

**DEMANDE D'AUTORISATION N° EN38 i+E (C)**  
**EN VUE D'UNE PUBLICATION OU D'UNE COMMUNICATION**

Direction : .....DSM.....  
 Centre : .....SACLAY.....  
 Réf émetteur : ...94/38.....



Titre original du document : LES LIGNES DE HAUTE ET MOYENNE ENERGIE EN FRANCE

Titre traduit en anglais :

Titre traduit en français :

*LIGNES HAUTE ET MOYENNE ENERGIE EN FRANCE*

AUTEURS	AFFILIATION <sup>1</sup>	DEPT/SERV/SECT	VISA (d'un des auteurs)	DATE
G. MILLERET	CNRS	LNS/DIR <i>12 198</i>		

**Nature du document<sup>2</sup> :**

PÉRIODIQUE   
  CONF/CONGRÈS   
  POSTER   
  RAPPORT   
  THÈSE   
  COURS   
  MÉMOIRE DE STAGE   
 Chapitre d'OUVRAGE

Pièces jointes :  RÉSUMÉ     TEXTE

**CONGRES  
CONFERENCE**

*260*  
 Nom : LES MOYENS D'IRRADIATION ET LES ENVIRONNEMENTS  
 Ville : TOULOUSE    Pays : F    Date du : 23 / 09 / 94 au 23 / 09 / 94  
 Organisateur : RADECS-SEE

**PERIODIQUE**

Titre :  
 Comité de lecture : oui  **ARRIVE LE**

DOMAINES : 


**OUVRAGE**

Titre :  
 Éditeur :

LANGUE :

**THESE  
MEMOIRE DE STAGE  
COURS**

Université / Établissement d'enseignement : **SDDS / SPR**

N° EPAC : 

--	--	--	--

SUPPORT : Disquette  Papier

**MOTS-CLES :**

**CEA-CONF-- 12003**

Les visas portés ci-dessous attestent que la qualité scientifique et technique de la publication proposée a été vérifiée et que la présente publication ne divulgue pas d'information brevetable, commercialement utilisable ou classée.

SIGLE	NOM	DATE	VISA	OBSERVATIONS	REF
-------	-----	------	------	--------------	-----

CHEF DE SERVICE					
CHEF DE DEPARTEMENT	LNS/DIR	J. FAURE	5/10/94	<i>[Signature]</i>	

Date limite d'envoi du résumé : .../.../...    Date limite d'envoi du texte : .../.../...    Date limite d'envoi du poster : .../.../...

Destinataires:

Les correspondants publication des départements se chargent de transmettre à l'INSTN/MIST/CIRST (Saclay) copies des demandes d'autorisation de publication, du résumé et du texte définitif.

<sup>1</sup> Entité d'appartenance de l'auteur. Ex. : CEA, CNRS, INSERM ...

<sup>2</sup> Cocher la case correspondante

94002507

LES MOYENS D'IRRADIATION ET LES ENVIRONNEMENTS *Toulouse, 23/09/94*  
 LES LIGNES DE HAUTE ET MOYENNE ENERGIE EN FRANCE:

CAS DE SATURNE

G. Milleret  
 Laboratoire National Saturne  
 Centre d'études de Saclay  
 91191 Gif sur Yvette Cedex  
 Tél.(1)69 08 67 12 Fax:(1)69 08 70 52

Situé en région parisienne, l'accélérateur SATURNE produit des particules chargées d'énergie élevée. Les faisceaux, de caractéristiques largement adaptables, permettent les tests de composants individuels variés ou de sous-ensembles complets.

INTRODUCTION

Les charges induites par les particules ionisantes dans les composants électroniques donnent, sinon une limite, du moins un frein à la miniaturisation des dispositifs:

- Dans l'espace, où nous n'avons pas la protection de l'atmosphère contre les rayonnements ionisants, on rencontre typiquement les particules indiquées fig. 1 ci-dessous<sup>1</sup>.

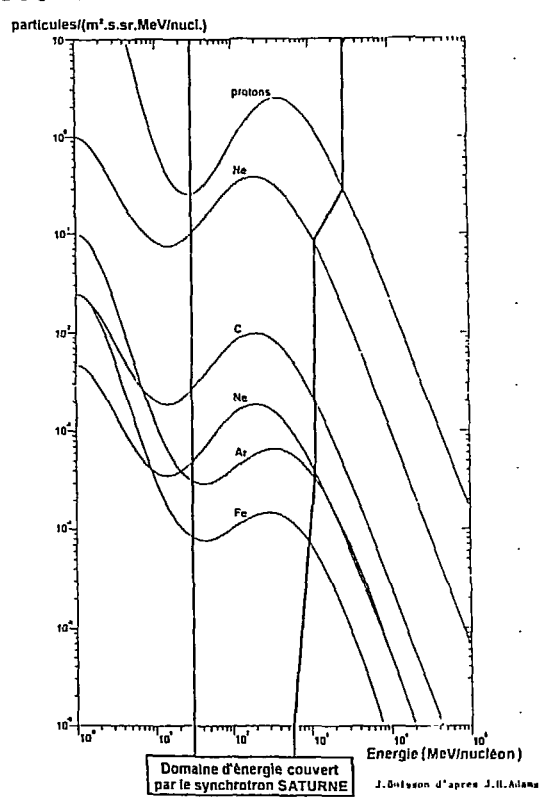
Ces spectres différentiels présentent un maximum local pour une énergie par nucléon de quelques centaines de MeV, ce qui correspond aux énergies produites par le synchrotron SATURNE ( en grisé sur la figure ).

- Auprès d'accélérateurs de haute énergie, comme le projet LHC du CERN à Genève, on prévoit des flux importants de hadrons de quelques centaines de MeV.

- Dans notre environnement courant, il existe des particules cosmiques, des neutrons en particulier, dont l'effet risque de ne plus être négligeable si la miniaturisation et le nombre d'éléments des dispositifs augmente notablement.

FAISCEAUX DELIVRES PAR SATURNE

Le LABORATOIRE NATIONAL SATURNE, sis au Centre d'Etudes de Saclay (Essonne), est géré en commun par le C.E.A. (DSM) et le CNRS (IN2P3). Equipé entre autres de deux synchrotrons, il produit des faisceaux de particules bien adaptés à la simulation des particules cosmiques ou de l'environnement des accélérateurs de haute énergie. Le détail de ces faisceaux est indiqué au tableau 1 ci-dessous:



Particule	A	Q	Intensité Part./cyc.	Energie max. GeV/A
Proton	1	1+	8.E11	2.95
Deuton	2	1+	5.E11	1.15
Hélium3	3	2+	2.E11	1.69
Hélium4	4	2+	2.E11	1.15
Lithium6	6	3+	7.E8	1.15
Carbone	12	6+	1.E8	1.15
Azote	14	7+	1.E8	1.15
Oxygène	16	8+	1.E8	1.15
Néon	20	10+	1.E8	1.15
Argon	40	16+	2.E7	0.82
Fer	56	20+	1.5E7	0.70
Krypton	84	28+	4.E6	0.62
Krypton	84	26+	1.E7	0.55
Neutron	1	0	1.E7	1.15

Figure 1 : Spectres différentiels des particules cosmiques en dehors des ceintures de Van Allen, au minimum du cycle solaire.

Tableau 1 : Faisceaux produits à SATURNE

Une remarque importante: Compte tenu de la faiblesse actuelle des demandes en ions lourds, et de sérieux problèmes de personnels, la Direction de SATURNE vient de décider de mettre en hibernation la source d'ions lourds. Cela signifie que les particules indiquées en caractères barrés sur le tableau 1 ne sont désormais plus disponibles. Cependant, il est envisagé de pouvoir remettre cette source en service en 1996 si les demandes le justifient et si les moyens le permettent.

Toutes les particules indiquées sont directement accélérées, sauf les neutrons, obtenus par cassure de noyaux de deutérium.

Un trait marquant des faisceaux de SATURNE est leur (grande) souplesse:

□ Souplesse en transferts d'énergie linéique (TEL). La figure 2 montre les transferts d'énergie linéique dans le silicium en fonction de l'énergie par nucléon, pour chaque type d'ion

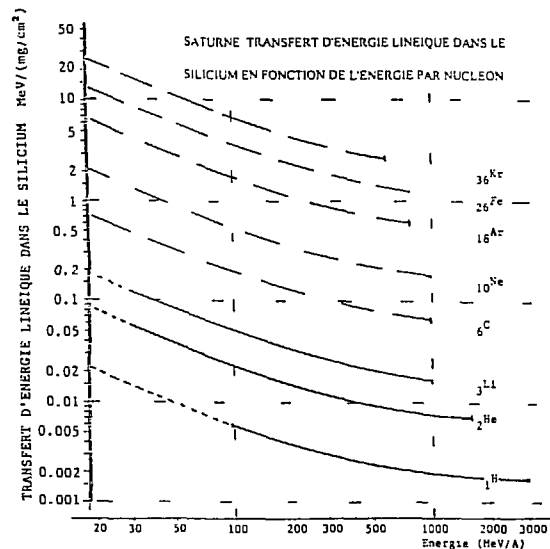


Figure 2: Transfert d'énergie linéique dans le silicium pour les énergies accélérées à SATURNE des différents types d'ions.

Pour les particules légères, le TEL va de 0.002 à 0.06 MeV/(mg/cm<sup>2</sup>). Avec les ions lourds, on atteint 5 MeV/(mg/cm<sup>2</sup>). Un changement d'énergie demande usuellement 1 à 2 heures.

□ Souplesse en environnement: cette souplesse est procurée par le grand parcours des particules de SATURNE, ce qui permet les tests sans décapsuler les composants, voire par la tranche ou par dessous. La figure 3 présente le parcours des particules dans l'Ertalon®, plastique de densité 1.15, en fonction de l'énergie des particules. Le parcours des particules légères est toujours supérieur à 7 mm, soit 800 mg/cm<sup>2</sup>: elles peuvent traverser la plupart des capots. Nous avons représenté figure 4 le domaine des particules de SATURNE, avec en abscisse le TEL dans le silicium, et en ordonnée le parcours dans l'ertalon

□ Souplesse en dimensions et intensité: la dimension du faisceau sur cible peut varier de quelques mm (sauf pour les neutrons) à 10 ou 20 cm, avec des dimensions horizontales et verticales différentes. L'intensité peut être

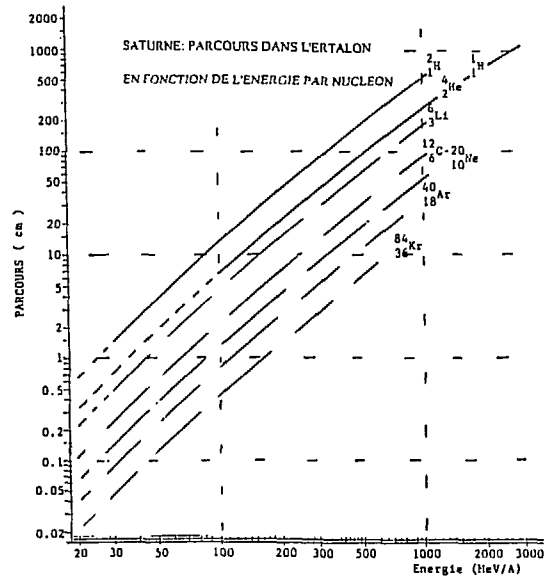


Figure 3: Parcours des particules accélérées par SATURNE en fonction de leur énergie par nucléon.

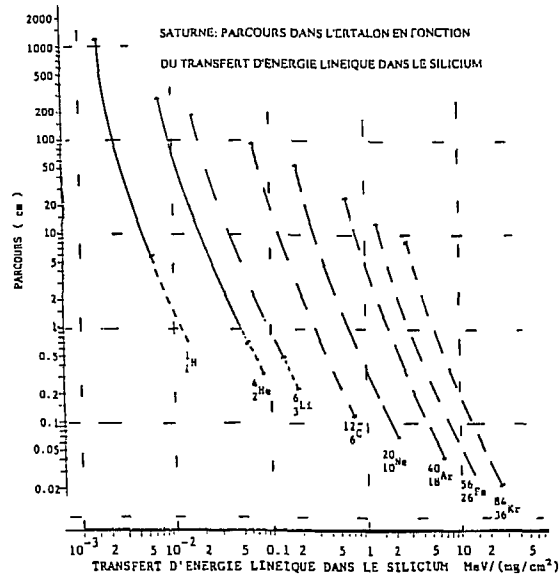


Figure 4: Domaine des particules de SATURNE, le transfert d'énergie linéique étant en abscisse et le parcours en ordonnée.

réglée continûment entre la valeur donnée tableau 1 et un facteur au moins 1000 au dessous.

□ Le fonctionnement est pulsé, ce qui permet d'effectuer des opérations en présence ou en l'absence de faisceau.

### L'OFFRE DE SATURNE

Les offres que nous indiquons ci-dessous correspondent à une utilisation industrielle des faisceaux de SATURNE.

L'offre de base correspond à 3 modes de fonctionnement possible:

- Mode "pilote": choix le plus large de particules, énergies, intensités, avec faisceau délivré environ 0.5s toutes les 1 à 4s, selon l'énergie; coût hors taxes: 20 kF de l'heure.
- Mode "parasite": Particules et énergies choisies par un autre utilisateur pilote, intensité généralement réglable entre 5 fois plus et 100 fois moins que le pilote; même fréquence de déversement que le pilote; coût hors taxes: 3 kF de l'heure.
- Mode "cycles alternés 1/5": Même particule que le pilote, mais large choix d'énergies et d'intensités; faisceau délivré environ 0.5s toutes les 5 à 20s; coût hors taxes: 4 kF de l'heure.

Ce mode "cycles alternés 1/5" me paraît bien adapté aux tests de composants. Notons, pour les 2 derniers modes, qu'un certain choix de la particule est possible, en choisissant l'expérience pilote correspondante, selon le programme de SATURNE.

Les conditions données ci-dessus correspondent à un faisceau réglé sur cible, avec position, dimensions et énergie mesurées.

Le Département d'Electronique et d'Instrumentation Nucléaire de Saclay (J. Buisson) a installé à Saturne une ligne d'irradiation de composants électroniques dont le schéma est donné figure 5 ci-dessous<sup>2</sup>.

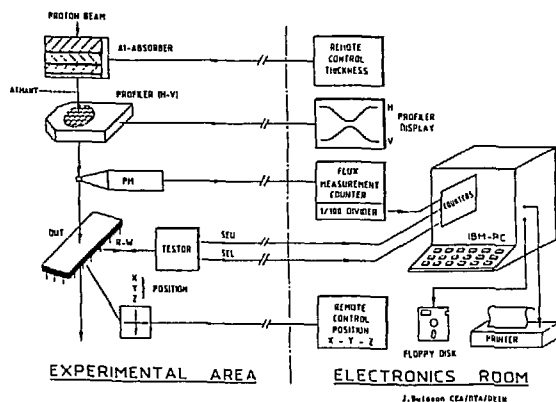


Figure 5: Ligne du DEIN à SATURNE pour l'irradiation de composants électroniques.

Citons quelques uns de ses éléments:

- Un dégradeur d'énergie est constitué de disques d'aluminium d'épaisseurs variées dont l'injection dans le faisceau est commandée à distance. Il permet des

changements aisés et rapide d'énergie, et repousse la limite basse pour les protons de 100 MeV à 30 MeV.

- Un ou deux moniteurs, constitués de scintillateurs plastiques de l'ordre de 1 mm<sup>2</sup>, permettent la mesure de l'intensité absolue du faisceau jusqu'à environ 10\*\*8 p/(s\*cm<sup>2</sup>).

- Une table X Y télécommandée permet de maintenir la carte en test et de la déplacer avec les moniteurs.

Le DEIN peut mettre ces équipements à la disposition des utilisateurs moyennant accord à conclure avec lui

### DISPONIBILITE - INFORMATIONS PRATIQUES

Comme dit plus haut, seuls sont actuellement disponibles les faisceaux de particules légères: protons, deutons, hélium3, hélium4, neutrons. L'accélérateur fonctionne actuellement sur deux périodes par an: Mars-Juillet et Septembre-Novembre. Les demandes, sous forme de propositions d'expérience, sont normalement soumises 4 à 5 mois à l'avance au Comité des Expériences. Cependant, des demandes limitées peuvent être transmises avec des délais plus courts, et nous ferons notre possible pour les satisfaire.

Il est prévu que l'accélérateur Saturne fonctionne jusqu'en fin 1997, voire quelques mois en 1998.

### REFERENCES

- 1: J. Buisson d'après J.H. Adams, R. Silberberg, C.H. Tsao, N.R.L. Memorandum Report 45-06, 1981
- 2: J. Buisson, *Ann. Chim. Fr.*, 1992, 17, pp 507-520