

CEA-N-1919 (1)

FR760 3400

- Note CEA-N-1919 (1) -

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Division d'Etude et de Développement des Réacteurs
Département des Réacteurs à Eau
Service d'Etudes des Réacteurs et de Mathématiques Appliquées

**PROGRAMME DE MONTE-CARLO POLYCYNETIQUE
A TROIS DIMENSIONS TRIPOLI - 01**

Tome I : CONCEPTION ET PRESENTATION DU SYSTEME TRIPOLI

par

Shlomo KATZ, Jean-Claude NIMAL

- Septembre 1976 -

CEA-N-1919 (1,2,3,4,5,6,7) - COLLECTIF

PROGRAMME DE MONTE-CARLO POLYCNÉTIQUE A TROIS DIMENSIONS TRIPOLI-01

Sommaire.- Tripoli 01 : un code de Monte-Carlo (IBM 360), tridimensionnel, polycinétiq ue, traitant le ralentissement et la diffusion des neutrons pour des problèmes à source. La version présentée est essentiellement orientée vers les problèmes de protection des réacteurs. La géométrie est une réunion de volumes, limités par des plans et des quadriques, disposés de façon quelconque ; elle peut être répétitive par translation, rotation ou symétrie. Le programme effectue lui-même le contrôle des données de géométrie. Les constantes nucléaires sont actuellement représentées dans un mode multigroupe (groupes en nombre pratiquement illimité), et extraites d'une bibliothèque (LINDA) contenant des données ponctuelles, provenant des évaluations UKNDL (73) et de certaines données UNC (GENDA). L'énergie du neutron est suivie de façon continue, en prenant en compte le choc élastique, avec anisotropie quelconque, les réactions (n, n') et (n, 2n) et l'absorption ; dans cette version les neutrons thermiques sont traités en un groupe. Le code peut traiter de fortes atténuations grâce au biaisage du parcours, par une transformation exponentielle et au biaisage de la collision. Les sources peuvent être quelconques en espace, angle et énergie. Le code calcule des spectres et des taux de réaction, moyen-
./.

CEA-N-1919 (1,2,3,4,5,6,7) - COLLECTIF

A GENERAL, THREE DIMENSIONAL MONTE-CARLO PROGRAM : TRIPOLI-01

Summary.- TRIPOLI 01 : a general, three dimensional Monte-Carlo program, which treats the slowing down and the diffusion of neutrons in source problems. This version is essentially devoted to reactor shielding studies. The geometry is described as a combination of volumes, bounded by portions of first or second degree surfaces. The orientation in space of these volumes is quite arbitrary. Repetitive geometries by translation, symmetry or rotation can be treated. The program can itself control the consistency of geometry data. The nuclear constants are presently represented in a multigroup mode, with a number of groups as large as necessary. Multigroup data are derived from a library tape (LINDA) containing point wise data taken from the UKNDL (73) library and completed by certain data from UNC (GENDA). The neutron energy is followed in a continuous way ; the program take into account : elastic collision with any anisotropy order, (n, n') and (n, 2n) reactions, absorption ; in this version, thermal neutrons are treated as a single energy group. The program can solve deep penetration problems by utilizing variance reduction techniques based on exponential transform, and biasing of angular scattering laws. The distribution of sources can be any arbitrary function of space, energy and direction. The program calculates spectra and activities ave-
./.

Notes CEA-N-1919 (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)

DESCRIPTION-MATIERE (mots clefs extraits du thesaurus SIDON/INIS)

en français

en anglais

THEORIE DU TRANSPORT DES NEUTRONS	NEUTRON TRANSPORT THEORY
EQUATION DE LA DIFFUSION DES NEUTRONS	NEUTRON DIFFUSION EQUATION
SOURCES DE NEUTRONS	NEUTRON SOURCES
CALCULS A TROIS DIMENSIONS	THREE-DIMENSIONAL CALCULATIONS
CODES T	T CODES
ESPACE DE PHASE	PHASE SPACE
METHODE DE MONTE CARLO	MONTE CARLO METHOD
PROGRAMMATION	PROGRAMMING
THEORIE MULTIGROUPE	MULTIGROUP THEORY
ABSORPTION	ABSORPTION
ATTENUATION	ATTENUATION
RALENTISSEMENT	SLOWING-DOWN
DIFFUSION ELASTIQUE	ELASTIC SCATTERING
DISTRIBUTION SPATIALE	SPATIAL DISTRIBUTION
SPECTRES D'ENERGIE	ENERGY SPECTRA
CALCULS SUR MACHINE	COMPUTER CALCULATIONS

- Note CEA-N-1919 (1) -

Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Division d'Etude et de Développement des Réacteurs
Département des Réacteurs à Eau
Service d'Etudes des Réacteurs et de Mathématiques Appliquées

PROGRAMME DE MONTE-CARLO POLYCYNETIQUE
A TROIS DIMENSIONS TRIPOLI - 01

Tome I : CONCEPTION ET PRESENTATION DU SYSTEME TRIPOLI

par

Shlomo KATZ*, Jean-Claude NIMAL

*actuellement : Université Hébraïque de Jérusalem

nés sur des volumes ou des surfaces ; l'exploitation complémentaire des résultats est possible en utilisant les sous-programmes FORTRI.

1976

309 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

aged in specified volumes or areas. Further exploitation of results is possible by using the FORTRI routine.

1976

309 p.

Commissariat à l'Energie Atomique - France

TRIPOLI Tome I : PRESENTATION ET CONCEPTION DU SYSTEME TRIPOLI

I.1. RESUME	1
I.2. INTERET DES METHODES DE MONTE CARLO	2
I.3. CARACTERISTIQUES ACTUELLES DU PROGRAMME TRIPOLI	2
I.3.1. Domaines d'application de TRIPOLI	2
I.3.2. Caractéristiques géométriques	3
I.3.3. Caractéristiques concernant les constantes nucléaires	3
I.3.4. Caractéristiques concernant la pondération (biaisage).....	4
I.3.5. Caractéristiques des sources	5
I.3.6. Les résultats d'un calcul TRIPOLI	6
I.3.7. Caractéristiques informatiques	6
I.3.7.1. Epilement	6
I.3.7.2. Lecture des constantes	7
I.3.7.3. Fractionnement du travail en étapes	7
I.4. TRIPOLI ET SES PROGRAMMES ANNEXES	8
I.5. HIERARCHIE DANS LES ETAPES AU COURS D'UNE EXECUTION	9
I.6. ENTREE DES CONSTANTES PERMETTANT L'ENCHAINEMENT DES TRAVAUX ET DES PHASES.....	12
I.6.1. Demande d'un TRAVAIL	12
I.6.2. Demande d'une PHASE, constantes monitrices, fichiers nécessaires.....	15
I.6.3. Ordre conseillé pour la préparation d'un calcul TRIPOLI.....	18
I.7. DESCRIPTION DES 2 CAS TEST	19
ANNEXES Conventions, lecture, lexique des termes utilisés	21
A.1 Conventions et lecture par RPSLDE, RPSLDI, RPSLDR	21
A.1.1. Conventions sur la présentation de l'entrée des constantes	21
A.1.2. Lecture par RPSLDE	21
A.1.3. Lecture par RPSLDI	21
A.1.4. Lecture par RPSLDR	21
A.2. Macrogroupes	23
A.3. Sentinelle	23
A.4. Liste de pondération	23
A.5. Champs de vecteurs d'intérêt	23
A.6. Maille	23
A.7. Volume	24
A.8. Boîte	24
A.9. Pavés	24
A.10 Groupe de pondération	24
BIBLIOGRAPHIE	

Le SYSTEME TRIPOLI a été réalisé et mis au point avec la participation
de MM. A. BAUR - L. BOURDET - C. CHADEFALX - C. DEVILLERS - F. GERVAISE -
J. GONNORD - H. ISAMBERT - S. KATZ - P. LAFORE - Mme MIQUEL - MM. J.C. NIMAL -
J. de SCHEEMAECCKER - J.L. SOULE - Mme T. VERGNAUD -

Les auteurs remercient Mme G. CARON pour le soin apporté à la frappe
des différents tomes ainsi que le secrétariat du SERMA pour l'aide qui a été
apportée.

I-1. Tome I - RESUME -

TRIPOLI [1] est dans sa version actuelle, un programme tridimensionnel polycinétique traitant, le ralentissement et la diffusion des neutrons pour des problèmes à source. La version que nous présentons est essentiellement orientée vers les problèmes de protection des réacteurs. Il est écrit en FORTRAN pour IBM (série 360).

Ce premier tome est consacré au résumé des caractéristiques essentielles du programme ainsi qu'aux constantes nécessaires à la description de l'enchaînement des travaux à effectuer.

Chacun des cinq tomes suivants traite d'une étape bien précise du déroulement du programme :

- Tome II : Préparation des constantes nucléaires
- Tome III : Préparation des données relatives au biaisage de la simulation (pondération)
- Tome IV : Préparation et test des données géométriques
- Tome V : Préparation des données relatives aux sources
- Tome VI : Exécution de la simulation et demandes d'édition des résultats.

Ces tomes contiennent un descriptif des caractéristiques physiques, le mode d'entrée des constantes avec les conseils associés, ainsi que deux cas test.

Le tome VII est consacré à la description de la bibliothèque et des programmes qui lui sont associés.

Le tome VIII traitera du programme SPHINX chargé, en particulier, de la gestion du système TRIPOLI, et le tome IX des programmes annexes (tracé de résultats, visualisation des histoires de particules, des sections efficaces)

Pour clore cette présentation du programme, signalons que plusieurs améliorations non décrites dans ces notes sont réalisées ou prévues. Parmi les plus importantes citons : le traitement exact de la thermalisation (en cours d'exploitation), l'adaptation aux calculs de coeur (en cours de tests), l'introduction de la variable temps permettant le traitement de problèmes non stationnaires (en cours d'exploitation), le traitement des productions γ , l'amélioration des techniques de biaisage (en cours d'étude), le couplage du programme sur la bibliothèque ENDF/B (prévu) enfin le calcul de matrices anisotropes de transfert utilisables par les programmes SN (prévu), la mise en groupe des sections efficaces pondérées par un spectre (en cours d'exploitation) et le traitement des problèmes critiques (en cours d'exploitation).

..../...

1.2. INTERET DES METHODES DE MONTE CARLO

Dans le domaine des protections des réacteurs et plus généralement dans l'étude de la propagation des rayonnements émis par diverses sources, on peut classer les méthodes de calcul en trois grandes familles :

- les méthodes analytiques et numériques, rigoureuses, rapides à une dimension, déjà plus onéreuses à deux dimensions. Pour des raisons de temps de calcul, elles ont l'inconvénient d'être limitées géométriquement et sur le nombre de groupes d'énergie dans le cas de problèmes à deux dimensions. Elles ont l'avantage de conduire à un résultat déterministe permettant facilement des études de variations et de sensibilités.
- les méthodes faisant intervenir un modèle (par exemple atténuation en ligne droite) rapides et permettant de traiter des géométries déjà complexes. Leur domaine d'emploi est limité par le fait que le modèle schématise les interactions des particules avec la matière.
- enfin les méthodes statistiques qui se proposent de résoudre l'équation du transport par des méthodes de Monte Carlo [2]. Par opposition aux méthodes analytiques ou numériques, le temps d'ordinateur qu'elles consomment dépend faiblement de la complexité géométrique et assez peu du nombre de points en énergie servant à décrire les constantes nucléaires. Ces méthodes permettent de traiter sans approximation les géométries réelles hétérogènes et les processus d'interaction des particules avec la matière.

Les méthodes de Monte Carlo sont donc complémentaires des deux précédentes que nous venons d'énumérer : elles sont relativement d'autant plus rentables que la complexité du problème à traiter est grande.

1.3. CARACTERISTIQUES ACTUELLES DU PROGRAMME TRIPOLI

1.3.1. Domaines d'application de TRIPOLI

TRIPOLI a été conçu pour résoudre une gamme très étendue de problèmes de propagation de neutrons . En effet :

- certains problèmes font intervenir les neutrons rapides (dommages sur les matériaux, doses biologiques) d'autres les neutrons lents (activation de structures, flux sur les chambres de contrôle, sources de gamma de capture).
- les problèmes se posent à proximité des coeurs (irradiation des structures dans les réacteurs de puissance, irradiation d'échantillons dans des réacteurs expérimentaux) comme à grande distance (fuites de rayonnement dans les protections, activation du fluide secondaire).

.../...

Les domaines d'application de TRIPOLI sont très divers :

- calculs de projet
- interprétation d'expériences de référence, instrumentation
- dosimétrie d'irradiations de matériaux et de combustibles
- validation de méthodes analytiques comportant des approximations physiques etc....

Nous allons maintenant décrire les caractéristiques essentielles du programme TRIPOLI.

1.3.2. Caractéristiques géométriques

La géométrie est constituée par une réunion de VOLUMES composés en tout point d'une même substance et limités par des portions de surfaces du premier et du second degré. La disposition dans l'espace de ces VOLUMES est quelconque, ce qui permet de décrire des géométries très générales. Le programme traite des géométries répétitives par translation, symétrie ou rotation.

1.3.3. Caractéristiques concernant les constantes nucléaires

Les constantes nucléaires sont extraites de bandes bibliothèques, appelées LINDA, contenant des données ponctuelles en énergie provenant d'évaluations différentes, le choix de l'évaluation est laissé à l'utilisateur. LINDA contient actuellement l'évaluation UKNDL version 1973, l'évaluation UNC (GENDA), les données de thermalisation provenant du programme LEAP et les fonctions de réponse de divers détecteurs, (activation, taux de dommages, échauffements, doses biologiques).

Le programme TRIPOLI prend en compte les interactions suivantes : choc élastique avec anisotropie quelconque, réactions (n, n') et $(n, 2n)$ isotropes dans le système du centre de masse, absorption. Il possède actuellement un groupe thermique.

Le nombre des points en énergie qui permettent de décrire les constantes nucléaires n'est pratiquement pas limité. En effet, la propagation et la dégradation en énergie des particules sont simulées par domaines d'énergies, appelés MACROGROUPE. Seules les constantes nucléaires du MACROGROUPE en cours de traitement figurent en mémoires rapides. Toutefois, les sections efficaces totales et les fonctions de réponses peuvent figurer constamment en mémoires pour l'ensemble du domaine des énergies étudiées (réunion des MACROGROUPE). Cette option laisse la possibilité d'introduire dans TRIPOLI des estimateurs ponctuels de flux par la technique dite du "flux sans choc après chaque choc". Enfin, les constantes nucléaires ne sont représentées actuellement que dans un mode multigroupe, l'énergie de la particule étant suivie de façon continue.

..../....

1.3.4. Caractéristiques de pondération (biaisage)

Dans les problèmes de protection, il est indispensable de pouvoir traiter, avec des temps de calcul raisonnables des pénétrations profondes correspondant à de fortes atténuations (jusqu'à 14 décades d'atténuation). Ce résultat a été obtenu en biaisant la loi des parcours et les lois de collision des particules.

Un poids $\bar{w}(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$ est attribué en tout point de l'espace des phases : c'est l'inverse de l'importance supposée $I(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$ d'une particule située au point $(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$ pour la réponse R que l'on cherche à optimiser :

$$\bar{w}(\vec{r}, E, \vec{\Omega}) = \frac{1}{I(\vec{r}, E, \vec{\Omega})}$$

$$R = \int_{\Delta E} d\epsilon \int_{\Delta V} dv \int_{4\pi} d\vec{\Omega} \psi(\vec{r}, E, \vec{\Omega}) R(E)$$

où $\psi(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$ représente la densité angulaire de particules avant collision (particule $\times \text{cm}^{-3} \times \text{MeV}^{-1} \times \text{stéradian}^{-1}$) solution de l'équation du transport du problème réel posé. La simulation porte sur une population de particules telle que l'espérance mathématique de la densité angulaire avant collision, soit $\psi^*(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$, satisfasse à :

$$\psi^*(\vec{r}, E, \vec{\Omega}) \bar{w}(\vec{r}, E, \vec{\Omega}) = \psi(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$$

Dans la version actuelle de TRIPOLI, les poids $\bar{w}(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$ sont supposés de la forme suivante :

$$\bar{w}(\vec{r}, E, \vec{\Omega}) = \bar{w}_1(\vec{r}) \bar{w}_2(\vec{\Omega}) \bar{w}_3(E)$$

où $\bar{w}_3(E)$ est une fonction constante en \vec{r} par zone d'espace, c'est-à-dire pouvant varier d'un ensemble de VOLUMES à un autre ensemble de VOLUMES. L'utilisateur dispose d'un certain nombre de fonctions $\bar{w}_1(\vec{r})$, définies de façon simple. A ces fonctions $\bar{w}_1(\vec{r})$ est associé un champ de vecteur $\vec{n}_0(\vec{r})$ appelé CHAMP DE VECTEURS D'INTERET. Ces vecteurs sont en tout point normaux aux surfaces EQUIPOIDS $\bar{w}_1(\vec{r}) = \text{constante}$:

$$\vec{n}_0(\vec{r}) = - \frac{\vec{\text{grad}} \bar{w}_1(\vec{r})}{|\vec{\text{grad}} \bar{w}_1(\vec{r})|}$$

.../....

A cette description des poids sont associés deux types de biaisages :

- le biaisage des parcours effectués classiquement par une transformation exponentielle [3] et [4], avec une direction d'intérêt $\vec{\Omega}_0(\vec{r})$ et une intensité dépendant de $|\text{grad } \bar{w}_1(\vec{r})|$,
- le biaisage de la collision effectué d'une façon originale par une technique de rejet .

(L'échantillonnage direct, correspondant aux probabilités que l'on déduirait de l'équation intégrale (du type de Boltzmann) satisfaite par $\psi^*(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$, est en effet très complexe à réaliser).

A chaque étape de son histoire, le poids de la particule est corrigé par un rapport : P/P^* où P désigne la probabilité naturelle de l'évènement et P^* la probabilité biaisée résultant de la transformation exponentielle ou de l'emploi du rejet utilisé pour le choix de la collision.

A des énergies définies par l'utilisateur, TRIPOLI contrôle globalement la pondération et rectifie, si besoin est, le choix des poids $\bar{w}(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$. Ces énergies définissent des GROUPES DE PONDERATION qui forment nécessairement une partition des MACROGROUPES.

En fin de simulation, le programme édite sur option une carte caractérisant la précision atteinte par zone de l'espace des phases ($\vec{r} \times E$) et permettant éventuellement à l'utilisateur d'optimiser son choix des poids $\bar{w}(\vec{r}, E, \vec{\Omega})$.

1.3.5. Caractéristiques des sources

La distribution des sources en un point \vec{r} en fonction de l'énergie E et de la direction $\vec{\Omega}$ est pratiquement quelconque. Elle s'exprime analytiquement sous la forme :

$$s(\vec{r}, \vec{\Omega}, E) = \sum_{j=1}^J C_{M,j} F_j(\vec{r}) G_j(E) H_j(\vec{\Omega}, \vec{\Omega}_j(\vec{r}))$$

où les fonctions $F_j(\vec{r})$ sont décrites en coordonnées cartésiennes, sphériques ou cylindriques par des formes analytiques ou par valeurs numériques. $G_j(E)$ peut être un spectre en énergie donné par points, un spectre de raies ou le spectre de fission. La distribution angulaire des sources peut être isotrope, en cosinus ou donnée par points.

$\vec{\Omega}_j(\vec{r})$ est un vecteur unitaire dirigé suivant l'un des axes principaux du système de coordonnées.

Les résultats d'un calcul TRIPOLI sont normés :

- soit à l'intégrale $\iiint d\vec{r} \iint d\vec{\Omega} \int dE s(\vec{r}, \vec{\Omega}, E)$

- soit à une valeur fournie par l'utilisateur (puissance du coeur, puissance de la source)

.... / ...

1.3.6. Les résultats d'un calcul TRIPOLI

Le programme calcule des spectres moyens et des activités moyennes de détecteurs dans des volumes ou sur des portions de surfaces. Les écarts types sur les quantités calculées sont également donnés.

Les résultats sont obtenus en comptabilisant suivant les cas :

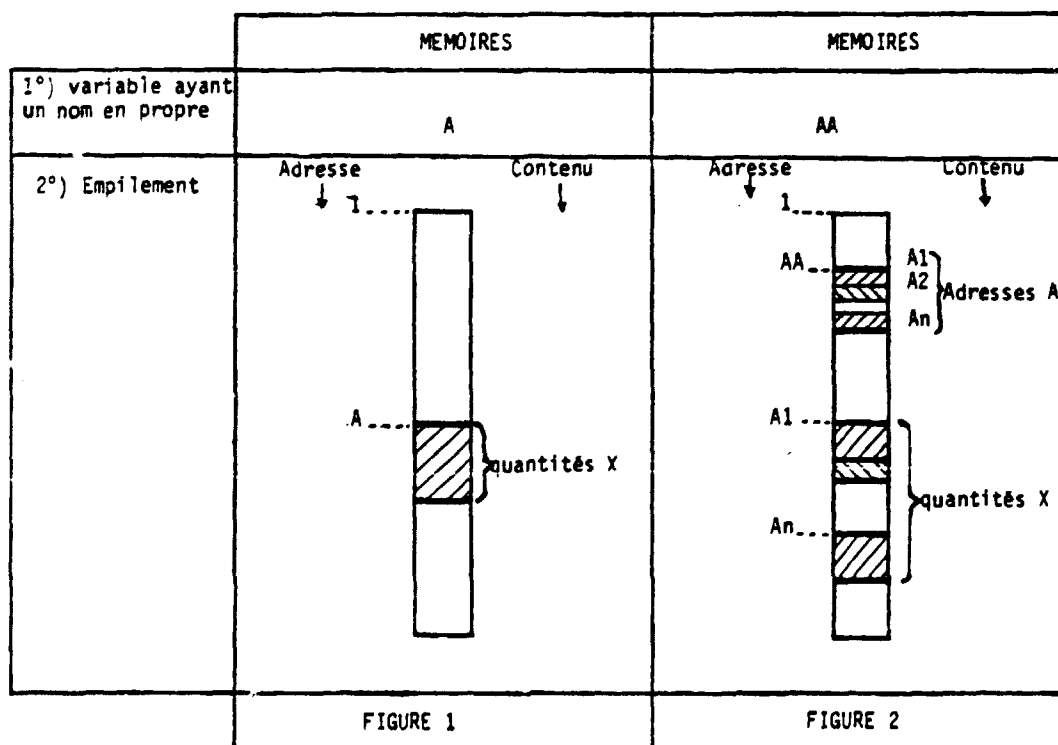
- le nombre de chocs dans un volume ou dans une réunion de volumes
- la longueur des trajectoires dans un volume ou dans une réunion de volumes
- le nombre de particules franchissant une surface

Sur option les spectres et les taux de réaction sont stockés sur bande magnétique dans le but d'être retraités par d'autres programmes.

1.3.7. Caractéristiques informatiques

1.3.7.1. Empilement

Etant donné la diversité des problèmes à traiter, il est indispensable de ne pas stocker les constantes nécessaires au traitement d'un problème dans des blocs de dimension figée. (certains problèmes ont une géométrie très complexe, d'autres font intervenir beaucoup de matériaux et d'éléments naturels, enfin certains nécessitent une description fine en énergie). Ceci a été obtenu en stockant de façon continue dans un bloc unique (appelé l'empilement) la quasi totalité des variables. Une quantité X d'une nature donnée est alors repérée par une adresse A (voir figure 1).



Il arrive parfois que l'adresse A soit elle-même dimensionnée, par exemple si X est bidimensionné. On a alors recours au procédé décrit par la figure 2, où l'adresse A est empilée dans le même bloc à l'adresse AA ayant un nom en propre.

Le bloc contenant l'empilement est en fait le recouvrement de 3 blocs (mis en équivalence) :

- un bloc de nombres réels à 4 octets
- un bloc de nombres entiers à 4 octets
- un bloc de nombres entiers à 2 octets.

(L'utilisation de demi-mots a permis d'utiliser une version antérieure du programme sur IBM 360.50, mais exclut son utilisation sur les ordinateurs qui n'admettent pas les demi-mots).

Certaines variables en nombre limité n'ont pas encore subi ce traitement : en dehors de la limitation due à la taille de l'empilement (fixée à 45000 mots environ), il existe donc encore quelques contraintes dues au dimensionnement. Ces contraintes seront supprimées.

1.3.7.2. Lectures des constantes

Toutes les constantes sont lues sans format : le positionnement des valeurs numériques sur les cartes est quelconque. Toutes les étapes du travail, exceptée la phase source, utilise la chaîne de sous-programmes de lecture : RPSLDR (voir annexe A.1). Les options sont communiquées au programme en clair, par des mots, et non par des variables à valeurs codées.

1.3.7.3. Fractionnement du travail en étapes

Il a été admis de fractionner en diverses étapes le passage complet du programme. L'utilisateur peut ainsi exécuter la totalité ou une partie seulement du travail complet : le transfert des informations d'une étape à la suivante se fait uniquement par bande magnétique. Cette possibilité donne au programme une plus grande souplesse et une sécurité d'emploi dans la mesure évidente où les bandes magnétiques sont privées.

Dans TRIPOLI (et non dans les programmes annexes que nous allons décrire), les bandes magnétiques liant les étapes entre elles ont toutes la même structure [5]. Elles contiennent des clefs et des valeurs numériques, précalculées au maximum, déjà mises sous la forme qu'elles auront dans l'empilement au moment de la simulation. Une clef contient les constantes données par l'utilisateur qui ont permis l'exécution d'une étape. Une bande produite par une étape, contient outre sa propre clef, les clefs des étapes qui l'ont précédée dans l'exécution du travail.

.../...

1.4. TRIPOLI ET SES PROGRAMMES ANNEXES

TRIPOLI	n'est chargé que des tâches de préparations de constantes (sections efficaces, pondération, géométrie, source) d'exécution de la simulation et d'édition des résultats. Un certain nombre d'autres programmes incorporés dans le "SYSTEME TRIPOLI" (sauf les deux derniers SPHINX 2 et GELIND) assurent des tâches annexes.
MIXER	effectue la gestion des résultats de plusieurs calculs TRIPOLI (combinaisons linéaires de plusieurs résultats, concaténation de résultats).
ANALYSE	imprime et/ou trace (sur BENSON ou IBM 2280) les sections efficaces totales des matériaux et les fonctions de réponses servant au calcul des activités. Imprime le détail des tables d'interactions nucléaires.
EXPLOITATION	assure le tracé (sur BENSON ou IBM 2280) des spectres calculés par TRIPOLI, avec éventuellement une réduction quelconque du nombre de groupes
RETRAITEMENT	le RETRAITEMENT est un programme dont les constantes sont des instructions analytiques faisant intervenir des résultats (spectres, taux de réactions) d'un ou plusieurs calculs TRIPOLI. Il permet de supprimer tout calcul manuel au moment de l'exploitation des résultats. Vu son intérêt, il peut être incorporé complètement dans le programme principal TRIPOLI.
VISPAR	visualise des histoires ou des chocs subis par certaines particules sélectionnées parmi la population selon certains critères. Les trajectoires ou les points de collisions des particules retenues sont projetés sur des plans quelconques fixés par l'utilisateur.

Parmi les critères de sélection citons :

- 1/ identification des particules qui contribuent à un résultat donné dans une portion de la géométrie. Il est alors possible de retracer l'histoire de ces particules, ce qui permet de visualiser les lieux de passage préférentiel des particules.
- 2/ détection de l'ensemble des points de l'espace des phases correspondant à un mauvais choix de l'importance $I(\vec{r}, \vec{\Omega}, E)$ (apparition de splitting et de roulette russe par exemple).

.../...

SPHINX 1	gère séparément les sous-programmes en FORTRAN ou les sous-programmes en binaire. Sera abandonné au profit de SPHINX 2.
SPHINX 2	permet la mise à jour des sous-programmes FORTRAN (correction des instructions FORTRANS, remplacement de sous-programmes complets) et assure la gestion <u>correspondante</u> du binaire. Il tient à jour la liste des modifications qui ont été apportées.
BIBLIO	programme assurant à la fois la concaténation de bibliothèques LINDA d'origines différentes et la création de bibliothèques LINDA partielles pour une catégorie de problèmes
GELIND	programmes de gestion des bandes bibliothèques LINDA : remise à jour, correction, perforation de données sur cartes, édition

1.5. HIERARCHIE DANS LES ETAPES AU COURS D'UNE EXECUTION

Nous avons vu précédemment (I.3.7.3.) que toute exécution d'un problème utilisant le SYSTEME TRIPOLI pouvait être scindée dans le temps en plusieurs étapes dont les deux niveaux essentiels sont : LE TRAVAIL et la PHASE.

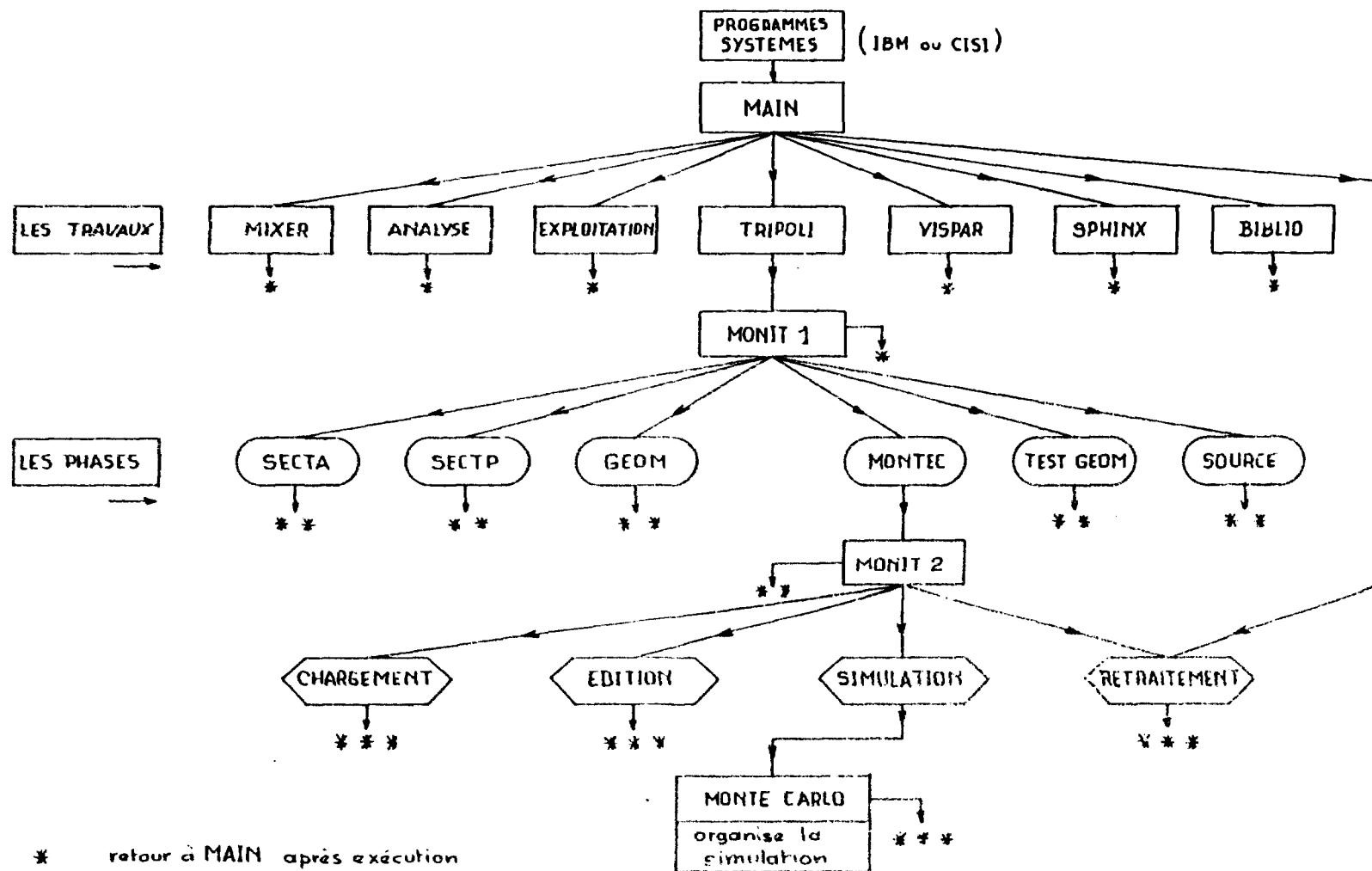
Un TRAVAIL consiste à exécuter l'un des programmes suivants : TRIPOLI, MIXER, ANALYSE, EXPLOITATION, RETRAITEMENT, VISPAR, SPHINX, BIBLIO. L'exécution de TRIPOLI, correspondant à de multiples tâches, a également été scindée en étapes : ce sont les PHASES. TRIPOLI comporte 6 PHASES : SECTA (préparation des constantes nucléaires), SECTP (préparation des données de pondération), GEOM (préparation des données de géométrie), TEST-GEOM (test et dessins de la géométrie), SOURCE (préparation et génération des particules sources) et MONTEC (simulation et édition des résultats). Le RETRAITEMENT, vu son utilité pour l'exploitation immédiate des résultats, est également considéré comme une suite de la phase MONTEC. Enfin la PHASE MONTEC est elle-même scindée en plusieurs parties dont les deux plus essentielles sont la simulation et l'édition. En fait, l'utilisateur n'a le choix qu'entre les deux possibilités suivantes pour la phase MONTEC :

- soit exécuter la simulation et l'édition (cas NORMAL)
- soit n'exécuter que l'édition (RECUPERATION de résultats).

L'organigramme I.5. a) résume ces considérations, qui du point de vue de l'informatique se présentent comme suit :

- le programme nécessaire à l'exécution d'un TRAVAIL est appelé par le PROGRAMME PRINCIPAL (MAIN). Si le travail demandé est TRIPOLI, MAIN passe le contrôle à un premier moniteur : MONIT1. Sinon le contrôle est donné au programme intéressé. En fin d'exécution du TRAVAIL, le contrôle est rendu à MAIN.

.../...



- * retour à MAIN après exécution
- * * retour à MONIT 1 après exécution
- * * * retour à MONIT 2 après exécution

1.5.2) ORGANIGRAMME DE PRINCIPES

- si le TRAVAIL demandé est TRIPOLI, le contrôle est assuré par MONIT1, qui appelle dans un ordre bien déterminé tout ou partie des 6 PHASES. Si l'utilisateur demande l'exécution de la phase MONTEC, le contrôle est passé à un second moniteur : MONIT2. En fin d'exécution de la PHASE, le contrôle est rendu à MONIT1.
- lorsque la phase MONTEC est demandée, MONIT2 appelle les programmes de chargement et de gestion des résultats des précédentes phases, fait exécuter la simulation (qui possède elle-même son propre moniteur MCARLO) et provoque l'édition des résultats

REMARQUE :

Pour des raisons de limitation de durée de LINKEDIT ou de chargement de LOAD MODULE, deux bandes incomplètes sont parfois créées :

- l'une ne contient que MAIN, TRIPOLI, BIBLIO, RETRAITEMENT, le reste étant fictif
- l'autre MAIN MIXER, ANALYSE, EXPLOITATION, VISPAR, SPHINX, le reste étant fictif.

I.6. ENTREE DES CONSTANTES PERMETTANT L'ENCHAINEMENT DES TRAVAUX ET DES PHASES

I.6.1. Demande d'un TRAVAIL

La demande d'un travail s'effectue au moyen d'une carte unique. Le premier groupement de caractères non blancs est le nom du programme demandé : TRIPOLI, MIXER, ANALYSE, EXPLOITATION, VISPAR, SPHINX, BIBLIO ou RETRAITEMENT. Le reste de la carte peut contenir un titre ou un commentaire éventuel. Cette carte est suivie de l'ensemble des cartes contenant toutes les constantes du TRAVAIL demandé. Il est ensuite possible d'enchaîner avec une autre demande de TRAVAIL (avec les réserves de la remarque figurant au chapitre I.5).

L'exemple 1 correspond à l'exécution du programme VISPAR

L'exemple 2 montre l'enchaînement de deux TRAVAUX : BIBLIO puis TRIPOLI

L'exemple 3 montre l'exécution d'un calcul TRIPOLI, comprenant en un seul TRAVAIL la SIMULATION, l'EDITION et le RETRAITEMENT.

L'exemple 4 correspond aux deux TRAVAUX : TRIPOLI et RETRAITEMENT, dont le résultat est analogue à celui obtenu par l'exemple 3, mais le second travail (RETRAITEMENT) peut être différé.

Exemple 1

1^{re} carte VISPAR VISUALISATION DES NEUTRONS ACTIVANT LA SODIUM SECONDAIRE

autres cartes { Constantes nécessaires au programme VISPAR

/*

Exemple 2

1^{re} carte BIBLIO CREATION D'UNE BIBLIOTHEQUE REDUITE H,O,FE,ZR,U235,U238

autres cartes { constantes nécessaires au programme BIBLIO

une carte TRIPOLI CALCUL DU 11-11-1974

autres cartes { constantes nécessaire au programme TRIPOLI

/*

- Exemple 3

1^{re} carte TRIPOLI CALCUL PEGASE

autres cartes { - constantes nécessaires à la phase MONTEC annonçant que le
RETRAITEMENT est fait en séquence (RETRAITEMENT EXECUTE)
autres cartes { - constantes du programme de RETRAITEMENT (considéré comme
appartenant à la phase MONTEC)

/*

- Exemple 4

1^{re} carte TRIPOLI CALCUL PHENIX INFERIEUR

autres cartes { constantes nécessaires à TRIPOLI dont celles de la phase MONTEC
annonçant que le RETRAITEMENT n'appartient pas à la phase MONTEC
(RETRAITEMENT PREVOIR)

UNE carte RETRAITEMENT CAS INFERIEUR

autres cartes { constantes du "TRAVAIL" RETRAITEMENT

/*

- Exemple 5

TRIFCLI CALCUL PEGASE
-9 6000 0

TEST

REMARQUE : (voir exemple 5)

En perforant le mot TEST dans les colonnes 77, 78, 79 et 80 de la carte demandant un TRAVAIL, on peut modifier des valeurs numériques initialisées par défaut dans le programme appelant : MAIN. Le processus de modification consiste à donner l'adresse de la quantité à modifier et la valeur désirée. L'origine des adresses est celle du premier mot du COMMON / PASSAG/. Ce commun est connu par la majorité des sous-programmes importants de TRIPOLI. On opère de la façon suivante :

1 carte demandant le TRAVAIL (TRIPOLI) ^{77 à 80}
TEST

- a) IADRES adresse positive, négative, ou nulle
 si IADRES > 0 on va stocker une valeur flottante à l'adresse IADRES
 ALLER en b);
 si IADRES < 0 on va stocker une valeur entière à l'adresse -IADRES
 ALLER en c)
 si IADRES = 0 on a terminé les entrées de valeurs spéciales
 ALLER en d)

- b) AFLOTT la valeur flottante
 ALLER en a)

- c) IENTIE la valeur entière
 ALLER en a)

- d) suite normale des constantes du TRAVAIL

Deux possibilités sont intéressantes pour l'utilisateur :

- la modification de la trappe de temps nécessaire à l'édition (voir tome VI, VI.1.9.)
L'adresse correspondante est 9, la valeur à introduire est la durée maximum d'édition
des résultats exprimée en centièmes de secondes (initialisée par défaut à 12000).
C'est une valeur entière.

- la modification du nombre maximum d'échantillons pour le calcul de SOMSOM (voir tome V,
V.1.4.) (limité à 300 même si la précision demandée n'est pas atteinte). L'adresse de cette
valeur entière est 13.

Les valeurs comprises entre les adresses 1 et 40 sont utilisées, celles dont l'adresse est
comprise entre 41 et 80 sont réservées. L'adresse maximum est 100.

.../...

1.6.2. Demande d'une PHASE, constantes monitrices, fichiers nécessaires

Nous avons vu (1.5) que le TRAVAIL TRIPOLI était scindé en 6 phases : SECTA, SECTP, GEOM, TEST-GEOM, SOURCE, MONTEC. Le but des constantes monitrices est de demander l'exécution d'une partie ou de la totalité des 6 phases.

Les règles d'entrée des constantes monitrices sont les suivantes :

- seules n'apparaissent que les PHASES à exécuter (phases appelées) et PHASES directement utilisées par les précédentes.
- le nom des PHASES à exécuter est suivi de l'option FAIRE
- le nom des PHASES utilisées par les précédentes est suivi de l'option EXISTE. Ces phases ont dû être exécutées au cours d'un passage antérieur
- chaque nom de PHASE n'apparaît pas ou apparaît une seule fois et dans l'ordre naturel (SECTA, SECTP, GEOM, TEST-GEOM, SOURCE, MONTEC)
- les cartes monitrices sont précédées par un titre
- les cartes monitrices se terminent par la directive FIN. Elles sont suivies par les constantes relatives à chaque phase à exécuter et ceci dans l'ordre naturel.

Le tableau 1.6.2. a) résume les phases utilisées pour chaque phase à exécuter. Il contient également les numéros logiques des bandes utilisées. On trouvera ci-après le schéma résumé d'entrée des constantes, qui sont lues par RPSLDR (tome I annexe 1).

1 carte titre colonnes 2 à 80
IX, 79 A1

1) PHASE nom d'une phase à exécuter ou utilisée *

OPTION FAIRE si la PHASE est à exécuter
EXISTE si la PHASE est utilisée et a été créée au cours
d'un passage antérieur
ALLER en 1) autant de fois que nécessaire puis
ALLER en 2)

2) FIN directive obligatoire.

* (deux mots dans le cas de TEST GEOM)

On trouvera dans 1.6.2.b) et 1.6.2.c) deux exemplaires de demandes de PHASE.

** Il s'agit des bandes privées servant de liaison entre les diverses phases et non des bandes banales utilisées temporairement au cours d'une phase. Les tomes II à IX donnent la liste complète des unités logiques nécessaires à une phase ou à un travail.

TABLEAU I.6.2. a)

PHASES		NUMEROS DE BANDES	
Appelées	Utilisées	Appelées	Crées
SECTA		09 (LINDA)	10
SECTP	SECTA	10	11
GEOM			12
TESTGEOM	GEOM	12	
SOURCE	SECTP	11	12
	GEOM	12	
MONTEC	SECTP	11	13
	GEOM	} 12 *	14
	SOURCE		(15)

Autres fichiers nécessaires : 01, 02, 03, 04

* même data set

- I-6-2 b)

```
/*
//GO.FT01F001 DD UNIT=SYSDA,DCB=(RECFM=VS,BLKSIZE=600),SPACE=(800,2000)
//GO.FT11F001 DD DSN=..... BANDE SECTP (PRIVEE)
//GO.FT12F001 DD DSN=..... BANDE GEOM-SOURCE (PRIVEE)
//GO.SYSIN DD *
      TRIPOLI      TEST DES CONSTANTES DU CAS OSIRIS
TITRE      DE LA PHASE MONITRICE
SECTP      EXISTE
GEOM       EXISTE
TEST      GEOM FAIRE
SOURCE     FAIRE
FIN
TITRE      PHASE TEST GEOM

      constantes relatives à la phase TEST-GEOM

FIN
TITRE      PHASE SOURCE

      constantes relatives à la phase SOURCE
/*
```

- I-6-2 c)

```
/*
//GO.FT11F001 DD UNIT=SYSDA,DCB=(RECFM=VS,BLKSIZE=800),SPACE=(800,2000)
//GO.FT02F001 DD UNIT=SYSDA,DCB=(RECFM=VS,BLKSIZE=800),SPACE=(800,2000)
//GO.FT03F001 DD UNIT=SYSDA,DCB=(RECFM=VS,BLKSIZE=800),SPACE=(800,2000)
//GO.FT04F001 DD UNIT=SYSDA,DCB=(RECFM=VS,BLKSIZE=800),SPACE=(800,2000)
//GO.FT10F001 DD DSN=..... BANDE SECTA (PRIVEE)
//GO.FT11F001 DD UNIT=SYSDA,DCB=(RECFM=VS,BLKSIZE=800),SPACE=(800,2000)
//GO.FT12F001 DD DSN=..... BANDE GEOM-SOURCE (PRIVEE)
//GO.FT13F001 DD UNIT=SYSDA,DCB=(RECFM=VS,BLKSIZE=800),SPACE=(800,2000)
//GO.FT14F001 DD DSN=..... BANDE RESULTATS (PRIVEE)
//GO.SYSIN DD *
      TRIPOLI      CALCUL NUMERO 17
TITRE      DE LA PHASE MONITRICE
SECTA      EXISTE      SECTP      FAIRE      GEOM      EXISTE
SOURCE     FAIRE
MONTEC     FAIRE
FIN
TITRE      DE LA PHASE SECTP

      constantes relatives à la phase SECTP

FIN
TITRE      DE LA PHASE SOURCE

      constantes relatives à la phase SOURCE

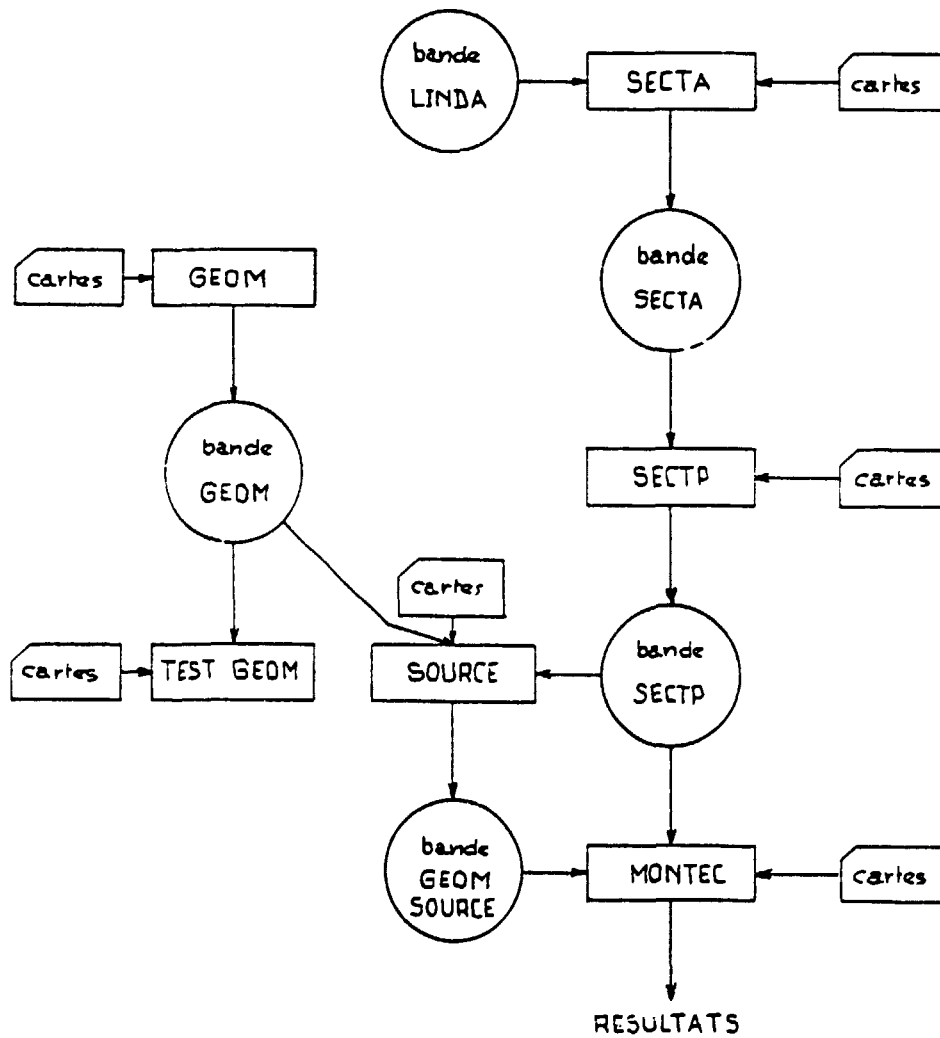
TITRE      DE LA PHASE MONTEC

      constantes relatives à la phase MONTEC

FIN
/*
```

I.6.3. Ordre conseillé pour la préparation d'un calcul TRIPOLI

Dans la préparation des constantes, il est conseillé de commencer par la PHASE GEOM, en notant que la description des lois de pondération et les demandes de résultats ont une influence sur la description de la géométrie. Ensuite, l'ordre de préparation des PHASES est : TEST-GEOM, SECTA, SECTP, SOURCE, MONTEC.



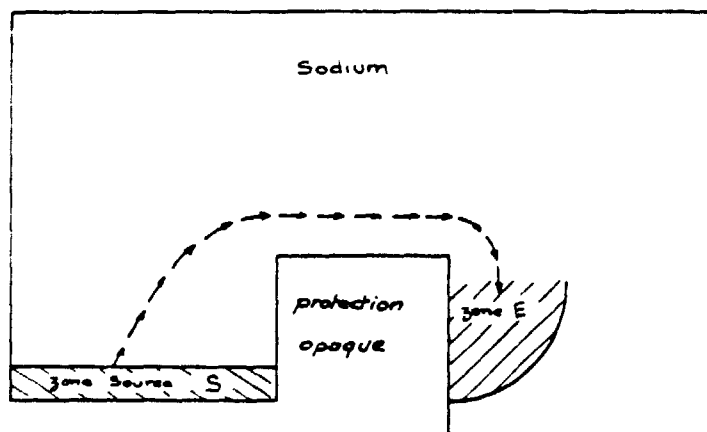
1.7. DESCRIPTION DES DEUX CAS TESTS

Pour chaque phase, deux exemples d'entrées de constantes sont présentés : ils sont appelés cas test n°1 et cas test n°2.

1.7.1. Cas test n° 1

Ce problème est peu réaliste du point de vue physique, mais a l'avantage de contenir les principales possibilités d'entrée de constantes de TRIPOLI. La géométrie (figure I.7.1) est la réduction d'une maquette destinée à l'étude du contournement d'une protection par des neutrons. Les neutrons sont émis dans toute la zone S, avec une distribution spatiale et énergétique sans réalité physique. On veut déterminer la réponse d'un détecteur de Mn/Cd au niveau de la zone E. Le chemin préférentiel des neutrons a lieu dans le sodium et comporte deux coudes (entre la zone S et la zone E, une protection très opaque est disposée).

Figure I.7.1

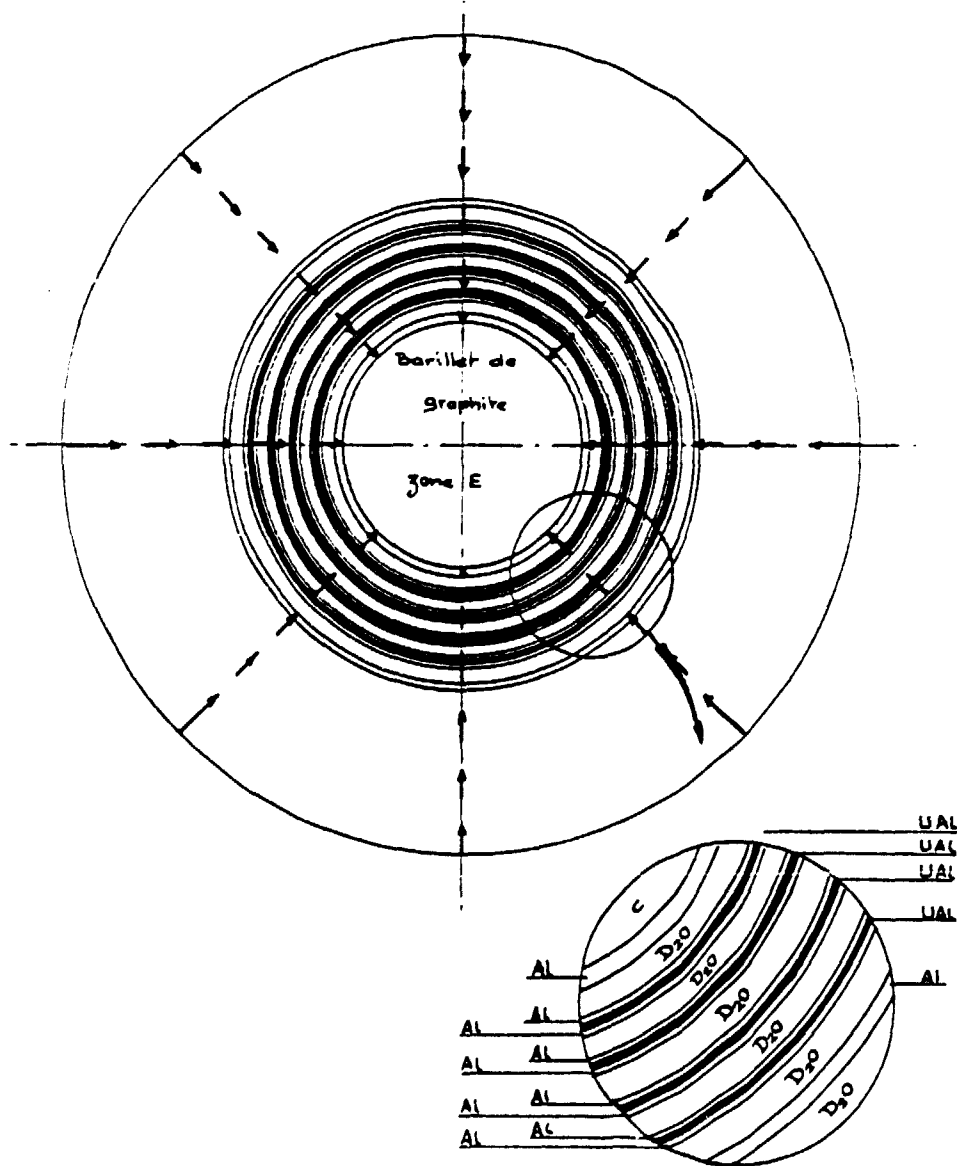


1.7.2. Cas test n° 2

Il s'agit d'un problème plus simple que le précédent, simulant l'emplacement de référence du réacteur DIDO.

La géométrie (figure I.7.2) est constituée par des plaques cylindriques d'un alliage U-Al gainées aluminium plongées dans de l'eau lourde. La partie centrale contient un barillet de graphite.

Figure I-7-2



ANNEXES

CONVENTIONS SUR L'ENTREE DES CONSTANTES - LEXIQUE DES TERMES UTILISES

A.1. Conventions et lecture par RPSLDE, RPSLDI, RPSLDR

A.1.1. Conventions sur la présentation de l'entrée des constantes

Les seules constantes que l'utilisateur doit fournir se trouvent dans la marge de gauche. Tout nom encadré, par exemple EQUATION doit être reproduit littéralement ; tout nom souligné par exemple NBGRPO correspond à la donnée d'une valeur numérique (exceptionnellement un mot, si l'entrée des constantes le précise). Sauf mention contraire, toutes les variables commençant par I, J, K, L, M, N sont des variables entières, les autres étant des variables réelles (flottantes).

A.1.2. Lecture par RPSLDE

Ce sous-programme permet de lire des valeurs numériques sur cartes et de les stocker dans des variables réelles. Les valeurs peuvent être données avec ou sans exposant :

1.0E2 ou 100.

Dans le cas de valeurs réelles multiples de l'unité données sans exposant, le point n'est pas obligatoire, mais vivement conseillé (détection d'erreurs possible). Les valeurs numériques sont séparées entre elles par un ou plusieurs blancs (ce qui est conseillé), par un caractère spécial ou par une fin de carte (ce qui exclut d'avoir une même valeur numérique s'étendant sur deux cartes). Les valeurs numériques doivent être perforées entre les colonnes 1 et 72 incluses, les colonnes 73 à 80 étant réservées à des commentaires ; la position des valeurs sur une carte est quelconque.

A.1.3. Lecture par RPSLDI

Même fonction que RPSLDE, mais pour des valeurs numériques entières. La lecture d'un nombre réel par RPSLDI provoque un diagnostic d'erreur (ERREUR FLOTTANT/ENTIER).

A.1.4. Lecture par RPSLDR

Le sous-programme RPSLDR permet de lire à la fois les quantités suivantes :

- des valeurs réelles
- des valeurs entières
- des mots (directives ou options)

Ces quantités peuvent être séparées par :

- 1 un ou plusieurs blancs
- 2 une fin de carte
- 3 une transition quelconque entre un mot et un nombre
- 4 un caractère spécial qui peut être connu et utilisé comme signe conventionnel

Dans le SYSTEME TRIPOLI, le caractère spécial étant parfois utilisé pour repérer des groupements de constantes, il est interdit, sauf mention explicite dans l'entrée des constantes, d'utiliser un caractère spécial comme séparateur.

Les valeurs réelles ou entières sont soumises aux mêmes règles que celles énoncées pour les sous-programmes RPSLDE et RPSLDI, avec la réserve énoncée ci-dessus sur le caractère séparateur.

Les mots sont de deux types :

- les directives qui annoncent généralement la lecture d'un ensemble de constantes ayant trait à un même sujet (exemple : directive EQUATION). Du point de vue de l'informatique, la lecture d'une directive provoque l'appel à un sous-programme analysant les constantes lues jusqu'à la prochaine directive.
- les options qui permettent de choisir par des mots en clair entre plusieurs possibilités (exemple : PLAN, SPHERE, ...)

Pour l'utilisateur, les options et les directives n'ont pas besoin d'être distinguées puisque ce sont des mots satisfaisant aux mêmes critères :

- ils sont disposés sur la carte, à un emplacement quelconque, mais de façon compacte, (sans blanc à l'intérieur du mot par exemple) entre les colonnes 1 et 72 incluses (les colonnes 73 à 80 peuvent contenir des commentaires)
- ils sont composés de 1 à 6 lettres, les mots de 6 lettres pouvant être complétés par un nombre quelconque de lettres (exemple : NOMBREUX, NOMBREUSES, NOMBREUSE, correspondent à la même option que NOMBRE)
- l'orthographe doit être respectée rigoureusement, du moins pour les 6 premières lettres.

A.2. MACROGROUPE

Le domaine total d'énergie est découpé en MACROGROUPEs. Seules les constantes nucléaires d'un macrogroupe donné figurent en mémoires rapides à un instant de la simulation (exception faite pour les sections totales et fonctions de réponse des détecteurs, sur option). Les énergies limites des macrogroupes doivent être des bornes du découpage n° 1 permettant la description des constantes nucléaires (Tome II, II.3.1.3., II.4.1., II.4.2.). Elles sont données dans la phase SECTA.

A.3. SENTINELLE

La sentinelle est un entier repérant :

- l'origine des constantes nucléaires (évaluation, laboratoire)
- le type d'interaction décrite (élastique, inélastique, ...)
- le type de loi décrite pour l'interaction considérée (anisotropie, section efficace)

Les conventions sont décrites précisément au tome VII (paragraphe VII.2.2.). Les sentinelles sont utilisées dans la phase SECTA, tome II, (II.3.1.6.) et (II.3.1.8.).

A.4. LISTE DE PONDERATION

On appelle LISTE DE PONDERATION, une collection de MAILLES dont les paramètres de pondération sont les mêmes. Les paramètres de pondération sont constitués par la valeur K et la fonction $\bar{\omega}_3(E)$ associée (tome III, III.1.6.). La collection de MAILLES appartenant à une LISTE est définie dans la PHASE SECTP (tome III, III.3.4.). Les valeurs de K sont données par l'utilisateur en III.3.5. et les $\bar{\omega}_3(E)$ en III.3.9.

A.5. CHAMPS DE VECTEURS D'INTERET

En tout point \vec{r} est défini un vecteur unitaire $\vec{\Omega}_0(\vec{r})$ appelé VECTEUR D'INTERET. Les lignes de force orientées associées à ce champ de VECTEURS D'INTERET se dirigent vers la zone d'intérêt. Les surfaces EQUIPOIDS (tome III, III.1.3.), lieu des points où le poids spatial est constant, sont en tout point normales aux lignes de force.

A.6. MAILLE

La MAILLE est une partie de l'espace constituée d'une même composition chimique unique. Tous les points de la MAILLE admettent les mêmes types de pondération (LISTE DE PONDERATION, CHAMP DE VECTEURS D'INTERET). Les résultats donnés par TRIPOLI (spectres, taux de réaction) sont des valeurs moyennes ou intégrées, soit sur le volume entier de la MAILLE, soit sur la totalité d'une portion de surface limitant la MAILLE.

Dans la version 1974 de TRIPOLI, la MAILLE est identique au VOLUME de même numéro d'ordre.

La MAILLE, dans la version en cours de tests, est une réunion d'un ou plusieurs VOLUMES et de certains PAVES appartenant à une ou plusieurs BOITES.

Les MAILLES sont définies au tome IV et utilisées aux tomes III, V, VI.

A.7. VOLUME

Le VOLUME est une notion purement géométrique : c'est une partie de l'espace simplement connexe limitée par des portions de plans et de quadriques, telle que chacun de ses points rend d'un signe constant les formes linéaires et quadratiques des surfaces la limitant. Le VOLUME est une partie ou la totalité d'une MAILLE ce qui impose en particulier qu'il soit homogène chimiquement et qu'il admette en tout point un même type de lois de pondération (voir A.6.) (liste de pondération (A.4), champ de vecteurs d'intérêt (A.5.)).

A.8. BOITE

La BOITE est un parallélépipède dont les faces sont perpendiculaires aux directions principales Ox, Oy et Oz. Elle n'est pas soumise à d'autres contraintes (composition chimique, encaissements, pondération...). La BOITE est divisée en PAVES.

A.9. PAVES

Les PAVES constituent une partition de la BOITE : ce sont des parallélépipèdes dont les faces sont perpendiculaires aux axes principaux Ox, Oy, Oz. Le PAVE étant un élément constitutif de la MAILLE, toutes les conditions requises pour former une MAILLE s'appliquent au PAVE (composition chimique, liste de pondération, (A.4), champ de vecteur d'intérêt, (A.5), encaissement).

A.10. GROUPES DE PONDERATION

Aux énergies limites des GROUPES DE PONDERATION, la taille de la population de particules simulées est contrôlée. Les importances peuvent alors être ajustées par le programme avec des critères portant sur la taille de la population. Le programme corrige une mauvaise association entre les valeurs de K et les fonctions $\overline{\omega}_3(E)$. Les GROUPES DE PONDERATION sont tels que tout MACROGROUPE contienne entièrement un ou plusieurs GROUPES DE PONDERATION. Les sources sont émises par GROUPE DE PONDERATION. Ces GROUPES DE PONDERATION sont définis par l'utilisateur dans la PHASE SOURCE (tome V, V.2. b)) et utilisés dans la PHASE MONTEC (tome VI).

BIBLIOGRAPHIE

- [1] L. BOURDET - S. KATZ - J.C. NIMAL - T. VERGNAUD
Programme de Monte Carlo à trois dimensions polycyclétique TRIPOLI
4ème Conférence Internationale sur la Protection des Réacteurs
(PARIS 9.13 octobre 1972)

- [2] J.C. NIMAL - J. RASTOIN
Méthodes de Monte Carlo
Note CEA.N.533 (Avril 1965)

- [3] F. H. CLARK
The Exponential Transform as an Importance Sampling Device
A Review ORNL RSIC 14

- [4] C. DEVILLERS - S. KATZ - J.C. NIMAL
Quelques remarques sur la pondération dans les méthodes de Monte Carlo
Note CEA.N. 644 (Juin 1967)

- [5] Document interne non diffusé

Manuscrit reçu le 23 août 1976



*Edite par
le Service de Documentation
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay
Boîte Postale n° 2
91190 GIF SUR YVETTE (France)*