des résonances dans les réacteurs nucléaires - application aux isotopes lourds.( rapport ).* France : Commissariat à l'Energie Atomique, 1971. 134 p.
- MOGILNER, A.I., FOKIN, G.N., CHAIKA, Y.V. Use of small computers for measurement of reactivity. *Soviet Atomic Energy* 1974, n°5, p.453-458.
- ORESTANO, F.V., PISTELLA, F. Evaluation of neutron spectral effects in a plutonium-fuelled lattice by foil activation. *Nuclear Science and Engineering* 1971, vol.46, n°3, p.376-384.
- POENITZ, W.P. Relationship between integral experimental data and nuclear fission parameters. In *Fifty Years with Nuclear Fission Conference ( Gaithersburg, MD, USA), 25/04/1989* 1989, p.32.
- RASTOGI, B.P., HURIA, H.C. Development of thermal reactor lattice physics methods. *Pramana* 1985, vol.24, n°1-2, p.165-177.
- RENIER, J.P., PARKS, C. *Executive summary : reactor critical benchmark calculations for burnup credit applications. ( report ).* USA : Oak Ridge National Lab., 1990. 25 p.
- ROTHROC, R.B. Calculation of resonant reaction rates near region interfaces in the FFTF. In *Transactions of the American Nuclear Society, 1978 Annual Meeting of the Am. Nucl. Soc.* 1978, p.13.
- SCHAAL, H. *Développement d'une méthode de calcul pour la détermination des sections efficaces effectives du plutonium dans des réseaux HTGR peu enrichis et validation avec le réacteur expérimental CESAR-II.( report ).* Jülich, Allemagne : Kernforschungsanlage, 1982. 124 p.
- SCHAAL, H., BERNNAT, W. Calculation of effective plutonium cross sections and check against the oscillation experiment CESAR-II. *Nuclear Science and Engineering* 1987, vol.97, n°2, p.161-173.
- TAKEDA, T., NAKANO, M. New calculational method of sensitivity coefficients of cell parameters and its application. *Journal of Nuclear Science and Technology* 1986, vol.23, n°8, p.681-694.



TELLIER, H., VAN DER GUCHT, C., VANUXEEN, J. Joint evaluated file qualification for thermal neutron reactors. In *Topical Meeting, Saratoga Springs(USA), 17-19/09/1986* USA : American Nuclear Society; United States Nuclear Regulatory Commission; Electric Power Research Inst. 1986, p.419-429.

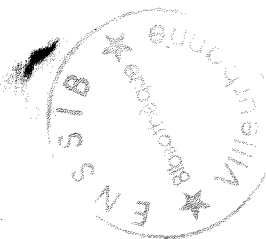
TRUBERT, D. *Emission des rayonnements gamma prompts après capture neutronique: influence de paramètres physico-chimiques et applications analytiques.* 1990. 129 p. Th. doct. : Chim. nucl.: Paris 11-Orsay :1990.

VAN'KOV, A.A. *Calculation of resonance self-shielding effects and neutron scattering in a sample at measurements of microscopic cross sections of radiative neutron capture.( report ).* Obninsk, URSS : Gosudarstvennyi Komitet po Ispol'zovaniyu Atomnoi Energii. Fiziko-Energeticheskii Inst.,1986. 17 p.

### 3. Bibliothèques de sections efficaces

FORD, W.E., ARWOOD, J.W., GREENE, N.M. et al. *Advanced neutron source cross section libraries (ANSI-V): ENDF/B-V based on multigroup cross-section libraries for advanced neutron source (ANS) reactor studies.( report ).* USA : Oak Ridge National Lab., 1990. 126 p.

GASTALDI, B. *Etude et qualification de bibliothèques de sections efficaces pour le calcul des réacteurs à eau sous pression.* 1986. 228 p. Th. 3e cycle : Paris 11-Orsay : 1986 ; 4049.



BIBLIOTHEQUE DE L'ENSSIB



965223E