



NT	SPRC	LEDC	97-438	HO-0-5010-5482	4201	ERANOS		1/15
NATURE	SERVICE ou CELLULE	LABORATOIRE	N° CHRONO	FICHE ACTION-CEA	FICHE ACTION COOPERATIVE	CLASSEMENT UNITE	CLASSEMENT C.VAC	PAGE

Note Technique

TITRE: ERANOS 1.2: Note de présentation d'un nouveau schéma de calcul de projet « neutronique cœur ».

AUTEUR(S): S.CZERNECKI*, F.VARAINÉ.

RESUME: Cette note présente dans ses grandes lignes le nouveau schéma de calcul de projet « neutronique cœur » du formulaire ERANOS. Ce schéma est basé sur les nouvelles fonctionnalités du système de code pour le calcul des réacteurs à neutrons rapides ERANOS 1.2. Il utilise en particulier la bibliothèque ajustée ERALIB1, le nouveau code de cellule européen ECCO et le code de calcul spatial TGV.

La note présente aussi toute la documentation associée à ce nouveau schéma.

*Thèse CTCl.

MOTSCLES: NEUTRONIQUE, ERANOS, SCHEMA DE CALCUL

(12/97- 97-438.DOC)

Indice: 0	Visa Rédacteur	Visa Vérificateur	Visa A.Q.	Visa Emetteur
Date d'émission	S.CZERNECKI	J.TOMMASI	A.BERNARD	Chef du DER/SPRC/LEDC M.DELPECH

En l'absence d'accord ou de contrat, la diffusion des informations contenues dans ce document auprès d'un organisme tiers extérieur au CEA est soumise à l'accord du Chef de Département.

Cadre de réalisation du document.
Fiche action 4201

CLASSIFICATION				
DR	CC	CD	SD	sans
				X



DRN

DER

NT-SPRC-LEDC-97-438

0

2/15

REFERENCE

INDICE

PAGE

Indice

	OBJETDESREVISIONS	DATE	N°CHRONO
0	Emissioninitiale		97-438

TABLEDES MATIERES

TABLEDES MATIERES	3
1)INTRODUCTION	4
2)LESCHEMADECALCULDEPROJET	4
2.1)LESCALCULSDECELLULES	6
2.2)LETRAITEMENTDES BARRESDECOMMANDES	7
2.3)LESCALCULSSPATIAUX	7
2.4)LESCALCULSD'EVOLUTION	8
2.5)LESGRANDEURSCARACTERISTIQUES	8
3)LADOCUMENTATION	9
REFERENCES	11
ANNEXE1	14
<u>Logigrammeduschémadecalculdeprojet« neutroniquecœur »</u>	14
ANNEXE2	15
<u>Chaîned'évolutionduschémadecalculduprojet(18noyauxlourds)</u>	15

1) INTRODUCTION

ERANOS est le nouveau formulaire applicable aux calculs neutroniques des réacteurs à neutrons rapides [1,2]. Un formulaire est rattaché à cet outil permettant de déterminer l'ensemble des grandeurs physiques des cœurs de réacteur. C'est un ensemble complexe, il se compose principalement:

- de bibliothèques de données de base
- de différentes méthodes, options de calcul plus ou moins figées, ce qui définit un schéma de calcul
- d'une qualification sur des expériences intégrales
- d'un domaine de validation

On peut alors définir deux schémas de calcul. Un, dit de référence, dans lequel n'est prise en compte aucune considération de coût dans le choix des options de calcul et qui doit posséder la précision optimale sur les grandeurs physiques d'un réacteur. Un autre, dit de projet, qui à partir d'hypothèses simplificatrices mais maîtrisées par rapport à la référence, doit trouver le meilleur compromis possible entre la précision obtenue et le coût du calcul pour permettre des calculs répétitifs.

Cette note présente les options retenues pour le schéma de calcul de projet en s'appuyant sur la note LEPh96-220 [1] qui fixe les orientations. De plus, ce document renvoie à tous les documents attachés à ce schéma (cf. §3).

2) LE SCHEMA DE CALCUL DE PROJET

Le schéma de calculs est inscrit dans le formulaire ERANOS et le système de code associé. Ils agissent pour définir de choisir parmi un ensemble d'options de méthodes numériques celles qui permettent d'atteindre toutes les grandeurs physiques du réacteur utiles au projet en prenant en compte les contraintes de précision et de coût.

Généralement, tous les paramètres neutroniques d'un réacteur s'obtiennent à partir du flux décrivant la distribution des neutrons dans le cœur. Ce flux est obtenu par résolution de l'équation de Boltzmann. La complexité de la résolution de cette équation entraîne l'utilisation de la méthode de déterministe dans un formalisme multigroupe pour résoudre cette équation en deux étapes:

1. des calculs de cellules
2. des calculs de cœur

Indice

Le schéma de calcul de projet utilise cette approche, ce qui se traduit par le traitement des cellules par le code ECCO [1, 15] alimenté par les données de base ERALIB1 [3], puis le traitement du réacteur par les modules spatiaux suivants, le code TGV/VARIANT [1, 10] et le code de diffusion en différences finies d'ERANOS 1.2 [4] alimentés par les sections efficaces provenant d'ECCO. L'ensemble du schéma et l'articulation de ces deux étapes sont présentés par les logigrammes suivants. Chaque partie sera explicitée plus en détail dans les paragraphes suivants. Un logigramme général se trouve dans l'annexe 1.

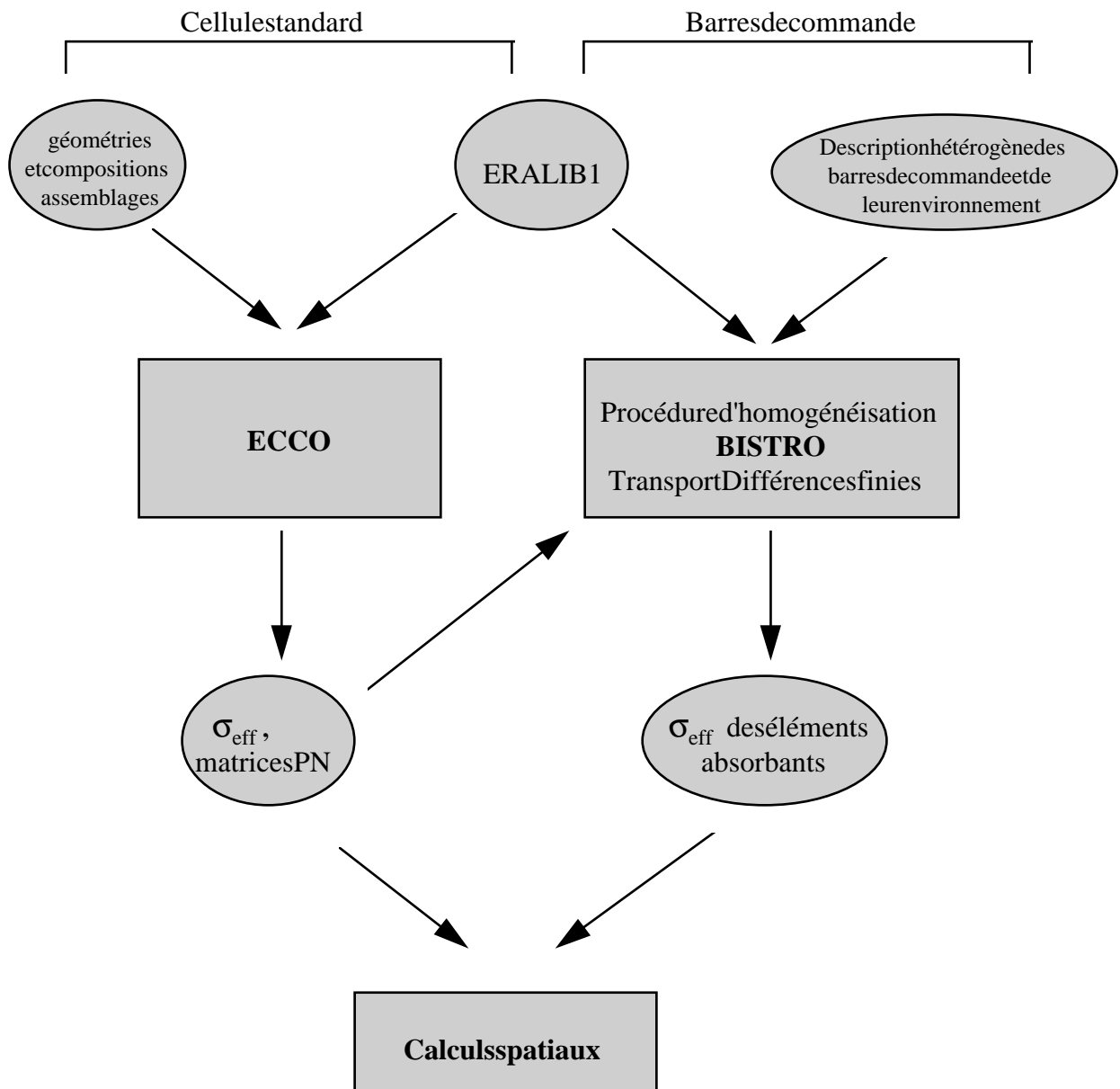


Figure 1: Logigramme des calculs cellules et de préparation des données de base alimentant les calculs spatiaux

Indice

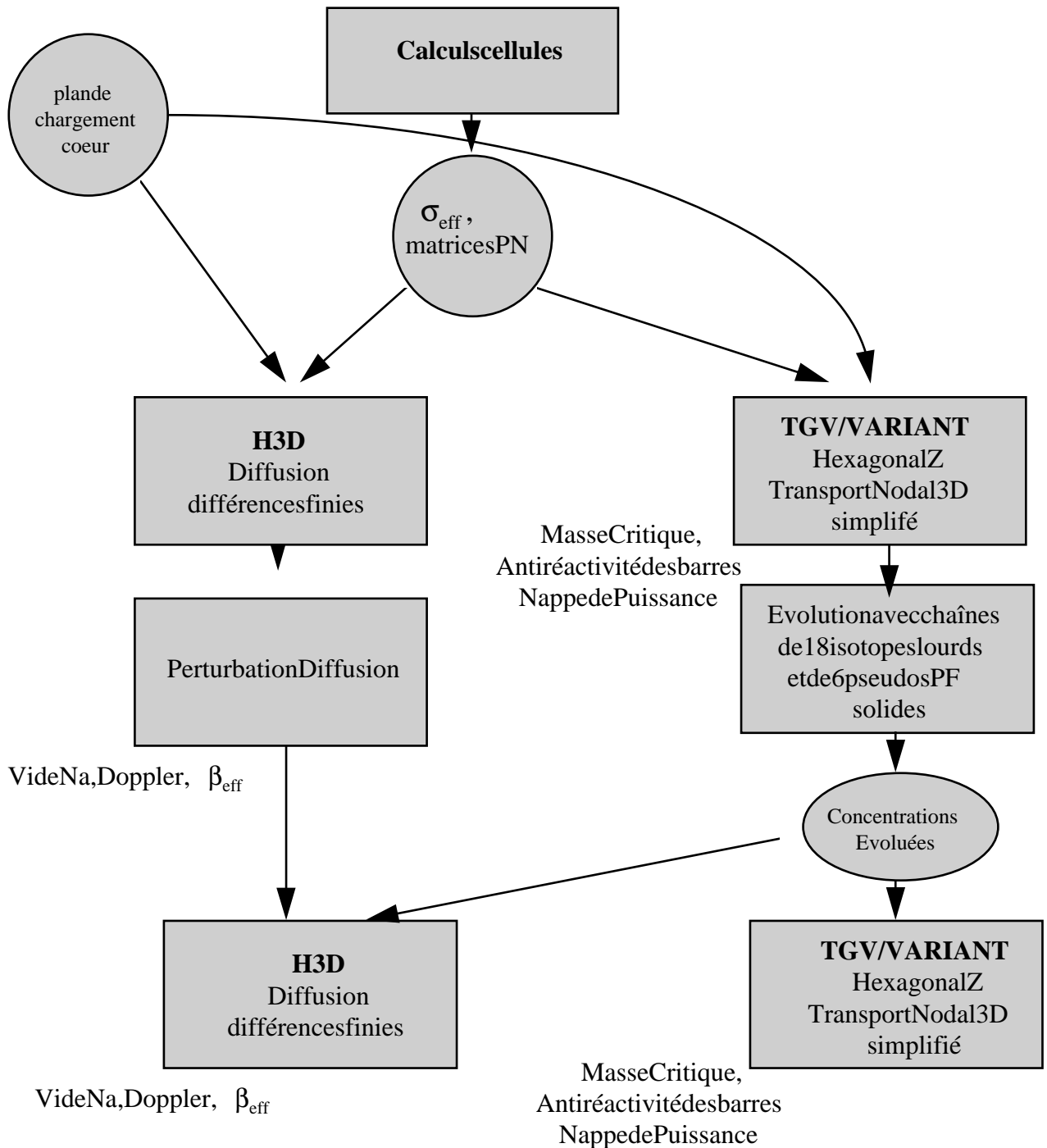


Figure 2: Logigrammedescalculsspatiaux

2.1) LESCALCULSDECELLULES

Les calculs de cellules du schéma de projets ont été effectués avec le code ECCO. La route de projet est basée sur une séparation entre le traitement du ralenti élastique qui s'effectue en géométrie homogène mais dans un découpage énergétique fin (1968 groupes) et le traitement de l'autoprotection en géométrie hétérogène mais dans un découpage énergétique

large(33groupes).Concernantlestraitementsalgorithmiquesd'ECCO,ladescriptiondétailléeet lajustificationdesoptionsretenuesdansleschémadeprojetpourlescalculsdecellulesont décritesdanslesnotes[1]et[6].L'applicationdecetterouteàSuper-Phénixestdécritedansla noteenréférences[6].

ECCOestalimentéparsesbibliothèquesd'application.Unebibliothèqued'applicationestun fichierdanslequellesdonnéesnucléairesontétémisésaufORMATMULTIGROUPEDIRECTEMENTLISIBLE parlecode.Lacréationdecesbibliothèquesd'applicationestdécritedanslesnotes[1,3,13et 14].Lesdonnéesnucléairesrésultentdel'ajustementdesdonnéesdeJEF2surungrand nombre d'expériencesintégralesetconstituentlabibliothèqueERALIB1.Cesbibliothèquesetla procédure d'ajustementsontdécritesdanslanote[3].

2.2)LETRAITEMENTDESBARRESDECOMMANDES

Concernantlesbarresdecommande,leprincipalproblèmedansleurmodélisationestlapriseen comptedeleurhétérogénéité[16,17].Ceteffetn'étaitpasbienmodélisédansleformulaire CARNAVAL-IV/CCRR,c'estpourquoiuneprocédurespécifiqueavecBISTROaétédéveloppée. Elleestdécritedanslanote[1].Cettedprocédureestretenuepourleschémadeprojetetson applicationauxbarresdecommandedeSuper-Phénixestdécriteendétaildanslanote référencée[6].

2.3)LESCALCULSSPATIAUX

LescalculsspatiauxsontalimentésparlessectionsefficaçesissuesducodedecelluleECCO. Letransfertdecesdonnéesestdécritdanslanote[9].Lebutdescalculsspatiauxestsoitde déterminerlavaleurpropredelaconfigurationdecœurétudiée,soitd'obtenirladistributionde la populationneutronique.Lelogigrammemontrequeleschémadeprojetutilise deuxroutes,l'une basée surlecode TGV/VARIANT,l'autre basée surlecode H3Dendifférences finies,mais toujours dans des géométries à trois dimensions (Hexagonale-Z). Lavoi principale est celle qui utilise TGV/VARIANT. Sans présenter en détail les méthodes utilisées dans le code qui sont décrites dans les notes [1] et [10], il faut néanmoins résumer celles-ci afin que les options de calcul retenues dans le schéma de calcul de projet soient clairement identifiées. TGV/VARIANT est basée sur la méthode nodale variationnelle. Elle recherche à l'intérieur de chaque élément de volume, appelé nœud, à minimiser une fonctionnelle. Cette fonctionnelle est une forme intégrale de l'équation de Boltzmann avec ses conditions aux limites. La fonction qui minimise cette fonctionnelle est le flux neutronique, solution du problème. La recherche de ce minimum s'effectue après avoir décomposé le flux en fonction de l'angle et de la position sur une base de

fonctions dépendant pour les unes, de l'angle (harmoniques sphériques), pour les autres, de la position (polynômes orthogonaux). Le degré de développement est à la discrétion de l'utilisateur. Néanmoins, dans le cadre d'une chaîne de calcul figée, les options du schéma de projet sont les suivantes:

- pour le développement angulaire, à l'ordre 3 avec l'utilisation des harmoniques sphériques simplifiées ([1] et [11]). C'est ce qu'on appelle le transport simplifié.
- pour le développement spatial, il faut fixer le degré de développement du flux à l'intérieur de chaque œuf, sur les interfaces et des sources. Le triplet retenu est respectivement 6, 0 et 1.

Pour des raisons d'exploitation, le flux neutronique issu de VARIANT est reconstruit sur le maillage le plus courant dans le système de code d'ERANOS, à savoir 7 points de calcul par coupe radiale de l'assemblage. Cette reconstruction est effectuée à partir des moments calculés du flux. Evidemment, plus le flux à l'intérieur d'un œuf est développé, plus la reconstruction est précise [12]. Actuellement dans TGV, le nombre des moments du flux stockés qui serviront à la reconstruction ultérieure est fixé par le développement spatial de la source. C'est pourquoi, l'utilisateur devra augmenter le développement spatial de la source pour améliorer la qualité de la reconstruction.

De plus, le flux directement issu de TGV a une structure différente du flux utilisé jusqu'alors. On ne peut pas, pour l'instant, réaliser des calculs d'intégrales simples ou doubles sur ce flux. C'est pourquoi, il existe l'autre voie basée sur le code H3D et différences finies pour permettre des études nécessitant le calcul de ces intégrales comme toutes les études de perturbation [18].

2.4) LES CALCULS D'EVOLUTION

Les calculs d'évolution ont pour but de modéliser l'évolution du combustible sous l'influence d'un flux neutronique. Afin de réaliser ces calculs, il faut modéliser la chaîne d'évolution des isotopes lourds et l'apparition des produits de fission au cours du fonctionnement en puissance. Dans le schéma de projet, la chaîne d'évolution est composée de 18 isotopes lourds et on utilise 6 pseudo-produits de fission, un isotope lourd important (U235, U238, Pu239, Pu240, Pu241 et Pu242). L'ensemble est présenté en détail dans la note [1] et la chaîne d'évolution des isotopes lourds est rattachée en annexe 1.

2.5) LES GRANDEURS CARACTERISTIQUES

L'ensemble des grandeurs physiques d'un réacteur que le schéma de calcul « neutronique cœur » doit calculer sont:

- lamassecritique
- leseffetsenréactivitéliésàl'évolutionducombustible
- leseffetsenréactivitédesbarresdecommande
- leseffetsenréactivitéliésauxconditionsdefonctionnement
- l'effetDoppler
- l'effeted'unevidangecomplèteoupartielledusodium
- lesdistributionsspatiales:
 - ◊ depuissancevolumiqueetlinéique
 - ◊ deflux
 - ◊ dedommageauxstructures

L'obtentiondecesparamètresestdéjàdécritédanslanote[1]etseradétailléesouslaformede fichesdecalculdanslanote[8].

3) LADOCUMENTATION

Leschémadecalculdeprojets'inscrivantdanslenouveaufactureERANOS,ladocumentationrelativeàcefactureregroupéesousladénominationERANOS1.2s'appliqueaussiàceschéma,enparticulierlanotedepésentation[1et2]etlesnotesphysiques[3et4]. Concernantleschémadeprojetproprementdit,plusieursnotesontattachéesensusdela présente:

- **ERANOS1.2:Notedequalificationetdevalidationduschémadecalculdeprojet «neutroniquecœur »surSUPER-PHENIX.[5]** CettenotepésentelaqualificationduschémasurleretourxpérimentalissudeSuper-Phénixpourtouteslesgrandeursphysiquesoùlamatièrexpérimentaleexiste.Lorsqu'aucuneinformationxpérimentale n'existesurunparamètre,unevalidationparrapportàlaroutederéférenceaétéeffectuée.
- **ERANOS1.2:Noticed'utilisationduschémadecalculdeprojet« neutronique cœur».[6]** Cettenoteexpliquecommentobtenirtouteslesgrandeursphysiquesimportantes pourlasûretéetlefonctionnementduréacteur.Ellepréciseaussilaméthodologie d'obtentiondesdonnéesdebasequialimententlescalculsspatiaux.Elleexpliqueenfinle couplageaveclesdifférentscodesaval.
- **ERANOS1.2:Noticed'utilisationdesprocéduresPROJERIX.[7]** Cettenoteconstituele manueld'utilisationdesprocéduresréalisantlecalculspatialdufluxneutroniqueetlesuivi d'unréacteur.

Indice

- **ERANOS1.2: Procédures SIRENE pour le post-traitement des études projets.**

Notice**de représentation et d'utilisation [8].**

Cette note constitue le manuel d'utilisation des procédures réalisant l'exploitation des résultats de calcul obtenus avec ERANOS1.2. Ces procédures facilitent grandement le travail de l'utilisateur pour la recherche et l'exploitation de l'information voulue.

REFERENCES

[1] SchémadecalculderéférenceduformulaireERANOSetorientationspourleschéma
decalculdeprojet.

G.RIMPAULTetal.

NoteTechniqueDER/SPRC/LEPh/96-220.

[2] Noticedepésentationd'ERANOS-Version1.2

R.JACQMINetal.

NoteTechniqueDER/SPRC/LEPh/97-244.

[3] PrincipesthéoriquesetméthodologiespourlavaliationdeJEF2.Applicationàla
réalisationdeERALIB1,bibliothèquededonnéesneutroniquespourlecalculdessystèmesà
spectrerapide.

E.FORTetal.

NoteTechniqueDER/SPRC/LEPh/97-228.

[4] MANUELUTILISATEUR-Descriptiondesfonctions.

CISI:ERANOS-97/MU/002version1.2.

[5] ERANOS1.2:Notedequalificationetdevalidationduschémadecalculdeprojet
«neutroniquecœur »surSuper-Phénix.

S.CZERNECKI,F.VARAINÉ,J.TOMMASI.

NoteTechniqueDER/SPRC/LEDC/97-440.

[6] ERANOS1.2:Noticed'utilisationduschémadecalculdeprojet« neutroniquecœur ».

F.VARAINÉ,S.CZERNECKI.

NoteTechniqueDER/SPRC/LEDC/97-439.

[7] ERANOS1.2:Noticed'utilisationdesprocéduresPROJERIX.

S.CZERNECKI,F.VARAINÉ.

NoteTechniqueDER/SPRC/LEDC/97-437.

- [8] ERANOS1.2:ProcéduresSIRENEpourlepost-traitementdesétudesprojets.
Noticedepresentationetd'utilisation.
F.MELLIER.
NoteTechniqueDER/SPRC/LEDC/97-436.
- [9] ERANOS:Manueldesméthodes.Transfertsinternes dedonnéesnucléaires.
G.RIMPAULT,D.HONDE,J.M.RIEUNIER.
NoteTechniqueDER/SPRC/LEPh/93-252-Révision1.
- [10] ERANOS:Manueldesméthodes.ModuleTGV.
G.PALMIOTTI,J.M.RIEUNIER,J.Y.DORIATH.
NoteTechniqueDER/SPRC/LEPh/91-208.
- [11] Simplifiedsphericalharmonicsinthevariationalnodalmethod.
E.E.LEWIS,G.PALMIOTTI.
NSE **126**,48-58(1997).
- [12] Reconstructionfinied'unfluxnodal.
J.M.RUGGIERI.
NoteCISI/DOPTGV.FLUX/NT/001.
- [13] ValidationphysiquedunouveaucodedecelluleeuropéenE CCOpourlecalculdes
coefficientsderéactivitédesréacteursREPetRNR.
S.RAHLFS.
Thèsedel'universitédeProvence(AIX-MARSEILLEI)soutenuelle19.06.1996.
- [14] TheECCO/JEF2library.
G.RIMPAULTetal.
NoteTechniqueDER/SPRC/LEPh/92-231.

[15] ERANOS.Manueldesméthodes:LecodedecelluleECCO.

G.RIMPAULT.

RapportTechniqueDER/SPRC/LEPh/97-01.

[16] Interprétationdel'écartcalcul-expériencesurlavaleurdel'antiréactivitédesbarresde commandeudémarragedeSPX1.

M.SALVATORESetal.

NoteTechniqueDRNR/SPCI/LEPh87/214.

[17] Bilandescomparaisonscalculs(Projet)/expériencesaudémarragedeSPX1.

G.FLAMENBAUM.

NotetechniqueDRNR/SPCI/LNSC/87-343.

[18] ERANOS.Manueldesméthodes:Lescalculsdeperturbationetlesanalysesde sensibilité.

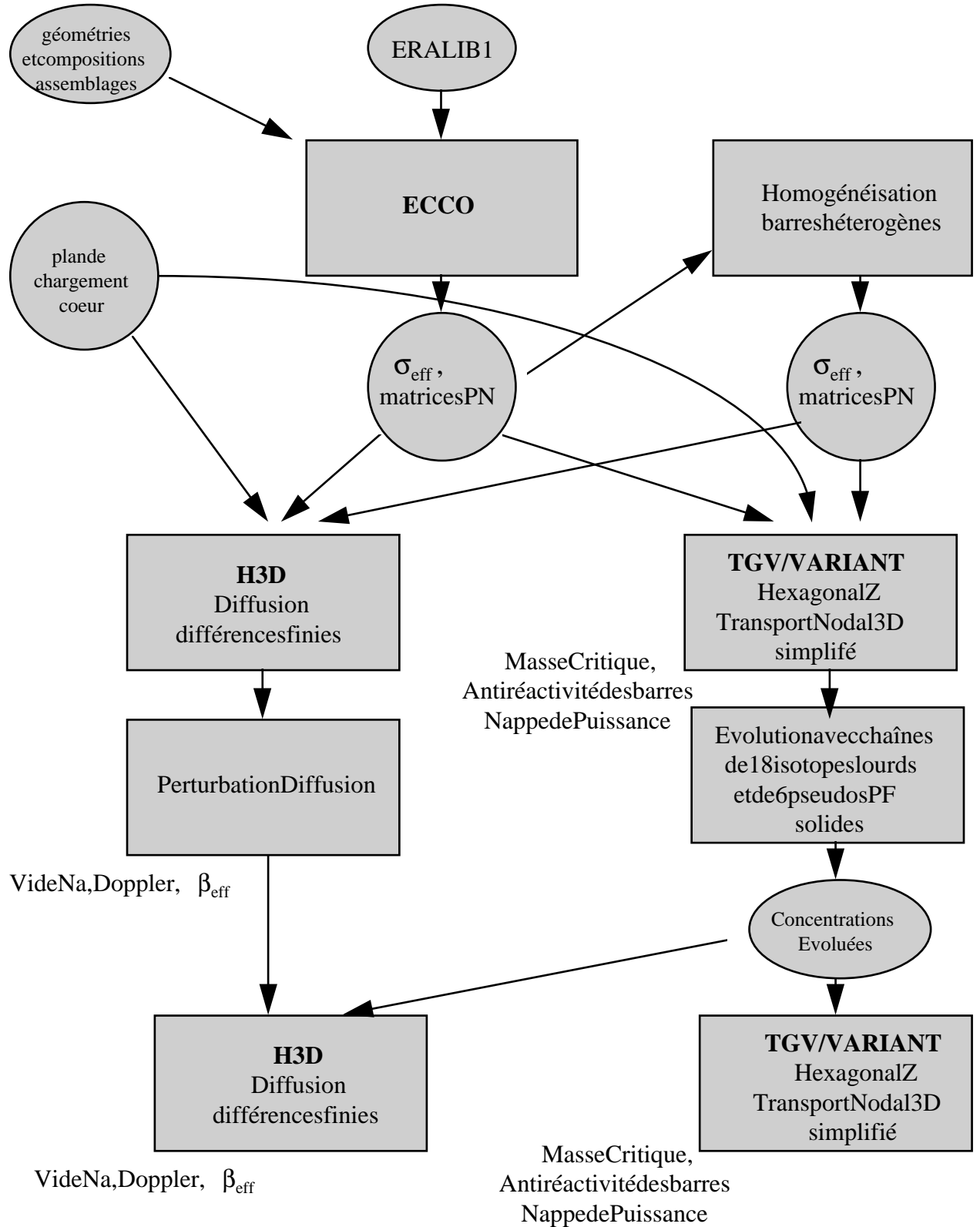
G.PALMIOTTIetal.

NoteTechniqueDER/SPRC/LEPh/96-205.

Indice

ANNEXE1

Logigrammeduschémadecalculdeprojet« neutroniquecœur »



Indice

ANNEXE2Chaîné d'évolution du schéma de calcul du projet (18 noyaux lourds)