



Cyril CNUDE

Date :

**NOTE TECHNIQUE**  
**CNPE DE NOGENT - TRANCHE 2 - CAMPAGNE 21**  
**DOSSIER SPECIFIQUE PREVISIONNEL D'EVALUATION**  
**DE LA SURETE DE LA RECHARGE - MODE G**  
**RETOUR A GEMMES (REFERENTIEL GALICE)**

D455014025554

Indice : PREL 46 pages 0 annexe(s) 0 pièce(s) jointe(s)

**Applicabilité : NON APPLICABLE**

Référence d'affaire :

Documents associés :

Résumé :

Cette note présente l'évaluation de la sûreté pour la campagne 21 de la tranche 2 du C.N.P.E. de NOGENT.

Elle a été rédigée sur la base du plan préliminaire du 22/04/14.

Elle est constituée de figures et de tableaux de synthèse où sont comparées les valeurs calculées à la campagne 21 et les valeurs limites correspondantes pour chaque paramètre clé des études de sûreté de référence. L'introduction de la recharge ne remet pas en cause les résultats et conclusions des études de sûreté de référence.

Accessibilité : EDF

Durée de conservation : Palier

Classement documentaire : DR

**Document QS**

DIRECTION PRODUCTION  
INGENIERIE  
Unité d'Ingénierie d'Exploitation

Groupe Exploitation Coeur  
Combustible  
1, place Pleyel  
93282 SAINT-DENIS CEDEX

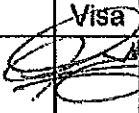


Téléphone +33 (0)4 78 71 33 33  
Télécopie +33 (0)4 78 71 28 60

[www.edf.fr](http://www.edf.fr)

EDF - SA au capital de 911 035 645 euros  
652 091 317 R.C.S Paris



### FICHE QUALITÉ

Ind.	Rédacteur(s)		Contrôleur(s)		Approbateur		
	Nom	Visa	Nom	Visa	Nom	Visa	Date d'application
PREL	<del>                    </del>		<del>                    </del>		<del>                    </del>		NON APPLICABLE

### Validation du document

Indice validé : PREL

Date d'envoi en prédiffusion :

Prédiffusion formalisée :

Groupe de travail :

Autre méthode :

Informations complémentaires :

Identification du fichier :

EVSP4GAL.DOT - 1099264 Octets - 28/03/2014 15:33:00

Identification du formulaire :

Note technique issue du modèle Note\_Tec.dot - Version 1.02.02

### Historique des modifications

Indice	Date	Paragraphes modifiés / Objet
PREL		Emission initiale



CNPE DE NOGENT - TRANCHE 2 - CAMPAGNE 21  
DOSSIER SPECIFIQUE PREVISIONNEL D'EVALUATION  
DE LA SURETE DE LA RECHARGE - MODE G  
RETOUR A GEMMES (REFERENTIEL GALICE)

Page : 3 / 46

Réf. : D455014025554

Indice : PREL

### FICHE DE DIFFUSION

#### Diffusion interne à la Direction Production Ingénierie

Destinataire(s)	Nb	Destinataire(s)	Nb
Branche METHODES	1		

#### Diffusion externe à la Direction Production Ingénierie

Destinataire(s)	Organisme(s)	Nb



## TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION	8
2.	PLAN DE CHARGEMENT	9
2.1.	HYPOTHESES	9
2.1.1.	HYPOTHESES GENERALES	9
2.1.2.	CONSTRAINTES PARTICULIERES	9
2.2.	DESCRIPTION DU PLAN DE CHARGEMENT	9
2.2.1.	PLAN EN REPERE "BATAILLE-NAVALE"	9
2.2.2.	PLAN COMPORTANT LES NUMEROS D'IDENTIFICATION DES ASSEMBLAGES	9
3.	EVALUATION DE LA SURETE DE LA RECHARGE	10
4.	MISE A JOUR DES SPECIFICATIONS TECHNIQUES D'EXPLOITATION	12
5.	CONCLUSION	12
6.	REFERENCES	13
	ANNEXE 1	45
	TABLEAUX 1 À 9	14 à 30
	FIGURES 1 À 14	31 à 44



## LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1 :	CARACTERISTIQUES DES ASSEMBLAGES.....	14
TABLEAU 2 :	PARAMETRES GENERAUX DE FONCTIONNEMENT .....	15
TABLEAU 3 :	FACTEURS RADIAUX DE POINT CHAUD A IMPLANTER DANS LE SPIN.....	16
TABLEAU 4 :	PARAMETRES GENERAUX DE REACTIVITE.....	21
TABLEAU 5 :	PARAMETRES SPECIFIQUES DES ETUDES D'ACCIDENTS .....	22
TABLEAU 6 :	VERIFICATION DE LA MARGE D'ANTIREACTIVITE REQUISE EN FIN DE CAMPAGNE A SA LONGUEUR NATURELLE .....	26
TABLEAU 7 :	POINTS DE CONSIGNE DES CHAINES BAS-RFTC ET PUISSANCE LINEIQUE ELEVEE DU SPIN.....	27
TABLEAU 8 :	COURBE DE CALIBRAGE DECALIBREE, VALEURS DU COMPTEUR EN PAS DE CHEVAUCHEMENT EN FONCTION DE LA PUISSANCE THERMIQUE A IMPLANTER POUR LA PROLONGATION DE CYCLE .....	29
TABLEAU 9 :	CONCENTRATION MINIMALE EN BORE AU RECHARGEMENT.....	30



## LISTE DES FIGURES

FIGURE 1 :	Carte de coeur en fin de campagne précédente avec les épuisements par assemblage et les numéros de lot.....	31
FIGURE 2 :	Plan de chargement en repère "bataille navale".....	32
FIGURE 3 :	Plan de chargement comportant les numéros d'identification des assemblages .....	33
FIGURE 4 :	Schéma d'implantation des grappes.....	34
FIGURE 5 :	Carte de puissance, début de campagne, pleine puissance, à l'équilibre Xénon, toutes barres hautes .....	35
FIGURE 6 :	Coefficient de puissance dû au Doppler seul .....	36
FIGURE 7 :	RTV Efficacité différentielle du bore .....	37
FIGURE 8 :	RTV Coefficient de densité modérateur.....	38
FIGURE 9 :	RTV Contre-réaction de puissance, Marge d'arrêt, Choix du state-point .....	39
FIGURE 10 :	Limites d'insertion du groupe de régulation R pour la longueur naturelle de la campagne et son éventuelle prolongation.....	40
FIGURE 11 :	Position du groupe R en fonction de l'irradiation de la campagne pour la mesure de la différence axiale de puissance de référence.....	41
FIGURE 12 :	Intervalle de temps $T_0$ après arrêt pendant lequel l'empoisonnement xénon est supérieur à 2000 pcm en fonction de la puissance initiale.....	42
FIGURE 13 :	Concentrations en bore minimales à l'arrêt à chaud tous groupes insérés, sauf SB et SC en cours de campagne .....	43
FIGURE 14 :	Concentrations en bore minimales à l'arrêt à froid tous groupes insérés, sauf SB et SC en cours de campagne .....	44
FIGURES A1 :	Vérification du caractère enveloppe des historiques de puissances utilisés lors de l'étude du comportement des crayons UO2 4% à gainage Zircaloy .....	45



### LISTE DES ABREVIATIONS

DDC	:	Début de Campagne
FDC	:	Fin de Campagne
EQX	:	Equilibre Xénon, 150 MW/t
PNOM	:	Puissance Nominale
PNUL	:	Puissance Nulle
TBH	:	Toutes Barres Hautes
TBI	:	Toutes Barres Insérées
TBI-1	:	Toutes Barres Insérées sauf la plus antiréactive
R IN	:	Groupe R INSéré
CB	:	Concentration en Bore (ppm)
APRP	:	Accident de Perte de Réfrigérant Primaire
JEPP	:	Jours Equivalents à Pleine Puissance
$\Delta\rho$	:	Efficacité de Grappe (pcm)
$\beta$	:	Fraction de neutrons retardés (pcm)
FQ	:	Facteur total de point chaud
DT	:	Densité Théorique
RFTC	:	Rapport de Flux Thermique Critique
F $\Delta$ H	:	Facteur d'élévation d'enthalpie du canal chaud



## 1. INTRODUCTION

Ce document d'évaluation de la sûreté est le dossier spécifique prévisionnel concernant la campagne 21 de la tranche 2 du C.N.P.E de NOGENT.

Il est constitué pour l'essentiel d'une série de figures et de tableaux dans lesquels sont comparées des valeurs calculées au cours de la campagne à des valeurs limites correspondant aux études de sûreté de référence. Ces comparaisons portent sur une liste de paramètres clés des études de sûreté.

Les méthodes d'évaluation de la sûreté sont exposées et la liste des paramètres clés est justifiée dans le Dossier Général d'Evaluation de la Sûreté (D.G.E.S.) relatif à la gestion GALICE (référence [1]).





## 2. PLAN DE CHARGEMENT

### 2.1. HYPOTHESES

#### 2.1.1. HYPOTHESES GENERALES

L'étude est effectuée à partir de la longueur de campagne 20 de 14664 MWj/t (399 JEPP).

Les épuisements par assemblage en fin de campagne 20 sont portés sur la figure 1.

Les caractéristiques des assemblages sont précisées au tableau 1.

Les caractéristiques de la recharge sont fournies dans le tableau suivant et comparées aux hypothèses de la gestion prévisionnelle :

CARACTERISTIQUES	VALEUR RECHARGE	VALEUR DE LA GESTION PREVISIONNELLE
Nombre d'assemblages neufs	64	56
Nombre d'assemblages neufs comportant des crayons gadolinés	24	36
Enrichissement initial (%U235)	4	4.50
Anticipation d'arrêt (- JEPP) ou prolongation (+ JEPP) de la campagne précédente	-7	-25/+60

Il s'agit de la première introduction d'une recharge neuve de type GEMMES sur la tranche 2 de NOGENT. L'objectif de cette recharge est de revenir à une exploitation en gestion GEMMES suite aux problématiques de déformations d'assemblages constatées sur cette tranche.

L'applicabilité du DGES GALICE pour cette recharge fait l'objet d'une analyse dédiée.

#### 2.1.2. CONTRAINTES PARTICULIERES

Le cœur est composé de :

- 73 assemblages enrichis à 4% dont 64 assemblages AFA3GLAQ-I, 8 assemblages AFA3GLr-AA, d'un assemblage AFA3GLr,
- 120 assemblages enrichis à 4.5% dont 68 assemblages AFA3GLr-AA-S, et 52 assemblages AFA3GLAQ-I.



## 2.2. DESCRIPTION DU PLAN DE CHARGEMENT

### 2.2.1. PLAN EN REPERE "BATAILLE NAVALE"

Les positions occupées à la campagne 20 ou éventuellement aux campagnes antérieures par les assemblages rechargés à la campagne 21 sont repérées sur la figure 2.

### 2.2.2. PLAN COMPORTANT LES NUMEROS D'IDENTIFICATION DES ASSEMBLAGES

Les numéros d'identification des assemblages avec leur position dans le cœur sont reportés sur la figure 3.

## 3. EVALUATION DE LA SURETE DE LA RECHARGE.

Les tableaux 1 et 2 rappellent les caractéristiques des assemblages et les paramètres généraux de fonctionnement.

Le tableau 3 précise les valeurs de facteurs de pics radiaux (FX<sub>Y</sub>(z)) de la recharge à implanter dans le SPIN au cours de la campagne.

A titre illustratif, la figure 5 présente la distribution radiale de puissance en début de campagne à la puissance nominale (Xénon à l'équilibre), toutes grappes extraites.

Le tableau 4 établit une comparaison entre valeur calculée pour la campagne et valeur limite, pour les paramètres généraux des études d'accidents.

Les volumes REA bore nécessaires pour passer de l'état RP (attente à chaud au pic xénon) à l'état d'arrêt à froid ont été calculés (cf tableau 4). La valeur nécessaire pour la campagne 21 de la tranche 2 du CNPE de NOGENT est inférieure à la valeur requise par les STE. Les volumes nécessaires dans les autres états sont également vérifiés.

Le tableau 5 et les figures 7 à 9 établissent la même comparaison pour les paramètres spécifiques à certaines études d'accidents.

Le tableau 6 présente le calcul de la marge d'antiréactivité requise en fin de campagne.

Les différents points de consigne des protections BAS-RFTC et puissance linéique élevée du SPIN sont présentés au tableau 7. Ils prennent en compte les résultats des études de sûreté de cette recharge.

Le taux d'irradiation de décharge maximal par assemblage, y compris une éventuelle prolongation de campagne de 60 Jepp pour cette recharge est de :

- 59400 MWj/t pour les assemblages enrichis à 4,5% à gainage M5,
- 47800 MWj/t pour les assemblages enrichis à 4% à gainage M5,
- 44000 MWj/t pour l'assemblage enrichi à 4% à gainage Zy4.

Du fait de la présence d'un assemblage à gainage Zy4 et en application du courrier ASN relatif à la corrosion du Zircaloy-4 [5] la comparaison des historiques des crayons pénalisants de la recharge aux nouveaux historiques enveloppes [6] et [RCTM GEMMES à paraître], conduit à l'atteinte du seuil en corrosion de 80 µm à 472 JEPP.

Tant que l'épaisseur de corrosion maximale demeure inférieure à 80 µm (soit avant 472 JEPP), il n'y a aucune restriction de fonctionnement.



À l'atteinte de 472 JEPP d'avancement de la campagne, les mesures compensatoires suivantes seront appliquées :

- En situation normale de l'équilibre offre-demande, la tranche sera programmée par la DOAAT à PMD sur limiteur, sauf pour la réalisation des essais périodiques nécessitant des variations de charge.
- Lorsque l'équilibre offre-demande le nécessitera et sur demande de la DOAAT, la tranche pourra fonctionner :
  - à pleine charge, en réglage primaire de fréquence d'amplitude  $\pm 2 \% P_n$  ( $P_{Cmax}$ ),
  - à charge intermédiaire jusqu'au Minimum Technique, sur limiteur ou en réglage primaire de fréquence avec une participation de  $\pm 2 \% P_n$  ( $P_{Cinter}$  et  $P_{Cmin}$ ), soit  $\pm 27$  MWe pour le palier 1300 MW.

À tout moment, la tranche demeure apte aux arrêts.

La longueur naturelle prévisionnelle de la campagne 21 est de 417 JEPP.

La limite de 108  $\mu m$  sur l'épaisseur de corrosion est respectée, y compris après une éventuelle prolongation de campagne de 60 JEPP. En conséquence, le rechargement d'assemblages à gainage Zy4 n'induit pas de limitation sur la longueur de la campagne.

#### 4. MISE A JOUR DES SPECIFICATIONS TECHNIQUES D'EXPLOITATION

Les points suivants des Spécifications Techniques d'Exploitation sont à mettre à jour ou à ajouter pour la campagne 21 de la tranche 2 du C.N.P.E de NOGENT et son éventuelle prolongation au-delà de la longueur naturelle :

- limite très basse d'insertion du groupe R en cours de campagne et sa prolongation (figure 10)
- position recommandée du groupe R pour la mesure de DPaxréf en cours de campagne naturelle (figure 11) : le milieu de la bande de manoeuvre. On rappelle que la position du groupe R en prolongation de campagne est de 253 pas extraits.
- courbe de calibrage décalibrée des groupes gris en fonction de la puissance thermique à implanter pour la prolongation de campagne (tableau 8).
- intervalle de temps  $T_0$  après l'arrêt pendant lequel l'empoisonnement Xénon est supérieur à 2000 pcm, en fonction de la puissance initiale (figure 12).
- concentrations en bore minimales à l'arrêt à chaud et à l'arrêt à froid en fonction de l'épuisement (figures 13 et 14).
- le Klim pour la campagne 21 a pour valeur 0.
- pour la campagne 21 de la tranche 2 du C.N.P.E de NOGENT, le poids maximal en bore d'une grappe bloquée en arrêt à froid est de 91 ppm.



## 5. CONCLUSION

L'examen des tableaux de comparaison pour l'évaluation de la sûreté de la campagne montre que les valeurs calculées pour l'ensemble des paramètres clés respectent les valeurs limites des études de sûreté de référence.

Cependant, l'épaisseur de corrosion des crayons à gainage Zy4 dépasse le seuil de 80  $\mu\text{m}$ . À l'atteinte de ce seuil, les mesures compensatoires seront donc appliquées afin de répondre à la demande de l'ASN.

L'introduction de la recharge ne remet pas en cause les résultats et conclusions des études de sûreté de référence.



## 6. REFERENCES

- [1] Tranches REP 1300 - Dossier Général d'Evaluation de la Sûreté des recharges (D.G.E.S.) Méthodologie EDF/GALICE  
Note EDF D4550.37-09/0890 indice B
- [2] Analyse de la fabrication 17 X 17  
« Vérification des facteurs technologiques des fabrications UO<sub>2</sub> de l'année 2013 pour les réacteurs EDF 1300 MWe - GALICE »  
Note AREVA FS1-0015207 rév. 1.0 du 31/03/2014
- [3] « Tranches REP 1300 MW - Addendum au Dossier Général d'Evaluation de la Sûreté des Recharges – Prise en compte des différents produits combustible »  
Note EDF D4550.37-09/0624 ind. D
- [4] « Réacteurs à eau sous pression, allongement des temps de chute des grappes de commande dus aux déformations d'assemblages combustibles »  
Lettre DGSNR DEP-SD2 / N°94 / 2005 du 01/03/2005 – Décision DGSNR/SD2/N°95/2005
- [5] « Réacteurs électronucléaires – EDF. Corrosion du Zircaloy-4 – Accident d'insertion de réactivité »  
Courrier ASN CODEP-DCN-2014-004499
- [6] « Corrosion du Zircaloy-4 – Accident d'insertion de réactivité. Mesures prises pour limiter les conséquences de l'éjection de grappe. Mise en œuvre sur les tranches en exploitation. »  
Courrier EDF D455014024511
- [7] « NOGENT 2 - Retour à la gestion GEMMES »  
Courrier EDF D455014022601



**TABLEAU 1**

**CARACTERISTIQUES DES ASSEMBLAGES**

Longueur réelle de la campagne 20 (longueur naturelle + prolongation de cycle) :

14664 MWj/t (399 JEPP)

Longueur prévisionnelle de la campagne 21 (longueur naturelle) :

15348 MWj/t (417 JEPP)

Assemblage 17 X 17 - (10 grilles) Hauteur : 426,8 cm

LOTS	1 (*)	2	20	22	24	25	30
<b>CARACTERISTIQUES</b>							
Nombre d'assemblages	24	40	1	4	3	1	8
Fournisseur	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME
Type d'assemblages	AFA3GLAQ-I	AFA3GLAQ-I	AFA3GLRAA	AFA3GLRAA	AFA3GLRAA	AFA3GLR	AFA3GLRAA-S
Enrichissement initial (% U235)	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,50
Epuisement moyen au début de la campagne 21 (MWj/t)	0	0	31569	28659	26884	27158	30223

LOTS	31 (*)	32 (*)	33	34	35 (*)	36	37 (*)
<b>CARACTERISTIQUES</b>							
Nombre d'assemblages	4	3	5	16	32	20	32
Fournisseur	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME	FRAMATOME
Type d'assemblages	AFA3GLRAA-S	AFA3GLRAA-S	AFA3GLRAA-S	AFA3GLRAA-S	AFA3GLRAA-S	AFA3GLAQ-I	AFA3GLAQ-I
Enrichissement initial (% U235)	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50
Epuisement moyen au début de la campagne 21 (MWj/t)	20503	43502	42615	29138	30319	12920	17646

(\*) assemblages gadoliniés



## TABLEAU 2

### PARAMETRES GENERAUX DE FONCTIONNEMENT

Longueur prévisionnelle de la campagne 21 (longueur naturelle) :

15348 MWjt (417 JEPP)

PARAMETRES	VALEURS DE REFERENCE DES ETUDES DE SURETE
Puissance thermique du coeur (MWth)	3800
Puissance linéique (W/cm) :	
- moyenne	170.2
- maximum en fonctionnement normal	460 **
- maximum en fonctionnement accidentel (classe 2)	480 **
Débit primaire (m3/h par boucle) :	
- conception thermohydraulique	22201
- mesuré	23780
Fraction de contournement du coeur :	
- conception thermohydraulique	7%
- calculé	5.3%
Taux de bouchage des GV :	BTGV ≤ 5%
Ecart maximal de taux de bouchage des GV entre boucles	≤ 6%
Température du réfrigérant à l'entrée du coeur (°C) * :	
- à puissance nulle	297.2
- à puissance nominale	288.4
Température moyenne du réfrigérant dans la cuve à puissance nominale (°C) *	306.5 °
Pression primaire nominale (bar)	155

(\*) Le fonctionnement en prolongation de campagne jusqu'à 60 JEPP est également pris en compte. La température moyenne est abaissée selon le programme figurant dans la référence 1.

(\*\*) pour :  $-21\%PN < \Delta I < +11\%PN$



**TABLEAU 3 (1/5)**

**FX Y(Z) A IMPLANTER DANS LE SPIN  
LORS DE LA PREMIERE MONTEE EN PUISSANCE**

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8
COTE	TBH (*)	G1	R	RG1	G1G2	RG1G2	N1	Autres
31	1.543	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.200
30	1.543	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
29	1.543	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
28	1.543	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
27	1.543	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
26	1.543	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
25	1.543	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
24	1.543	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
23	1.496	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
22	1.496	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
21	1.496	1.553	1.568	1.644	1.662	1.686	1.622	2.500
20	1.496	1.553	1.568	1.644	1.606	1.599	1.622	2.500
19	1.496	1.553	1.624	1.707	1.550	1.599	1.684	2.500
18	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
17	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
16	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
15	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
14	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
13	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
12	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
11	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
10	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
9	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
8	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
7	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
6	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
5	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
4	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
3	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
2	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500
1	1.496	1.566	1.681	1.770	1.550	1.599	1.746	2.500

(\*) : Les valeurs Fxy TBH théoriques calculées sont actualisées à 100% PN d'après les résultats de la carte de flux au palier entre 98 et 100 % de la montée en puissance.

Les valeurs des Fxy zones 1 à 7 tiennent compte des coefficients de majoration liés à un éventuel déséquilibre azimutal statique au redémarrage. Ces valeurs seront modifiées au dessus de 80% PN si le déséquilibre est inférieur à 2%, conformément au D.G.E.S. (réf. 1).





**TABLEAU 3 (2/5)**

**FX(Y,Z) SPIN EN DDC(\*)**

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8
COTE	TBH	G1	R	RG1	G1G2	RG1G2	N1	Autres
31	mesures	1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.200
30		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
29		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
28		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
27		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
26		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
25		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
24		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
23		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
22		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
21		1.493	1.515	1.588	1.638	1.661	1.568	2.500
20		1.493	1.515	1.588	1.583	1.575	1.568	2.500
19		1.493	1.570	1.649	1.628	1.575	1.627	2.500
18		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
17		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
16		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
15		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
14		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
13		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
12		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
11		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
10		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
9		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
8		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
7		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
6		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
5		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
4		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
3		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
2		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500
1		1.506	1.624	1.710	1.528	1.575	1.687	2.500

Si la tranche fonctionne en suivi de réseau, les valeurs présentées ci-dessus sont à majorer d'une pénalité pour FPPR (cf réf 1).

(\*) : En présence d'un déséquilibre azimutal statique compris entre 2 et 3%, les valeurs des configurations "grappées", implantées lors de la première montée en puissance, sont reconduites (cf tableau 3 (1/5)).



**TABLEAU 3 (3/5)**

**FX Y(Z) SPIN EN MDC**

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8
COTE	TBH	G1	R	RG1	G1G2	RG1G2	N1	Autres
31	mesures	1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.200
30		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
29		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
28		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
27		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
26		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
25		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
24		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
23		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
22		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
21		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
20		1.396	1.483	1.551	1.428	1.501	1.607	2.500
19		1.414	1.499	1.575	1.428	1.501	1.627	2.500
18		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
17		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
16		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
15		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
14		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
13		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
12		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
11		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
10		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
9		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
8		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
7		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
6		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
5		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
4		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
3		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
2		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
1		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500

Si la tranche fonctionne en suivi de réseau, les valeurs présentées ci-dessus sont à majorer d'une pénalité pour FPPR (cf réf 1).



**TABLEAU 3 (4/5)**

**FXY(Z) SPIN A 85%LNC**

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8
COTE	TBH	G1	R	RG1	G1G2	RG1G2	N1	Autres
31	mesures	1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.200
30		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
29		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
28		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
27		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
26		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
25		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
24		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
23		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
22		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
21		1.377	1.466	1.527	1.428	1.501	1.588	2.500
20		1.396	1.483	1.551	1.428	1.501	1.607	2.500
19		1.414	1.499	1.575	1.428	1.501	1.627	2.500
18		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
17		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
16		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
15		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
14		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
13		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
12		1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500
11	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
10	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
9	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
8	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
7	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
6	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
5	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
4	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
3	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
2	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	
1	1.433	1.516	1.599	1.480	1.548	1.646	2.500	

Si la tranche fonctionne en suivi de réseau, les valeurs présentées ci-dessus sont à majorer d'une pénalité pour FPPR (cf réf 1).



**TABLEAU 3 (5/5)**

**FXY(Z) SPIN EN FDC**

ZONE	1	2	3	4	5	6	7	8
COTE	TBH	G1	R	RG1	G1G2	RG1G2	N1	Autres
31	mesures	1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.200
30		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
29		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
28		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
27		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
26		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
25		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
24		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
23		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
22		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
21		1.370	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
20		1.386	1.499	1.580	1.412	1.487	1.678	2.500
19		1.402	1.499	1.580	1.436	1.487	1.678	2.500
18		1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500
17		1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500
16		1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500
15		1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500
14		1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500
13		1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500
12		1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500
11	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
10	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
9	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
8	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
7	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
6	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
5	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
4	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
3	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
2	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	
1	1.418	1.518	1.608	1.460	1.524	1.695	2.500	

Si la tranche fonctionne ou a fonctionné en suivi de réseau, les valeurs présentées ci-dessus sont à majorer d'une pénalité pour FPPR (cf réf 1).



**TABLEAU 4**

**PARAMETRES GENERAUX DE REACTIVITE**

PARAMETRES GENERAUX	VALEUR LIMITE	VALEUR RECHARGE
<b><u>FRACTION EFFECTIVE DES NEUTRONS RETARDES</u></b>		
$\beta_{eff}$ (pcm) :		
Limite inférieure MDC ( min (P <sub>NOM</sub> ; P <sub>NUL</sub> ))	≥ 487	508
Limite inférieure FDC ( min (P <sub>NOM</sub> ; P <sub>NUL</sub> ))	≥ 464	476
Limite supérieure DDC ( max (P <sub>NOM</sub> ; P <sub>NUL</sub> ))	≤ 647	624
<b><u>COEFFICIENT DOPPLER - TEMPERATURE (pcm/°C)</u></b>		
Limite supérieure EQX-118%PN	≤ -1.86	-2.10
Limite inférieure FDC-PNUL	≥ -4.42	-4.33
<b><u>COEFFICIENT DOPPLER - PUISSANCE (pcm/% PN)</u></b>		
(en fonction du niveau de puissance)	figure 6	figure 6
<b><u>COEFFICIENT DE DENSITE (ΔK/K/g/cm<sup>3</sup>)</u></b>		
Limite inférieure DDC-PNUL-TBH	≥ 0.0	0.008
Limite inférieure DDC-PNOM-TBH	≥ 0.033	0.060
Limite supérieure FDC-RG1G2N1 IN	≤ 0.621	0.496
<b><u>LIMITE D'INSERTION DU GROUPE R DE REGULATION DE TEMPERATURE MOYENNE PRIMAIRE</u></b>		
(en fonction du niveau de puissance et de l'épuisement de la campagne)	figure 10	figure 10
<b><u>EFFICACITE DES GROUPES DE REGULATION (pcm/pas)</u></b>		
Limite début de campagne	≤ 10.9	7.2
Limite fin de campagne	≤ 16.8	11.9
<b><u>EFFICACITE INTEGRALE DE L'ARRET AUTOMATIQUE DU REACTEUR A PUISSANCE NOMINALE (pcm)</u></b>		
	≥ 3700	3811

**VERIFICATION REA BORE**

Domaine de fonctionnement	Volume REA nécessaire	Volume STE utile	Volume STE	Volume mort
RP gr2	71.1	78.5	85.9	7.4
RP gr1	52.8	62.7	70.1	7.4



### TABLEAU 5 (1/4)

#### PARAMETRES SPECIFIQUES DES ETUDES D'ACCIDENTS

PARAMETRES	LIMITE DE CONCEPTION	VALEUR RECHARGE
<b><u>MAUVAIS POSITIONNEMENT, CHUTE DE GRAPPES</u></b>		
<b><u>A - DETECTION, (DDC ET FDC)</u></b>		
Cas de chute de 2 grappes en logique 1/4, hormis les grappes de N1 <sup>1</sup> et de R (*) Cas de chute de 3 grappes en logique 2/4, hormis les grappes de N1 <sup>1</sup> et de R (*)		Résultats pris en compte pour le calcul ΔRFTC
<b><u>B - VARIATION DU RFTC (DDC et FDC)</u></b>		
1) Cas de chute de grappe(s) non détectées en logique 1/4 hormis les grappes de N1 <sup>1</sup> et de R (*) : $\Delta RFTC \max = (RFTC_{init} - RFTC_{min}) / RFTC_{min}$	$\leq 55.9 \%$	$\Delta I$ limite = 33.8 % NON CALCULE
2) Cas de chute de grappes non détectées en logique 2/4 hormis les grappes de N1 <sup>1</sup> et de R (*) : $\Delta RFTC \max = (RFTC_{init} - RFTC_{min}) / RFTC_{min}$	$\leq 122.4 \%$	$\Delta I$ limite = 8.5 % 96.2
3) Conservatisme de la loi générique RFTCS = f(position R)		Vérfifié
<b><u>RETRAIT D'UNE SEULE GRAPPE EN PUISSANCE</u></b>		
- Réactivité maximale insérée par le retrait de la grappe (pcm)	$\leq 105$	81
- Accroissement relatif maximal du facteur d'élévation d'enthalpie : ( $\Delta F_{\Delta H} / F_{\Delta H_0}(\%)$ )	$\leq 17.0$	7.9

(\*) - N1<sup>1</sup> : protection spécifique au sous-groupe.

- R : chute non limitative vis-à-vis des ΔRFTC car un automatisme bloque l'extraction des grappes du groupe R restant disponibles.



**TABLEAU 5 (2/4)**

PARAMETRES	LIMITE DE CONCEPTION	VALEUR RECHARGE
<b><u>DILUTION INCONTROLEE D'ACIDE BORIQUE</u></b>		
Sous criticité du coeur après arrêt automatique (pcm)		
- en arrêt à froid	$\leq 0$	-130
- en arrêt à chaud	$\leq 0$	-836
- en puissance	$\leq 0$	-1573
<b><u>EJECTION DE GRAPPE EN ETAT D'ARRET</u></b>		
Réactivité maximale apportée par l'éjection de grappe (pcm)		
En arrêt à froid max (DDC, FDC)	$\leq 2600$	941
En arrêt à chaud max (DDC, FDC)	$\leq 2500$	883
<b><u>RETRAIT INCONTROLE DE GROUPE EN ETAT D'ARRET</u></b>		
Réactivité maximale apportée par le retrait de groupe (pcm)		
En arrêt à froid max (EQX, FDC)	$\leq 2964$	1457
En arrêt à chaud max (EQX, FDC)	$\leq 2864$	2233
<b><u>RETRAIT INCONTROLE DE GROUPE DE REGULATION</u></b>		
Vitesse maximale d'insertion de réactivité (pcm/s) (Retrait de deux groupes à 72 pas/mn)		
En attente à chaud, G2N1 (EQX)	$\leq 78$	41
En attente à chaud, RN1 (EQX)	$\leq 96$	56
En attente à chaud, RN1 (FDC)	$\leq 130$	91



**TABLEAU 5 (3/4)**

PARAMETRES	LIMITE DE CONCEPTION	VALEUR RECHARGE
<b><u>EJECTION D'UNE GRAPPE DE REGULATION</u></b>		
<b><u>Aspect point chaud et haut taux de combustion</u></b>		
<b><u>Irradiations EQX et MDC</u></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EQX PNUL - <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 667</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 25.0</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 9.9</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 8.6</math></span></li> </ul>		309 10.5 SANS OBJET 3.8
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EQX 10%PN - <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 607</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 22.2</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 9.2</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 8.4</math></span></li> </ul>		311 10.2 SANS OBJET 3.8
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EQX 20%PN - <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 546</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 19.0</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 8.7</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 6.0</math></span></li> </ul>		308 9.8 SANS OBJET 3.8
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EQX 40%PN - <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 298</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 11.3</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 5.0</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 4.8</math></span></li> </ul>		217 6.7 SANS OBJET 2.6
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EQX 80%PN - <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 183</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 6.5</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 3.5</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 2.8</math></span></li> </ul>		133 4.8 SANS OBJET 2.3
<ul style="list-style-type: none"> <li>• EQX PNOM - <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 160</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 5.0</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 2.9</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 2.5</math></span></li> </ul>		95 3.6 SANS OBJET 2.2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• MDC PNUL - <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 621</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 29.5</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 17.8</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 7.0</math></span></li> </ul>		304 15.0 5.6 4.2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• MDC 20%PN- <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 644</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 26.3</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 15.4</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 6.6</math></span></li> </ul>		341 13.8 5.2 4.2
<ul style="list-style-type: none"> <li>• MDC 40%PN- <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 376</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 21.2</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 9.1</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 5.5</math></span></li> </ul>		213 8.8 4.9 3.1
<ul style="list-style-type: none"> <li>• MDC PNOM - <math>\Delta p</math> (pcm) <span style="float: right;"><math>\leq 150</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 6.0</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU <span style="float: right;"><math>\leq 4.2</math></span></li> <li style="padding-left: 20px;">- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection <span style="float: right;"><math>\leq 2.4</math></span></li> </ul>		97 3.7 2.4 2.0





**TABLEAU 5 (4/4)**

PARAMETRES	LIMITE DE CONCEPTION	VALEUR RECHARGE
<b><u>EJECTION D'UNE GRAPPE DE REGULATION</u></b>		
<b><u>Aspect point chaud et haut taux de combustion</u></b>		
<b><u>Irradiations FDC</u></b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDC PNUL - <math>\Delta p</math> (pcm)</li> <li>- <math>F_Q</math> après éjection</li> <li>- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU</li> <li>- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\leq 658</math></li> <li><math>\leq 35.4</math></li> <li><math>\leq 23.8</math></li> <li><math>\leq 7.0</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>341</li> <li>17.5</li> <li>15.0</li> <li>4.3</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDC 10%PN - <math>\Delta p</math> (pcm)</li> <li>- <math>F_Q</math> après éjection</li> <li>- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU</li> <li>- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\leq 657</math></li> <li><math>\leq 32.7</math></li> <li><math>\leq 22.1</math></li> <li><math>\leq 7.1</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>368</li> <li>17.3</li> <li>14.9</li> <li>4.3</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDC 30%PN - <math>\Delta p</math> (pcm)</li> <li>- <math>F_Q</math> après éjection</li> <li>- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU</li> <li>- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\leq 603</math></li> <li><math>\leq 28.6</math></li> <li><math>\leq 19.3</math></li> <li><math>\leq 6.4</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>360</li> <li>15.0</li> <li>13.0</li> <li>4.1</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• FDC PNOM - <math>\Delta p</math> (pcm)</li> <li>- <math>F_Q</math> après éjection</li> <li>- <math>F_Q</math> après éjection sur ass. HBU</li> <li>- <math>F_{\Delta H}</math> après éjection</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\leq 150</math></li> <li><math>\leq 7.1</math></li> <li><math>\leq 5.2</math></li> <li><math>\leq 2.5</math></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>112</li> <li>4.6</li> <li>3.9</li> <li>2.1</li> </ul>
<b><u>RUPTURE IMPORTANTE DE TUYAUTERIE VAPEUR</u></b>		
• Coefficient DOPPLER température (pcm/°C)	$\geq -4.93$	-4.68
• Efficacité différentielle du bore (pcm/ppm)	Figure 7	
• Coefficient de densité du modérateur ( $\Delta K/K/g/cm^3$ )	Figure 8	
• Marge d'arrêt et contre-réaction de puissance	Figure 9	SP3
• RFTC minimum (aux conditions du state point FDC, TBI - 1)	$\geq 1.45$	1.98
• Puissance linéique nucléaire maximale (aux conditions du state point FDC, TBI -1)	$\leq 745$	635



**TABLEAU 6**

VERIFICATION DE LA MARGE D'ANTIREACTIVITE REQUISE EN  
FIN DE CAMPAGNE A SA LONGUEUR NATURELLE

PARAMETRES	VALEUR RECHARGE
<b><u>1/ EFFICACITE DES GRAPPES A PUISSANCE NULLE (PCM)</u></b>	
A) Efficacité de toutes les grappes	8459
B) Efficacité de la grappe coincée la plus antiréactive pénalisée du tilt	1251
C) Efficacité de toutes les grappes hors la plus antiréactive	
• valeur brute	7208
• valeur compte tenu de 10 % de marge	6487
D) Réactivité équivalent à la surinsertion maximale des grappes de régulation de puissance et de température	950
E) Usure neutronique des grappes	100
<b>TOTAL 1</b>	<b>5437</b>
<b><u>2/ REACTIVITE INTRODUITE PAR LE PASSAGE DE 100 % A 0 % DE PUISSANCE NOMINALE (PCM)</u></b>	
• effet de contre-réactions (Doppler et modérateur), valeur avec 10% de marge	1758
• effet de vide (valeur de conception)	50
• effet de redistribution (valeur de conception)	1400
<b>TOTAL 2</b>	<b>3208</b>
<b><u>MARGE D'ANTIREACTIVITE DISPONIBLE</u></b>	
<b>TOTAL 1 - TOTAL 2</b>	<b>2229</b>
<b><u>MARGE D'ANTIREACTIVITE REQUISE</u></b>	
(valeur de conception)	2200



**TABLEAU 7**  
POINTS DE CONSIGNE DE LA CHAINE DE  
PROTECTION : BAS RFTC DU SPIN

PARAMETRES	VALEUR CONCEPTION	VALEUR RECHARGE
<b><u>RFTC CRITERE (WRB1)</u></b>	1.17	1.17
<b><u>Incertitudes</u></b>		
• fonctionnement normal	14.2%	14.2%
• 2ème, 3ème et 4ème catégories	27.4%	27.4%
<b><u>Accidents dimensionnants (<math>\Delta</math>RFTC max)</u></b>		
• chute de grappe(s) logique 1/4	55.9%	55.9%
• chute de grappe(s) logique 2/4	122.4%	122.4%
• retrait d'une grappe à PNOM	40%	40%
<b><u>POINTS DE CONSIGNE</u></b>		
• alarme bas RFTC	2.18	2.18
• RFTCS max (*)	3.11	3.11
• C3	1.96	1.96
• AAR Bas RFTC	1.79	1.79

(\*) Tableau de variation du RFTCS avec la position du groupe R :

Position de R (point SPIN)	RFTCS
31	2.30
30	2.37
29	2.42
28	2.47
27	2.69
26	2.79
25	2.79
24	2.91
1 à 23	3.11



### TABLEAU 7 (suite)

#### POINTS DE CONSIGNE DE LA CHAINE PUISSANCE LINEIQUE ELEEVEE DU SPIN

PARAMETRE	VALEUR CONCEPTION	VALEUR RECHARGE
<u>Chaîne puissance linéique élevée</u>		
1) Limites physiques		
• Puissance linéique maximale :		
– vis-à-vis de la fusion à coeur du combustible (W/cm)	590	590
– vis-à-vis du risque IPG	480 (-21%Pn < ΔI < +11%Pn)	480 (-21%Pn < ΔI < +11%Pn)
2) Incertitudes (%)		
• seuil d'alarme APRP	12.1	12.1
• seuil d'arrêt automatique du réacteur	15.7	15.7
3) Points de consigne (W/cm)		
• seuil d'alarme APRP	410	410
• seuil d'alarme IPG	390 (-15.5%Pn < ΔI < +6%Pn)	390 (-15.5%Pn < ΔI < +6%Pn)
• seuil d'arrêt automatique du réacteur	414 (-17.5%Pn < ΔI < +8%Pn)	414 (-17.5%Pn < ΔI < +8%Pn)
• seuil C4	402 (-17.5%Pn < ΔI < +8%Pn)	402 (-17.5%Pn < ΔI < +8%Pn)



### TABLEAU 8

COURBE DE CALIBRAGE DECALIBREE, VALEURS DU COMPTEUR EN PAS DE CHEVAUCHEMENT EN  
FONCTION DE LA PUISSANCE THERMIQUE A IMPLANTER POUR LA PROLONGATION DE CYCLE

PUISSANCE THERMIQUE (% PN)	PAS DE CHEVAUCHEMENT
8.0	345
11.0	355
24.5	377
38.0	394
48.4	426
58.9	500
69.2	541
79.4	572
90.0	685
100.0	770+x *

Il est rappelé que le recouvrement à implanter des groupes de compensation de puissance G1, G2, N1, N2 est de  $70+x / 80+x / 100+x$ (\*) pas.

(\*) x est le nombre de pas TBH des grappes G1, G2, N1, N2 diminué de 260.  
Cette valeur est susceptible de varier en cours de campagne.



**TABLEAU 9**

**CONCENTRATION EN BORE MINIMALE AU RECHARGEMENT**

CB (grappes insérées, T = 20°C, sous-critique keff [ 0,95) (ppm) =	1857
Marge supplémentaire 100 ppm =	100
D'où CB (*) avec pénalité de 2% pour déplétion PTR (ppm) =	1996
CB RECH = Max (2385, CB (*)) (ppm) =	2385



R P N M L K J H G F E D C B A

1					54963 31	11647 36	56271 31	11617 36	57322 31	11676 36	54683 31							
2																		
3																		
4																		
5																		
6																		
7																		
8																		
9																		
10																		
11																		
12																		
13																		
14																		
15																		

**IRRADIATION MOYENNE DES ASSEMBLAGES**  
**EN FIN DE CAMPAGNE 20 ( 14664 MWj/t)**

FIGURE 1

ETUDE & NO221A-C20=14664 DU 22/04/14

Calcul DSS001



**CNPE DE NOGENT - TRANCHE 2 - CAMPAGNE 21**  
**DOSSIER SPECIFIQUE PREVISIONNEL D'EVALUATION**  
**DE LA SURETE DE LA RECHARGE - MODE G**  
**RETOUR A GEMMES (REFERENTIEL GALICE)**

Page : 32 / 46

Réf. : D455014025554

Indice : PREL

	R	P	N	M	L	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A
1															
2		B-07 20				H-04 20	G-11 20	B-06 19	J-11 20	M-04 20				P-07 20	
3	J-14 20		M-08 16	A-10 20	C-11 20		D-06 17		N-11 20	R-10 20	G-07 15		G-14 20		
4		J-07 15	M-06 20	P-13 20	B-11 20	N-07 20	C-03 20	C-07 20	P-11 20	B-13 20	F-04 20	H-04 16			
5		F-15 20	C-02 20	J-07 20	K-02 20		H-06 18		F-02 20	G-07 20	N-02 20	K-15 20			
6	M-12 20	E-13 20	E-14 20	P-06 20	H-15 20	H-14 20	M-02 20	B-08 20	R-08 20	B-06 20	L-14 20	L-13 20	D-08 20		
7	E-09 20		J-03 20		F-08 20	P-04 20	M-10 20	D-02 20	H-06 20		G-03 20		L-09 20		
8	K-02 19	K-04 17	N-03 20	K-08 18	P-12 20	F-12 20	E-03 14	K-04 20	B-04 20	F-08 18	C-13 20	F-12 17	F-14 19		
9	E-07 20		J-13 20		H-10 20	M-14 20	D-06 20	B-12 20	K-08 20		G-13 20		L-07 20		
10	M-08 20	E-03 20	E-02 20	P-10 20	A-08 20	P-08 20	D-14 20	H-02 20	H-01 20	B-10 20	L-02 20	L-03 20	D-04 20		
11		F-01 20	C-14 20	J-09 20	K-14 20		H-10 18		F-14 20	G-09 20	N-14 20	K-01 20			
12		H-12 16	K-12 20	P-03 20	B-05 20	N-09 20	N-13 20	C-09 20	P-05 20	B-03 20	D-10 20	G-09 15			
13	J-02 20		J-09 15	A-06 20	C-05 20		M-10 17		N-05 20	R-06 20	D-08 16		G-02 20		
14		B-09 20			D-12 20	G-05 20	P-10 19	J-05 20	H-12 20				P-09 20		
15															

POSITION CAMPAGNE PRECEDENTE  
 NUMERO CAMPAGNE PRECEDENTE

**REPOSITIONNEMENT RETENU POUR LA CAMPAGNE 21**

**FIGURE 2**

ETUDE & NO221A-C20=14664 DU 22/04/14

Calcul DSS002

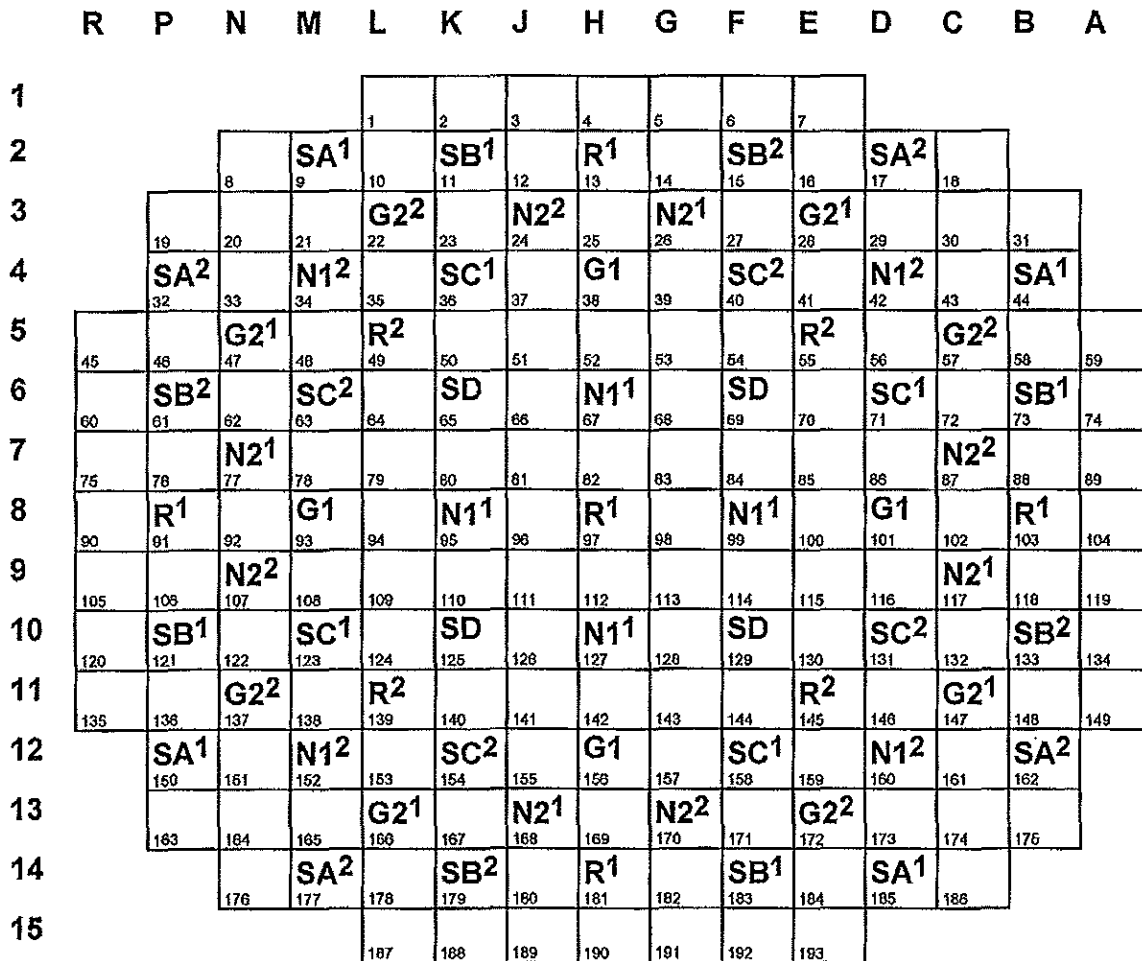






## SCHEMA D'IMPLANTATION DES GRAPPES

FIGURE 4



**S** : GROUPES D'ARRET

**G,N** : GROUPES DE COMPENSATION DE PUISSANCE

**R** : GROUPES DE REGULATION



**CNPE DE NOGENT - TRANCHE 2 - CAMPAGNE 21**  
**DOSSIER SPECIFIQUE PREVISIONNEL D'EVALUATION**  
**DE LA SURETE DE LA RECHARGE - MODE G**  
**RETOUR A GEMMES (REFERENTIEL GALICE)**

Page : 35 / 46

Réf. : D456014025554

Indice : PREL

**R P N M L K J H G F E D C B A**

1					0.679 1.050 105	0.867 1.134 133	0.904 1.161 138	0.917 1.174 139	0.906 1.164 138	0.871 1.139 133	0.681 1.053 105						
2		0.535 1.015 17955	0.951 1.261 145	1.063 1.262 162	0.942 1.000 28383	0.928 0.981 30181	0.954 1.013 28222	0.930 0.983 30355	0.951 1.008 27899	1.064 1.263 162	0.945 1.253 144	0.535 1.010 17909					
3	0.530 1.002 17917	1.094 1.317 166	1.000 1.087 27242	1.252 1.352 11935	0.947 1.030 33750	1.105 1.273 165	1.092 1.169 20330	1.108 1.276 166	0.949 1.032 34115	1.255 1.361 11973	0.986 1.088 28773	1.105 1.332 168	0.540 1.027 18010				
4	0.939 1.245 143	0.979 1.081 28711	1.163 1.251 18959	1.114 1.216 24980	1.117 1.194 17013	0.969 1.023 32504	1.113 1.171 15971	0.976 1.033 32560	1.132 1.216 16975	1.141 1.252 23746	1.172 1.261 18953	1.018 1.105 26545	0.960 1.274 147				
5	0.677 1.048 104	1.058 1.256 161	1.248 1.353 11977	1.133 1.244 23728	1.145 1.243 18527	0.989 1.043 31662	1.115 1.274 165	0.982 1.039 32687	1.128 1.291 168	1.010 1.072 31481	1.155 1.252 18547	1.120 1.224 25183	1.259 1.357 11929	1.067 1.268 163	0.680 1.051 105		
6	0.867 1.135 133	0.945 1.002 28005	0.946 1.025 34009	1.125 1.207 16992	0.998 1.061 31522	1.174 1.263 11766	0.905 0.978 42553	1.178 1.212 14755	0.911 0.967 42648	1.190 1.285 11837	1.009 1.071 30711	1.122 1.202 17036	0.946 1.027 33852	0.940 1.001 28396	0.865 1.130 133		
7	0.904 1.162 138	0.927 0.980 30511	1.106 1.274 166	0.977 1.031 32224	1.115 1.276 166	0.883 0.933 43647	1.213 1.295 14892	1.190 1.264 19007	1.208 1.296 14960	0.891 0.935 43703	1.116 1.278 166	0.967 1.026 32511	1.097 1.263 165	0.919 0.972 30446	0.897 1.152 137		
8	0.918 1.174 139	0.957 1.015 27959	1.089 1.166 20615	1.115 1.213 15746	0.980 1.034 32429	1.163 1.235 14890	1.189 1.270 18903	1.004 1.061 31713	1.180 1.257 18999	1.157 1.228 15026	0.972 1.027 32698	1.101 1.198 16154	1.075 1.154 20769	0.944 1.003 28170	0.909 1.163 138		
9	0.905 1.163 138	0.930 0.982 30250	1.108 1.276 166	0.977 1.034 32376	1.118 1.280 166	0.882 0.931 43699	1.209 1.297 14987	1.190 1.267 18977	1.208 1.288 15043	0.884 0.933 43554	1.115 1.277 166	0.968 1.026 32493	1.095 1.261 164	0.919 0.972 30360	0.896 1.152 137		
10	0.870 1.137 133	0.945 1.005 28389	0.951 1.037 34158	1.134 1.215 16947	1.009 1.074 30756	1.186 1.282 11779	0.912 0.965 42447	1.177 1.250 14937	0.909 0.978 42395	1.183 1.272 11791	1.011 1.073 30650	1.123 1.205 16826	0.937 1.019 34248	0.935 0.993 28244	0.860 1.125 132		
11	0.682 1.064 105	1.069 1.271 163	1.266 1.372 11866	1.144 1.235 23500	1.147 1.242 18692	1.005 1.063 31353	1.127 1.290 168	0.986 1.044 32525	1.125 1.287 167	1.014 1.079 30581	1.151 1.249 18835	1.119 1.228 24884	1.244 1.347 11834	1.053 1.250 161	0.673 1.041 104		
12	0.955 1.268 146	1.004 1.095 27323	1.164 1.253 18935	1.110 1.212 25166	1.120 1.199 17034	0.975 1.033 32285	1.112 1.208 15887	0.975 1.034 32442	1.132 1.216 16938	1.144 1.266 23653	1.169 1.261 18938	0.978 1.080 28800	0.937 1.242 143				
13	0.536 1.017 17937	1.093 1.317 166	0.973 1.073 28945	1.240 1.343 11957	0.942 1.026 33692	1.101 1.267 165	1.078 1.155 20945	1.102 1.268 165	0.948 1.033 34083	1.262 1.365 11878	1.005 1.095 27310	1.095 1.320 167	0.530 1.002 17891				
14	0.529 0.998 17937	0.934 1.238 143	1.052 1.249 161	0.939 0.996 28195	0.925 0.978 30104	0.947 1.006 28235	0.921 0.974 30455	0.942 1.003 28294	1.067 1.268 163	0.954 1.267 146	0.535 1.017 18057						
15				0.674 1.042 104	0.863 1.129 132	0.900 1.157 137	0.912 1.167 138	0.899 1.155 137	0.866 1.132 133	0.680 1.051 105	PUISSANCE MOYENNE ASSEMBLAGE PUISSANCE MAX CRAYON IRRADIATION ASSEMBLAGE						

**CAMPAGNE 21 PUISSANCE NOMINALE**

**150 MWJ/T TOUTES BARRES HAUTES (AVEC XENON) CONCENTRATION EN BORE 1377 PPM**

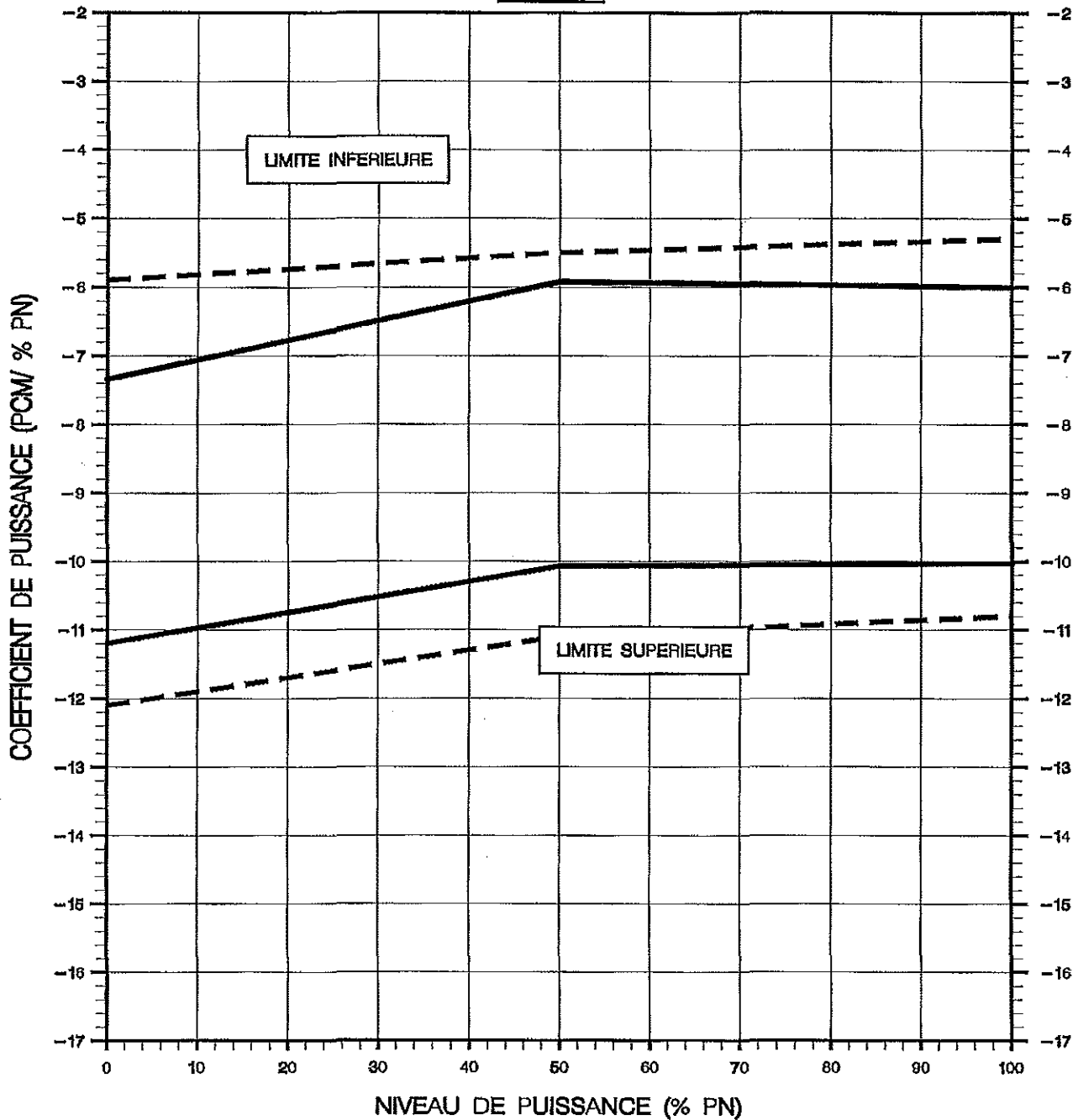
**FIGURE 5**

ETUDE & NO221A-C20=14684 DU 22/04/14

Calcul DSS005



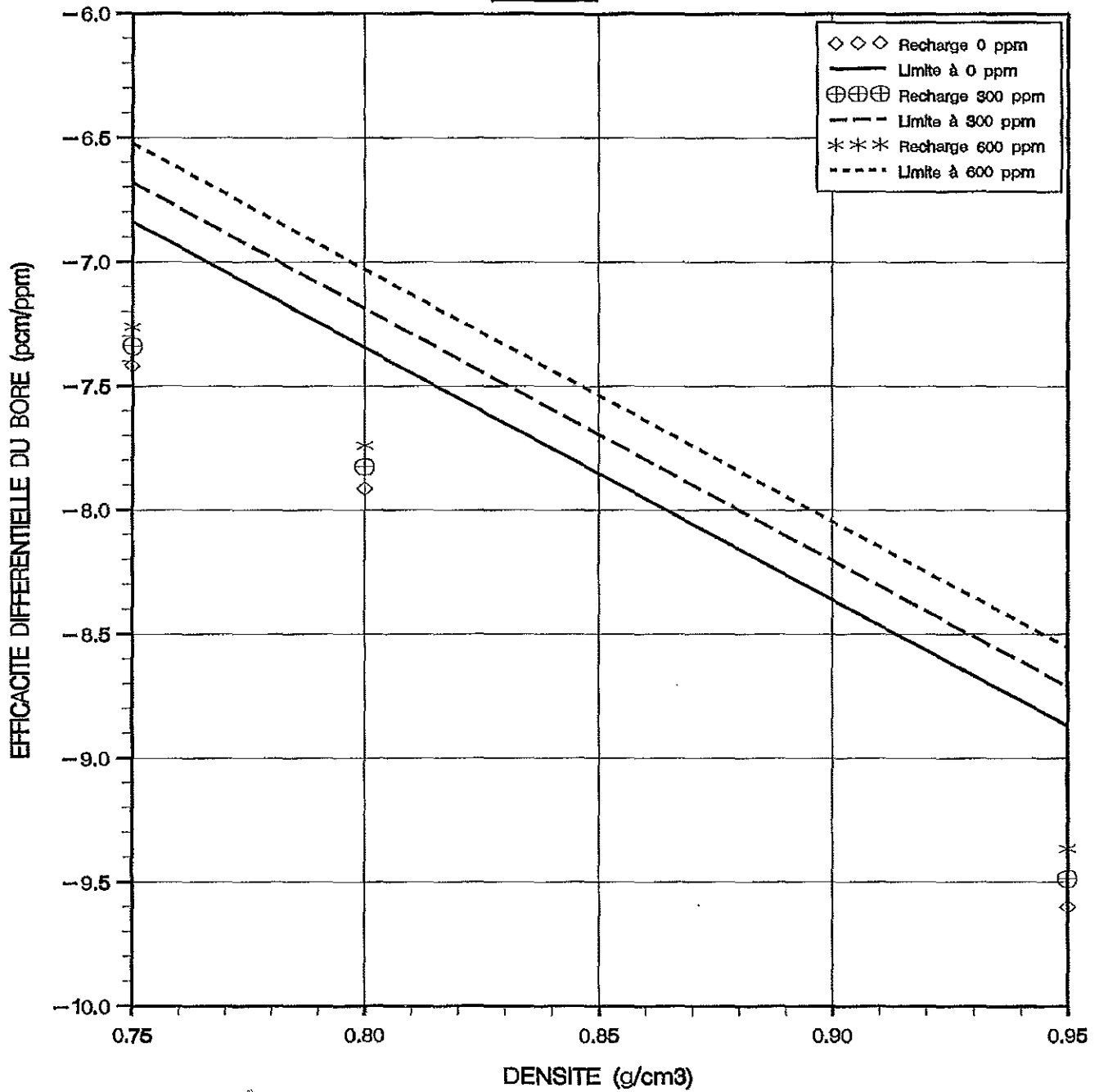
FIGURE 6



COEFFICIENT DE PUISSANCE DU AU DOPPLER SEUL  
EN FONCTION DU NIVEAU DE PUISSANCE



FIGURE 7



EFFICACITE DIFFERENTIELLE DU BORE

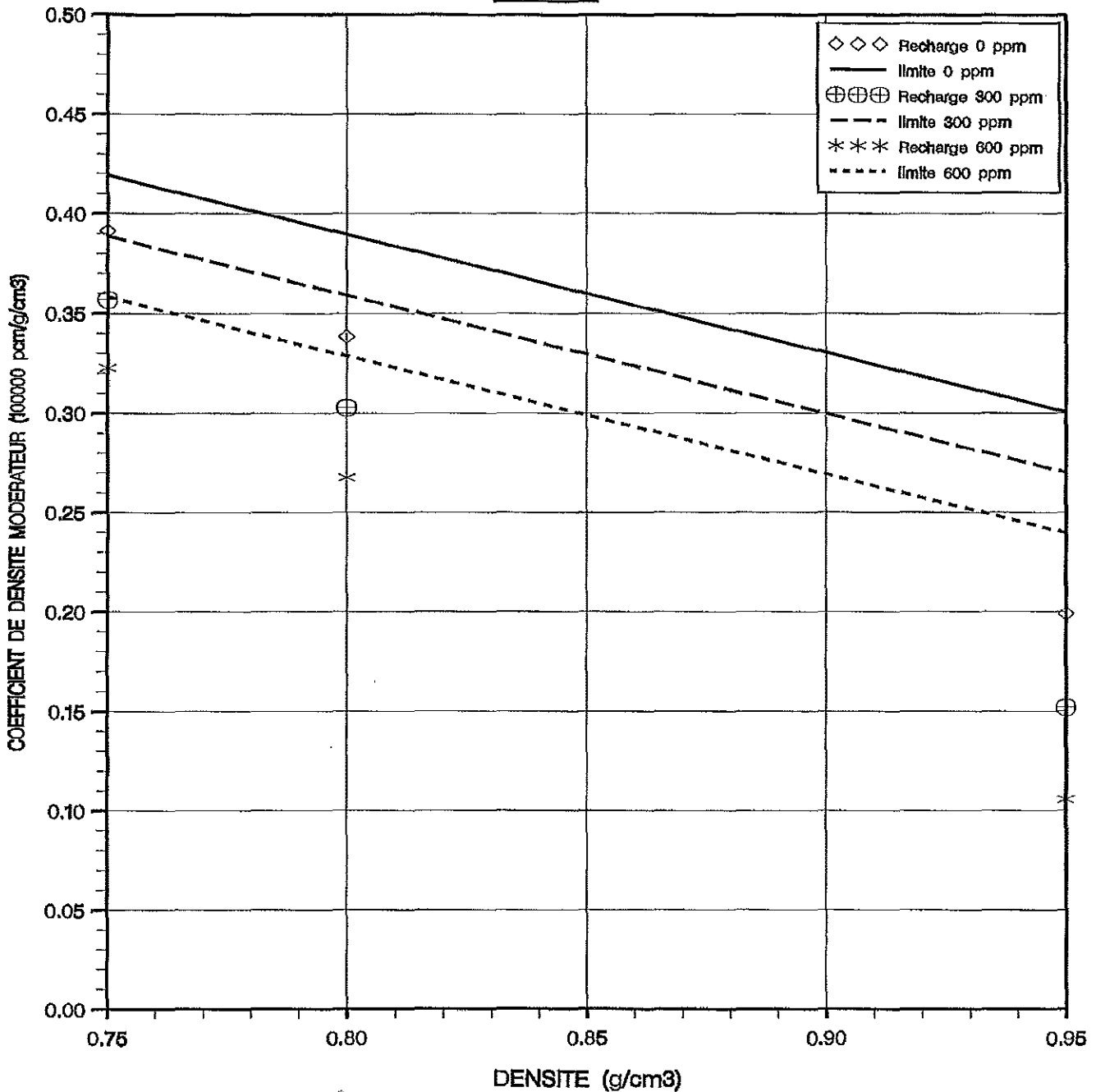
FIGURE 7

ETUDE & NO221A-C20=14664 DU 22/04/14

Calcul DSS019G



FIGURE 8



RTV CATEGORIE 4  
COEFFICIENT DE DENSITE MODERATEUR

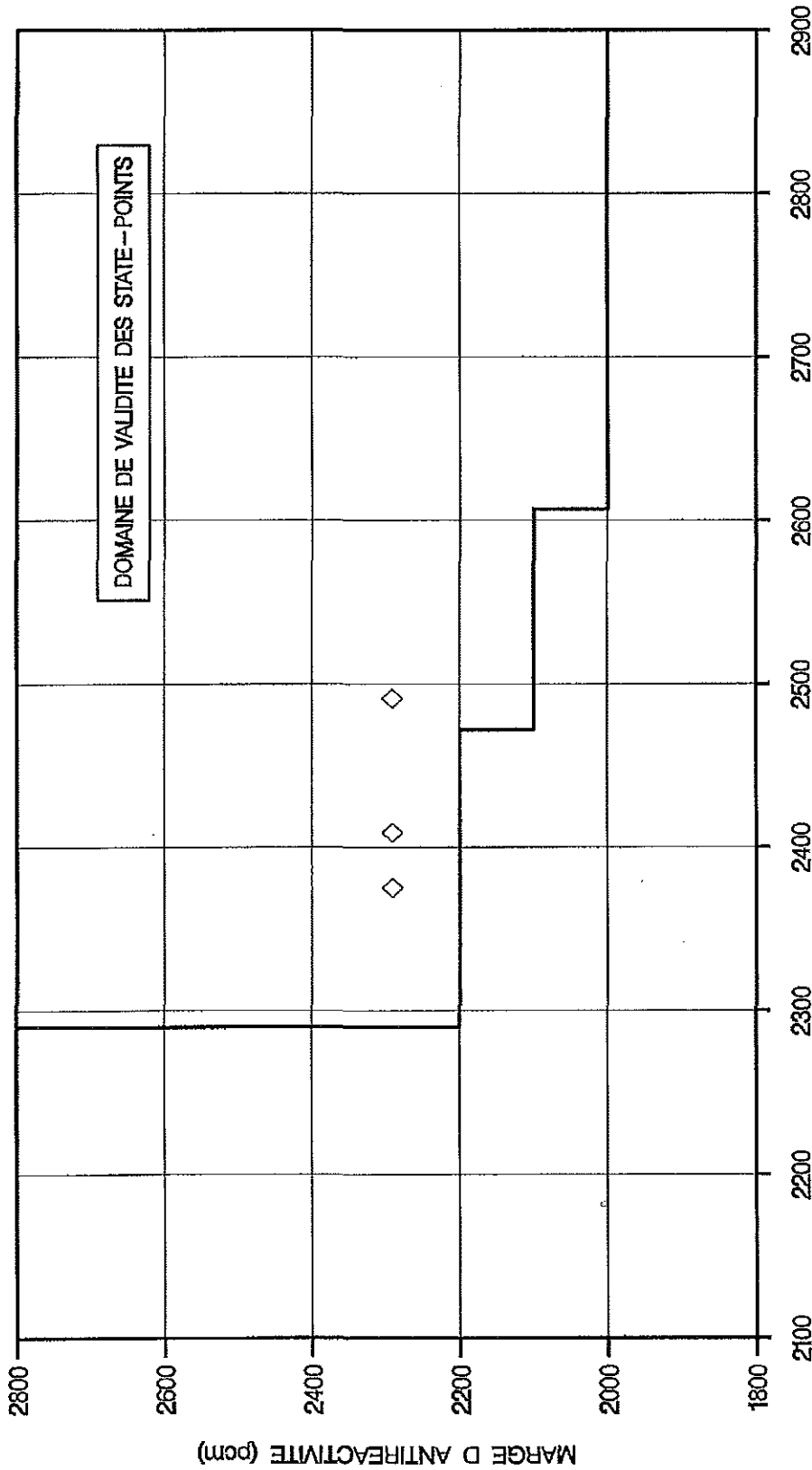
FIGURE 8

ETUDE & NO221A-C20=14684 DU 22/04/14

Calcul DSS020G



FIGURE 9



CONTRE REACTION DE PUISSANCE (pcm)

RTV - DIAGRAMME (MAR,CRP)

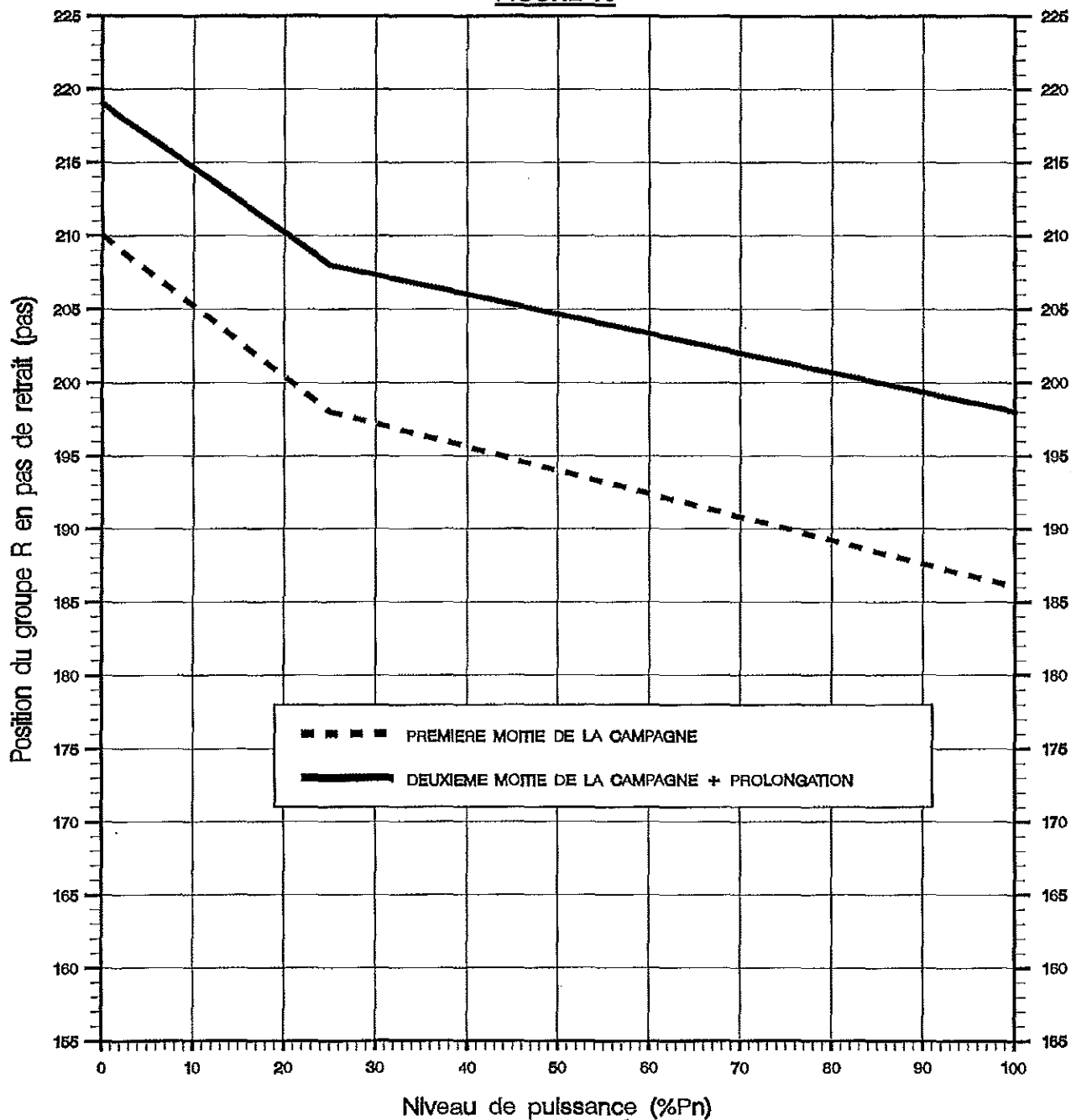
Choix du State Point

Calcul DSS21G

ETUDE 8NO221A - C20 - 14664 DU 22/04/74



FIGURE 10

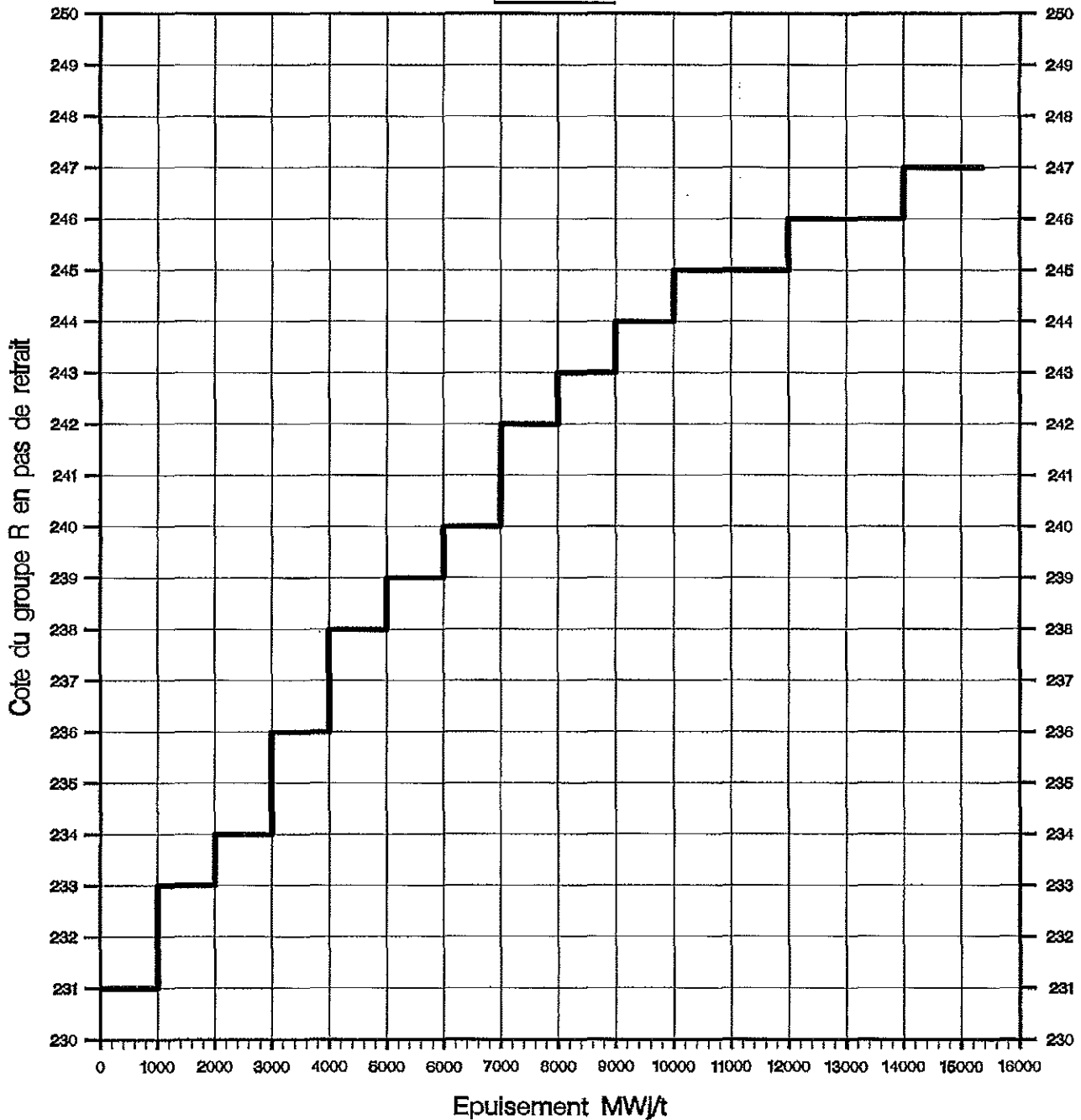


LIMITE TRES BASSE D'INSERTION DU GROUPE DE REGULATION R  
EN FONCTION DU NIVEAU DE PUISSANCE POUR LA LONGUEUR  
NATURELLE DE LA CAMPAGNE ET SON EVENTUELLE PROLONGATION





FIGURE 11



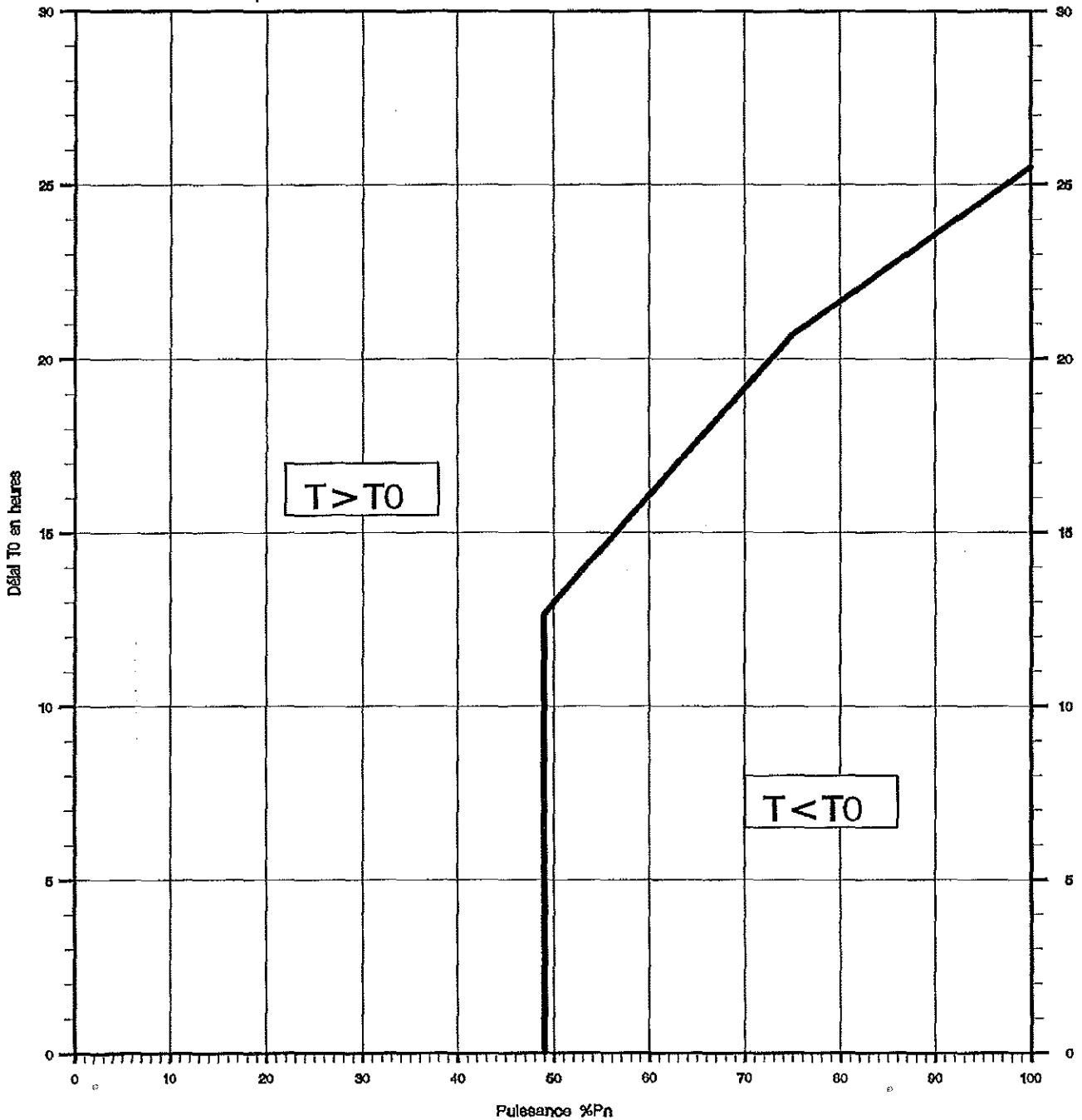
POSITION CONSEILLEE DU GROUPE R  
MILIEU BANDE DE MANOEUVRE  
EN FONCTION DE L'EPUISEMENT

ETUDE & NO221A-C20=14864 DU 22/04/14

Calcul DSS008



FIGURE 12 : Délai  $T_0$  après convergence pendant lequel l'antiréactivité du XENON est supérieure à 2000 pcm, en fonction de la puissance stable avant arrêt

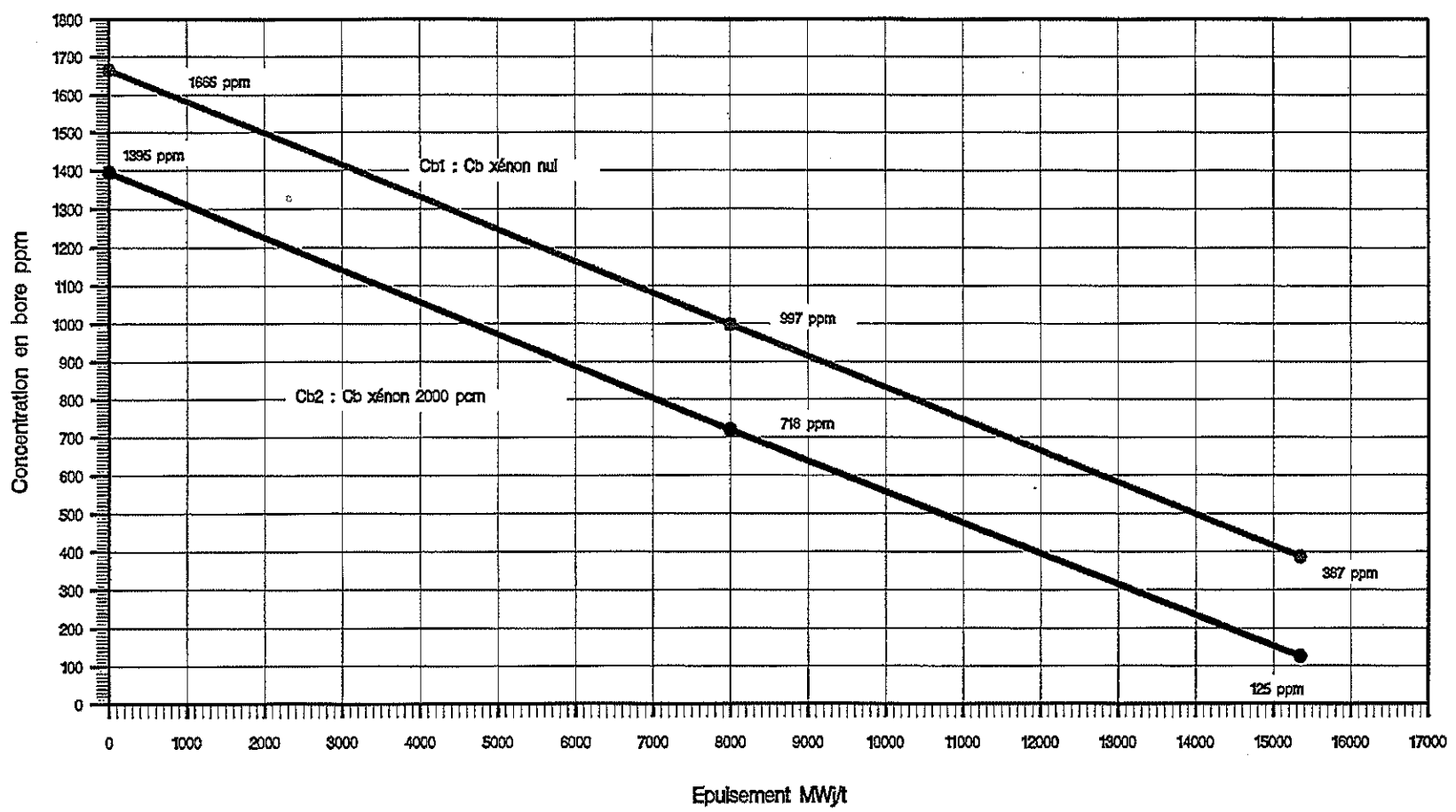


ETUDE &NO221A-C20=14664 DU 22/04/14

Calcul DSS010

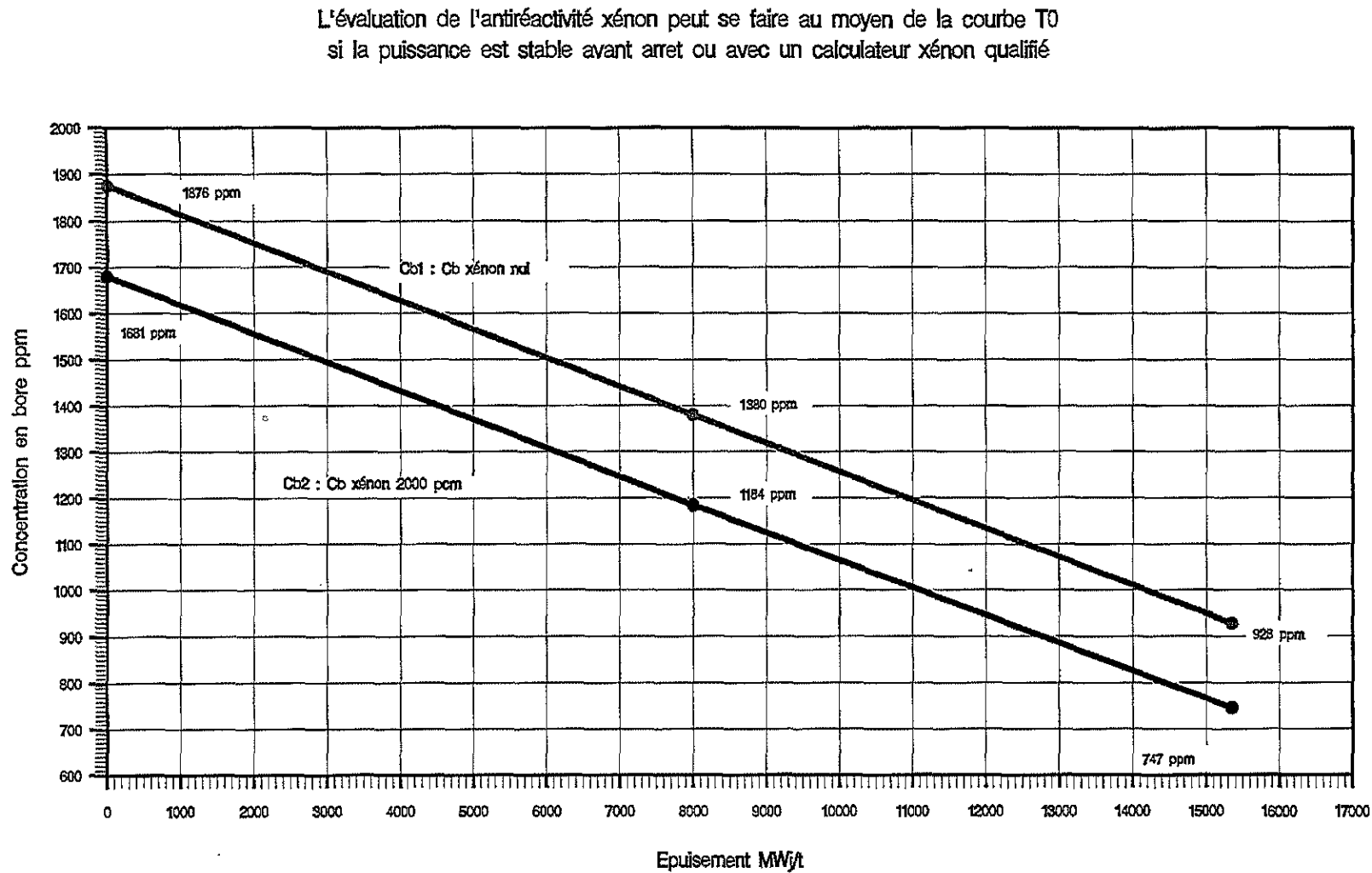
**FIGURE 13 : CONCENTRATIONS EN BORE MINIMALES A L'ARRET A CHAUD,**  
 TOUS GROUPES INSERES SAUF SB ET SC EN COURS DE CAMPAGNE

L'évaluation de l'antiréactivité xénon peut se faire au moyen de la courbe T0  
 si la puissance est stable avant arrêt ou avec un calculateur xénon qualifié



Cb1 : Cb applicable lorsque Xe < 2000 pcm au moment de la convergence  
 ou dès que Xe < 2000 pcm durant l'arrêt  
 Cb2 : Cb applicable lorsque Xe > 2000 pcm avant convergence  
 et tant que Xe > 2000 pcm

FIGURE 14 : CONCENTRATIONS EN BORE MINIMALES A L'ARRÊT A FROID,  
TOUS GROUPES INSERES SAUF SB ET SC EN COURS DE CAMPAGNE



Cb1 : Cb applicable lorsque  $X_e < 2000$  pcm au moment de la convergence  
ou dès que  $X_e < 2000$  pcm durant l'arrêt

Cb2 : Cb applicable lorsque  $X_e > 2000$  pcm avant convergence  
et tant que  $X_e > 2000$  pcm

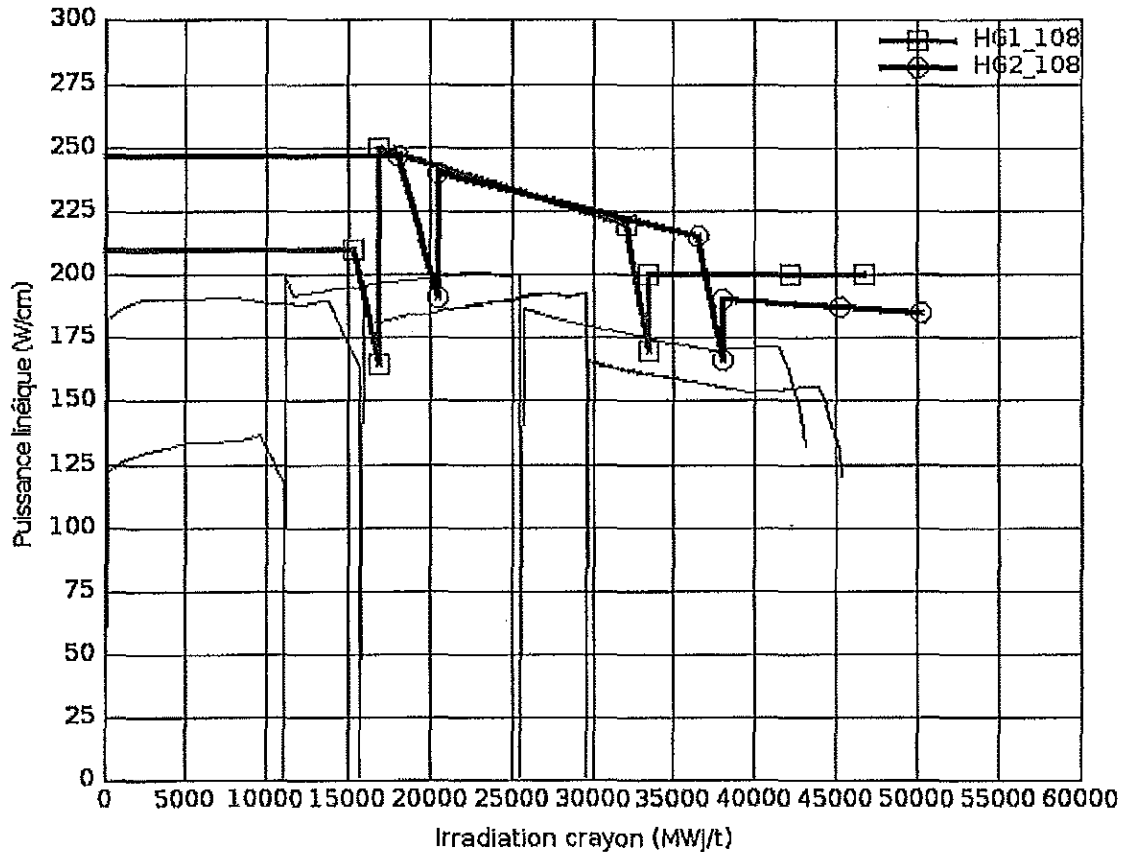


## ANNEXE 1

**FIGURES A1 : Vérification du caractère enveloppe des historiques de puissance utilisés lors de l'étude du comportement des crayons UO2 4% à gainage Zircaloy.**



Verification du caractere enveloppe des historiques de puissance utilises  
lors de l'etude du comportement des crayons UNE des assemblages UNE 4.0%  
Crayons penalisants des assemblages effectuent leur 3eme cycle



Les historiques de puissance des crayons UNE à gainage Zircaloy-4 de l'assemblage UO2 de 3<sup>ème</sup> cycle respectent les historiques de conception HG1\_108 et HG2\_108 [6] [RCTM GEMMES à paraître].

Certains crayons présentent des épaisseurs de corrosion qui dépassent le seuil de 80  $\mu\text{m}$ . L'avancement correspondant dans la campagne est déterminé par interpolation sur le premier crayon atteignant ce seuil. Cet instant est indiqué au paragraphe 3.

La tenue thermomécanique des crayons à gainage Zircaloy-4 de l'assemblage de 3<sup>ème</sup> cycle est ainsi garantie.