

C. E. A.
D. P. S. R.

AVRIL 1969

N°64

EXPERIENCE

CRAC .05.06

RÉSULTATS

SERVICE D'ÉTUDES DE CRITICITÉ
Section Expérimentale d'Etudes de Criticité

S O M M A I R E

1 - EXPERIENCE C.R.A.C. 05

1 - 1 - But de l'expérience

1 - 2 - Configuration étudiée - Solution fissile utilisée

1 - 3 - Détecteurs utilisés

1 - 4 - Résultats

1 - 5 - Mesures S.P.R.

1 - 6 - Conclusions

2 - EXPERIENCE C.R.A.C. 06

2 - 1 - But de l'expérience - Configuration étudiée -
Solution fissile utilisée

2 - 2 - Détecteurs utilisés

2 - 3 - Résultats

2 - 4 - Conclusions

*

*

*

1 - EXPERIENCE C.R.A.C. 05

1 - 1 - BUT DE L'EXPERIENCE

C.R.A.C. 05 est la première expérience d'une campagne destinée à l'étude des accidents de criticité pouvant survenir dans un récipient de stockage ou de traitement tels qu'ils peuvent se rencontrer dans une usine.

1 - 2 - CONFIGURATION ETUDIEE - SOLUTION FISSILE UTILISEE

1 - 2 - 1 - Configuration

La cuve expérimentale est constituée par les 2 éléments inférieurs de la cuve ayant servi aux expériences C.R.A.C. de la 1^{ère} campagne (diamètre extérieur 300 mm) (Figure 1). La partie utile de la cuve est l'élément inférieur, de hauteur 1 mètre. L'élément supérieur est monté provisoirement afin de limiter les conséquences de projections ou débordements éventuels. Cet élément sera retiré lors de la réalisation d'accidents en cuve fermée éventée.

1 - 2 - 2 - Analyse chimique de la solution

Densité	U Total g/l	U 235 g/l	H ⁺	NO ₃ ⁻
1,153	61,1	56,9	2,1 N	2,62 N

1 - 3 - DETECTEURS UTILISES

- Détecteurs "neutron"

Ils sont de deux types :

- chambres d'ionisation à bore 10 (Type 3 C 2 B et CCP 1 N 5)
- chambres à fission miniature à U_{235} et U_{238}

- Détecteurs "gamma"

- chambres d'ionisation du type 3 C 2 B sans bore (pour évaluer la contribution gamma sur les chambres à neutrons)
- chambres d'ionisation à haut flux type CGHF.

Pour la première fois un écran a été disposé devant un détecteur neutron 3 C 2 B : cet écran est constitué d'eau (30 cm) et le compteur est entouré de cadmium. Afin d'évaluer la contribution du rayonnement gamma, on a placé également dans les mêmes conditions une chambre 3 C 2 B sans bore.

Un tel écran a une atténuation totale de l'ordre de 200, mais le facteur de mérite n'est pas excellent (environ 2,4) car il n'y a pas de plomb.

Rappel de la signification du facteur de mérite :

$$\text{facteur de mérite} = \frac{n + \gamma}{\gamma_B}$$

où n est le courant d'ionisation donné par les neutrons

γ le courant d'ionisation donné par les gammas dans la chambre à bore

γ_B le courant dans la chambre sans dépôt

La position des différents détecteurs est donnée sur la figure 2.

1 - 4 - RESULTATS

1 - 4 - 1 - Données caractéristiques

- Hauteur critique (neutrons retardés)	69,05 cm
- Hauteur de départ	13 cm
- Volume total introduit	68 l
- Hauteur atteinte en fin d'introduction	100,2 cm
- Débit d'introduction	1500 l/h
- Temps total d'introduction	143 s
- Durée de l'expérience (introduction incluse)	23 minutes
- Réactivité potentielle introduite	\approx 2400 pcm

1 - 4 - 2 - Chronologie

Le temps 0 représente l'instant de passage du niveau de la solution à la hauteur critique soit 69,05 cm

- Temps d'introduction après H_c	52,5 s
- Début du phénomène (sur le détecteur le plus sensible à 4 m.)	19,5 s
- Sommet du 1 ^{er} pic	21,5 s
- Sommet du 2 ^{ème} pic	46,5 s
- Sommet du 3 ^{ème} pic	72 s
- Sommet du 4 ^{ème} pic	97 s

1 - 4 - 3 - Radiolyse - Effet Cerenkov

La caméra de télévision a permis l'observation à chaque pic d'une intense émission de lumière accompagnée aussitôt d'un bouillonnement de la solution. Une légère surpression a été enregistrée dans l'enceinte de sécurité.

1 - 4 - 4 - Radiochimie - Nombre total de fissions

Les résultats des analyses radiochimiques sont les suivants :

P.F.	Nombre de fissions
Mo 99 (740 kev)	$3,59 \cdot 10^{17}$
Ce 143 (294 kev)	$3,89 \cdot 10^{17}$
Ce 144 (2181 kev)	$3,62 \cdot 10^{17}$
Te 132 (230 kev)	$3,93 \cdot 10^{17}$
Te 132 - I 132 (670 kev)	$3,71 \cdot 10^{17}$
Ru 103 (498 kev)	$3,91 \cdot 10^{17}$

Moyenne générale $3,8 \cdot 10^{17}$ fissions

Dispersion $\pm 4 \%$

1 - 4 - 5 - Evolution des divers paramètres

1 - 4 - 5 - 1 - Puissance - Nombre de fissions intégré - Temps de doublement (Voir figures 3 et 4)

A noter pour le 1^{er} pic de puissance :

- Puissance maximum $6,3 \cdot 10^{16}$ f/s
- Temps de doublement minimum 60 ms
- Instant d'apparition de gaz au centre de la solution $t = 21,4$ s

1 - 4 - 5 - 2 - Température (Figures 5 et 6)

Quatre thermocouples donnent l'évolution de la température : 3 sont dans la solution (TC1, TC2, TC3) et le quatrième est contre la paroi de la cuve (TC paroi).

1 - 4 - 5 - 3 - Flux gamma (Figures 7 et 8)

L'évolution du flux gamma est décrite par le courant d'une chambre d'ionisation placée à 4 mètres de l'axe de la cuve expérimentale.

1 - 4 - 5 - 4 - Réactivité (Figures 9 et 10)

Des expériences préliminaires de divergence ont permis de déterminer la variation de la réactivité en fonction de la hauteur de solution introduite au-dessus de la hauteur critique. Avant de donner les résultats de ces expériences, indiquons les valeurs de constantes utilisées pour leur exploitation.

- Neutrons retardés

Groupe	1	2	3	4	5	6
β_i %	0,021	0,139	0,126	0,252	0,074	0,026
λ_i s^{-1}	0,0124	0,0305	0,111	0,301	1,13	3,00
ϵ_i efficacité	1,242	1,219	1,224	1,200	1,224	1,200

soit $\beta_{eff} = 774$ pcm

- Neutrons prompts

temps de vie $\bar{l} = 37 \mu s$

vitesse moyenne des neutrons thermiques $\bar{v} = 2,79 \cdot 10^5$ cm/s

- Expériences de divergence

Expérience	Hc cm	'H surcriti- 'que cm	ΔH cm	T ₂ s	ρ pcm	$\frac{\Delta H}{\Delta \rho}$ pcm/mm
CRAC D1 - 05	68	69,99	1,99	20	180	9,0
	68	71,07	3,07	9,4	270	8,8
CRAC D2 - 05	68	71,99	3,99	5,18	351	8,7

Ces résultats nous permettent de dire que pour l'expérience C.R.A.C.05 la réactivité potentielle introduite a été d'environ 2400 pcm.

Les figures 9 et 10 donnent l'évolution en cours d'expérience du coefficient de multiplication effectif instantané k_{eff_i} .

1 - 5 - MESURES S.P.R.

Les mesures effectuées par la S.P.R. VALDUC au titre de la radioprotection sont consignées dans une note (n° 171/DAM/F/C.VA/R du 25 Mars 1969). Les doses γ intégrées par les expérimentateurs en salle de contrôle sont minimales (< 15 mR).

1 - 6 - CONCLUSIONS

L'évolution observée sur C.R.A.C. 05 est déjà différente des phénomènes rencontrés sur la 1^{ère} campagne (C.R.A.C. 01 - 03 - 04), à concentration plus faible en uranium : les oscillations rapprochées que l'on peut voir traduisent la recherche d'un équilibre entre la réactivité potentielle introduite et les mécanismes de freinage (gaz et température), les gaz notamment coupant la réaction jusqu'à leur disparition de la solution.

2 - EXPERIENCE C.R.A.C. 06

2 - 1 - BUT DE L'EXPERIENCE - CONFIGURATION ETUDIEE - SOLUTION FISSILE UTILISEE

Il s'agit essentiellement d'une expérience de reproductibilité de l'expérience C.R.A.C. 05. La configuration étudiée ainsi que la solution fissile utilisée sont identiques à l'expérience précédente (Figure 1).

2 - 2 - DETECTEURS UTILISES

Ce sont les mêmes que pour C.R.A.C. 05. Leur position est donnée sur la figure 11.

2 - 3 - RESULTATS

2 - 3 - 1 - Données caractéristiques

- Hauteur critique H_c	68,06 cm
- Hauteur de départ	10 cm
- Volume total introduit	68 l.
- Hauteur atteinte en fin d'introduction	100,38 cm
- Débit d'introduction	1510 l/h
- Temps total d'introduction	143 s
- Durée de l'expérience (introduction incluse)	22 minutes

2 - 3 - 2 - Chronologie

Temps 0 : passage à l'état critique retardé

- Temps d'introduction après H_C 51 s
- Début du phénomène (sur le détecteur le plus sensible à 4 m) 21,2 s
- Sommet du 1^{er} pic 22,84 s
- Sommet du 2^{ème} pic 45 s
- Sommet du 3^{ème} pic 68,4 s
- Sommet du 4^{ème} pic 91,4 s

2 - 3 - 3 - Radiochimie - Nombre total de fissions

P.F.	Nombre de fissions
Mo 99	3,48 . 10 ¹⁷
Ce 143	3,62 . 10 ¹⁷
Te 132	3,63 . 10 ¹⁷
Ce 144	3,74 . 10 ¹⁷
Ru 103	3,58 . 10 ¹⁷

Moyenne générale 3,6 . 10¹⁷ écart type ± 3 %

2 - 3 - 4 - Evolution des divers paramètres

- Puissance, nombre de fissions intégré, temps de doublement : voir figures 12 et 13

A noter pour le premier pic :

- Puissance maximum : 6,7 . 10¹⁶ fissions/s
- Temps de doublement minimum : 50 ms
- Instant d'apparition des gaz au centre de la solution : 22,74 s

- Flux gamma
Voir figures 14 et 15

- Réactivité
Voir Figure 16.

- Capteur de pression

Un capteur de pression placé en fond de cuve a donné l'évolution tracée en figure 17. Il semble qu'un mouvement ascensionnel de la solution soit à l'origine des dépressions enregistrées au moment des pics.

2 - 4 - CONCLUSION

L'expérience C.R.A.C. 06 montre une excellente reproductibilité de l'expérience C.R.A.C. 05. Les phénomènes relativement plus rapides que pendant la première campagne auront permis une transition avec les manipulations futures (C.R.A.C. 07 et 08) qui se feront à de plus fortes concentrations (200 g/l environ) et dans lesquelles les phénomènes seront plus violents.

*

*

*

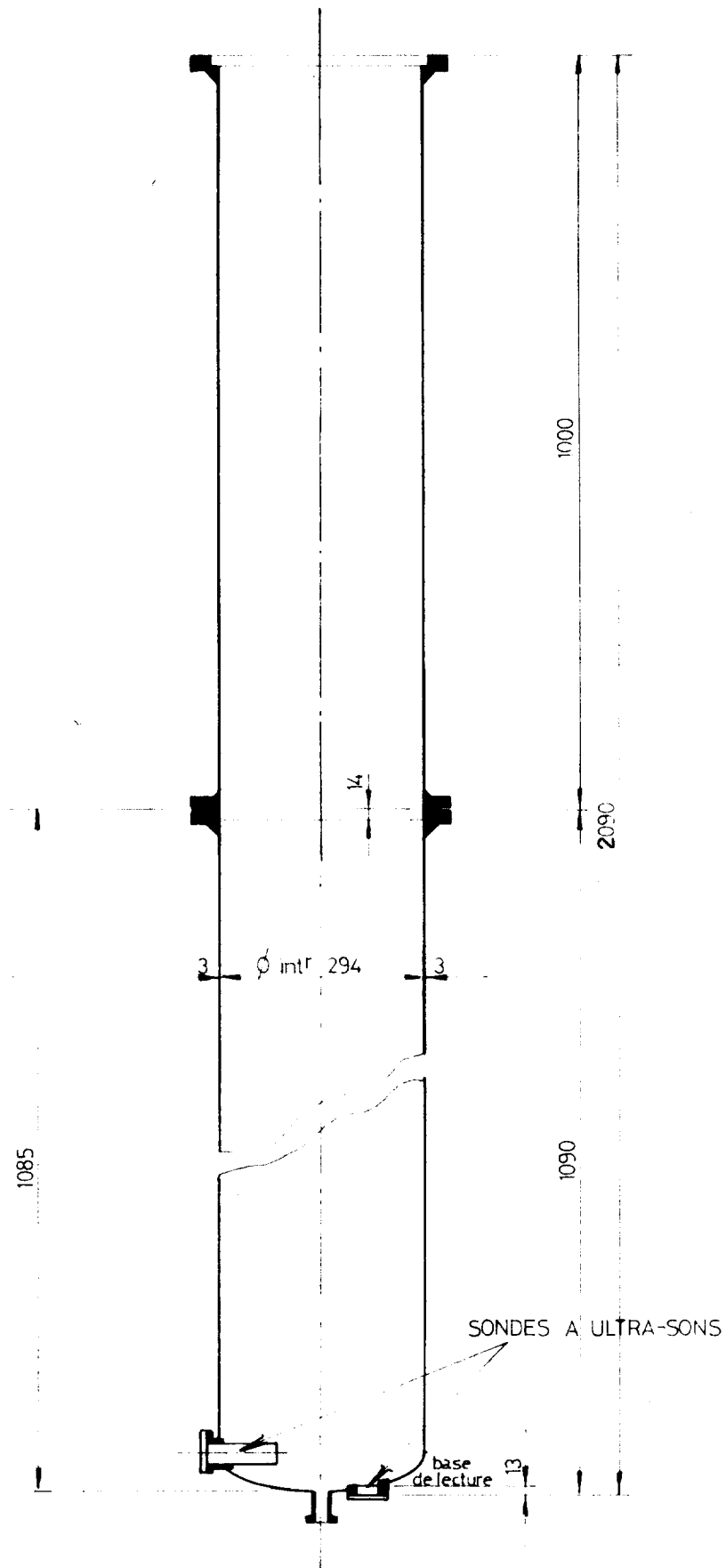


Fig:1_Schéma de la cuve expérimentale.

CRAC 05

HALL

Fig:2_ Implantation des détecteurs

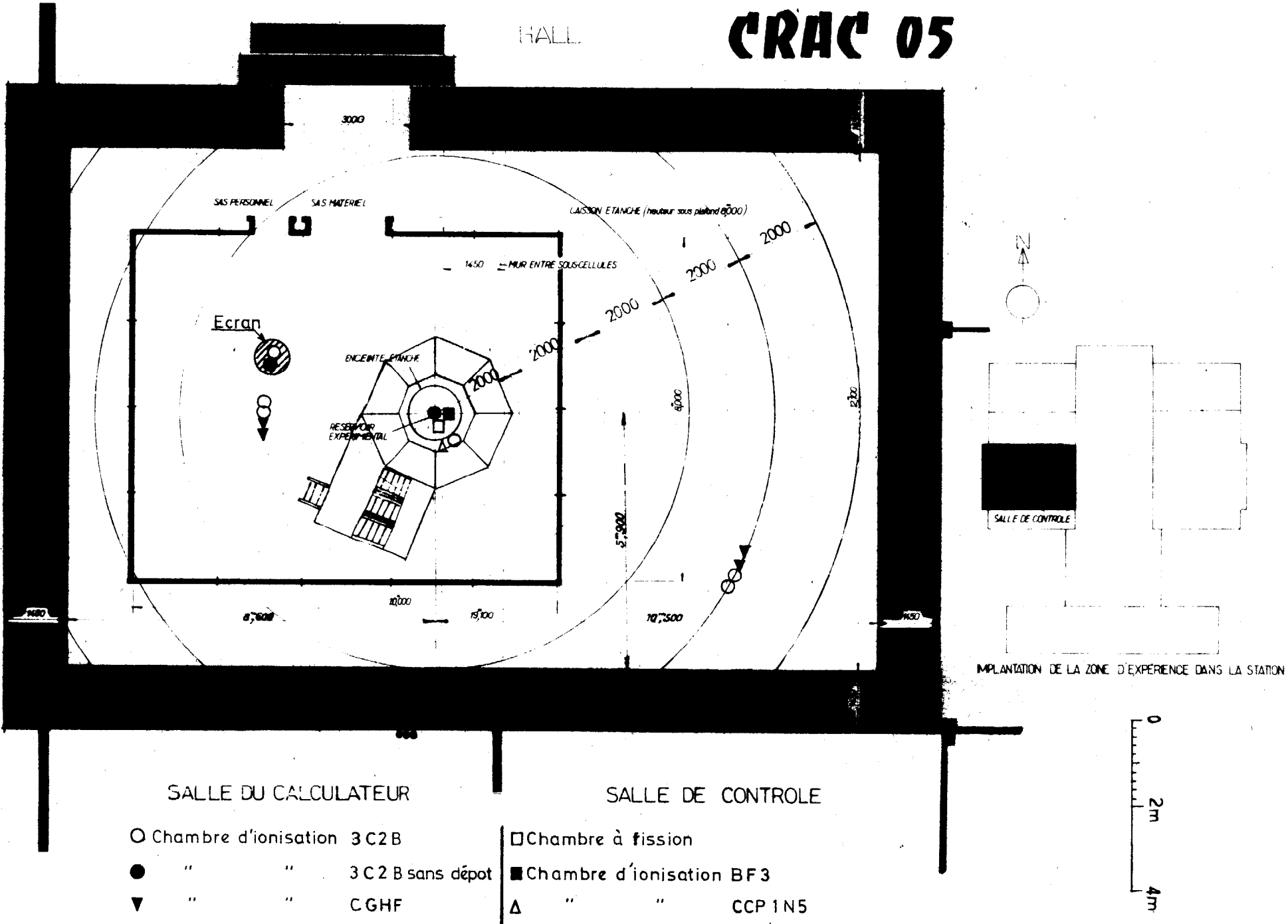


Fig. 3 - Evolution de la Puissance

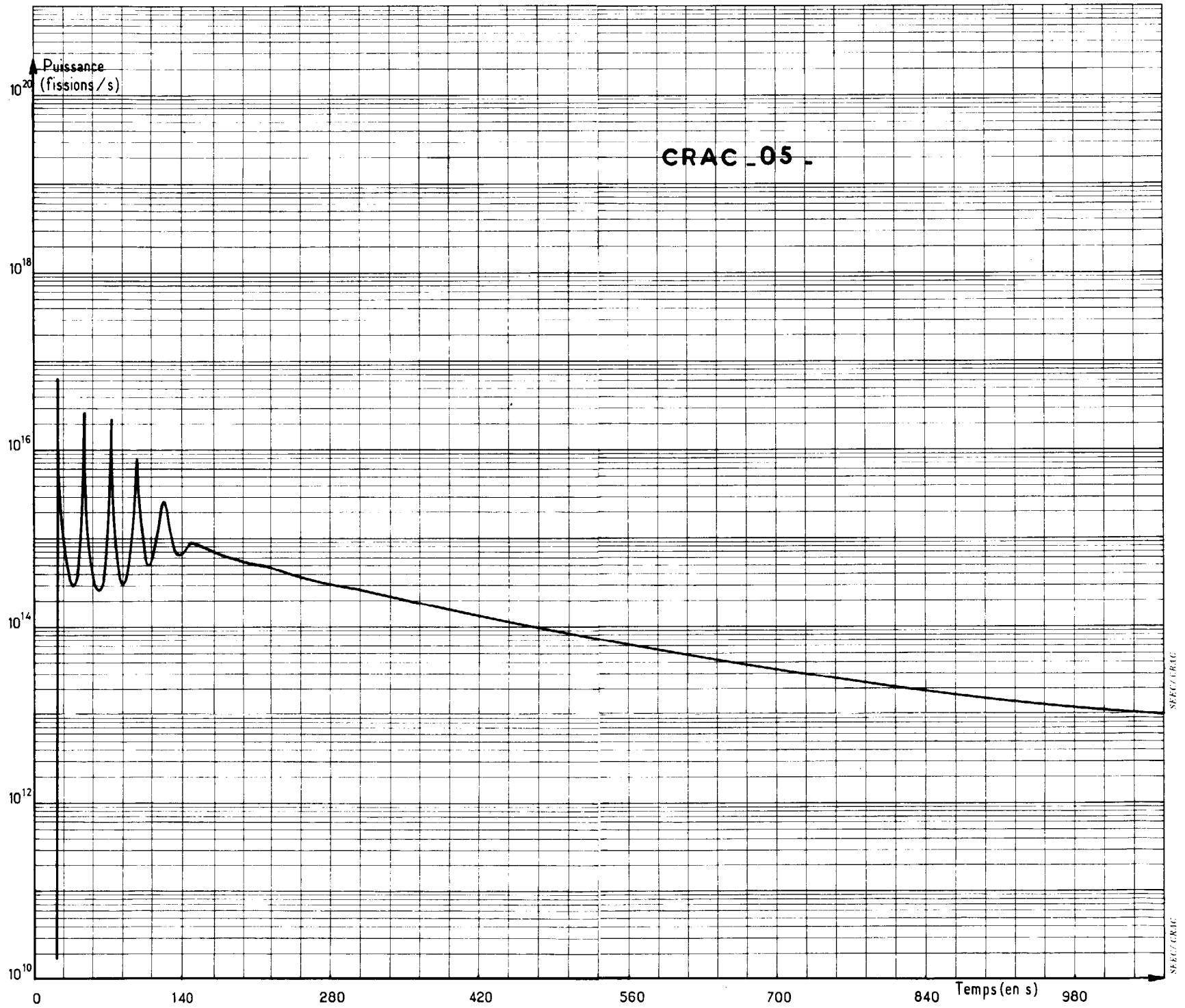
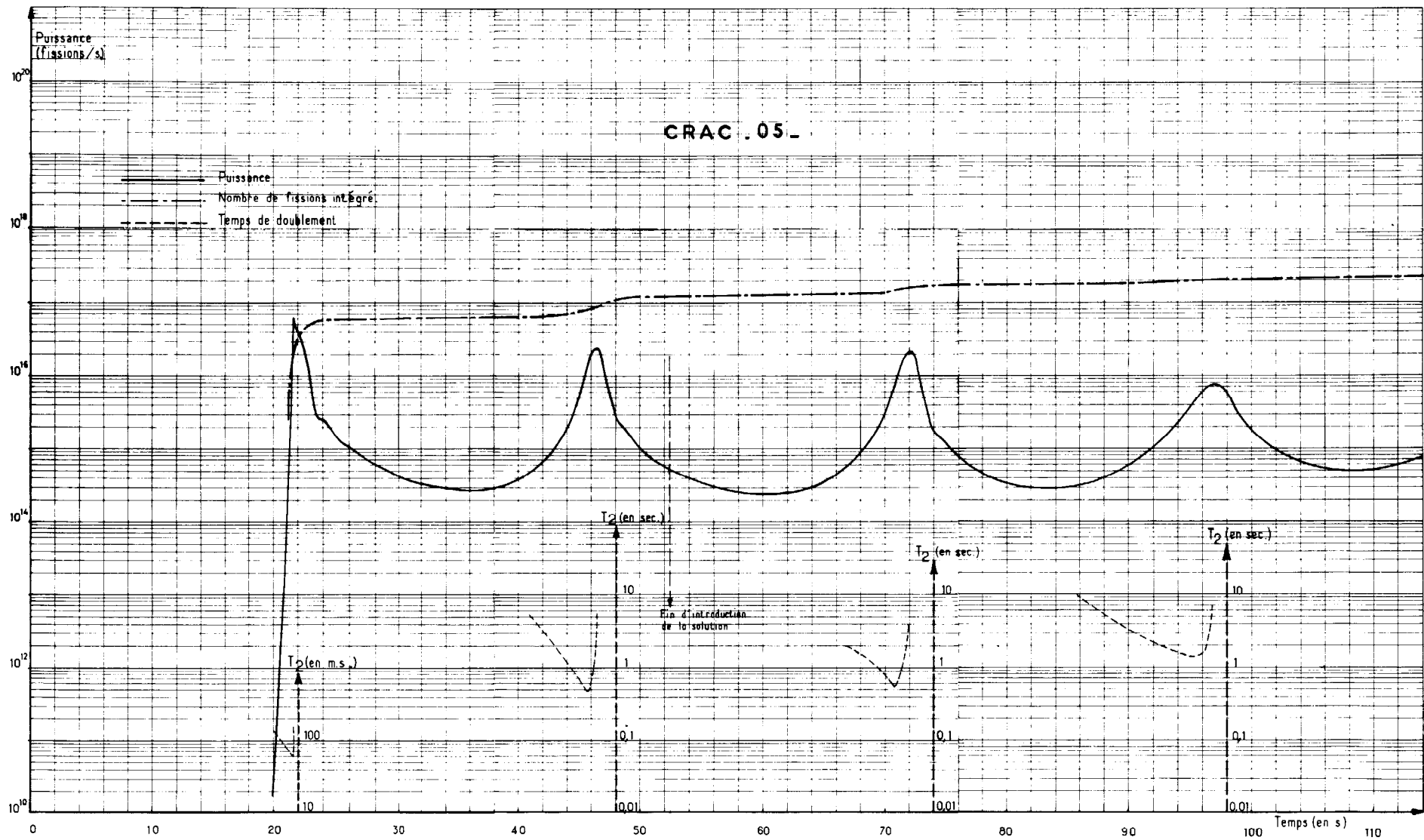


Fig. 4 - Puissance, Nombre de fissions intégré, Temps de doublement.



CRAC 05 THERMOCOUPLES

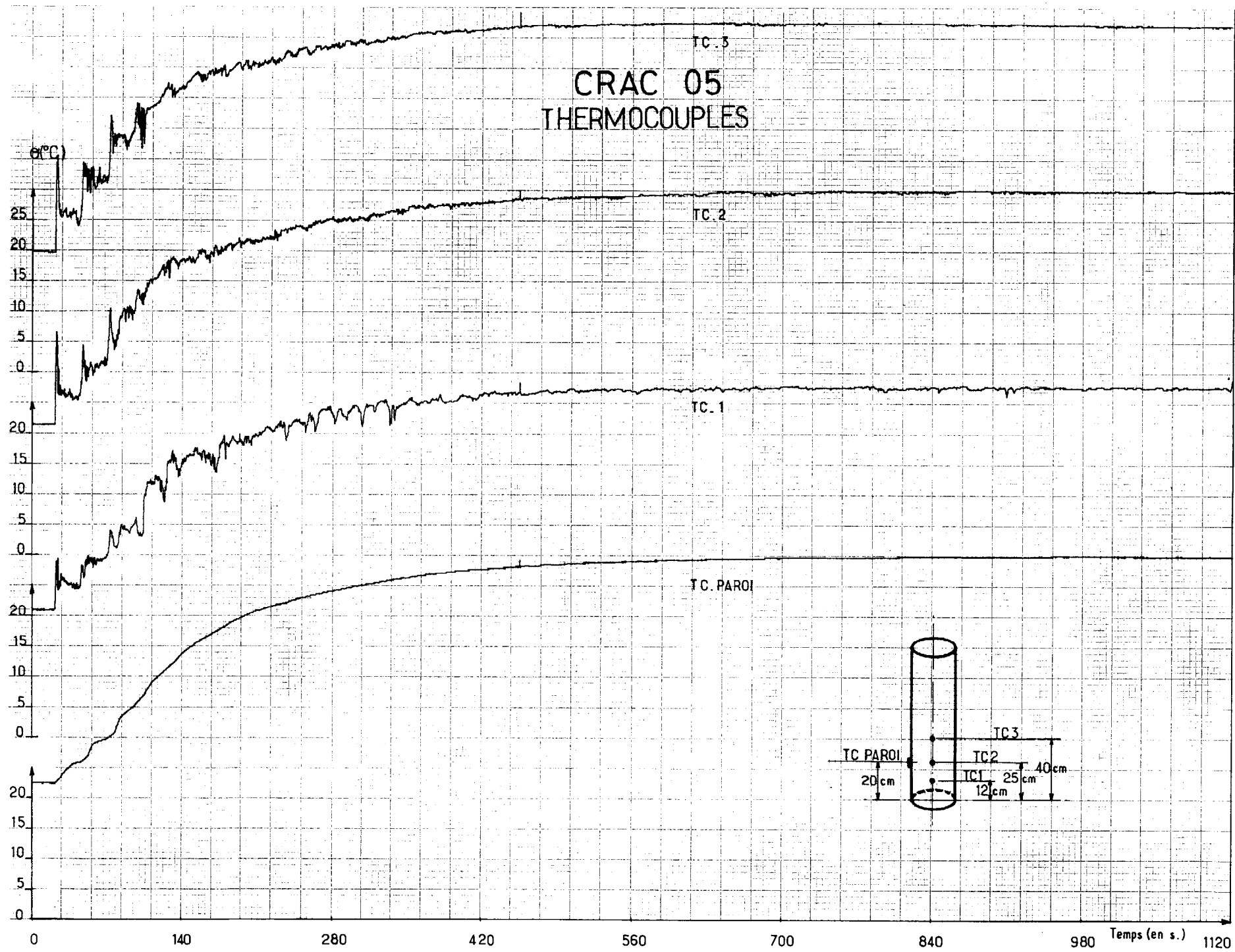


Fig. 5 - Température

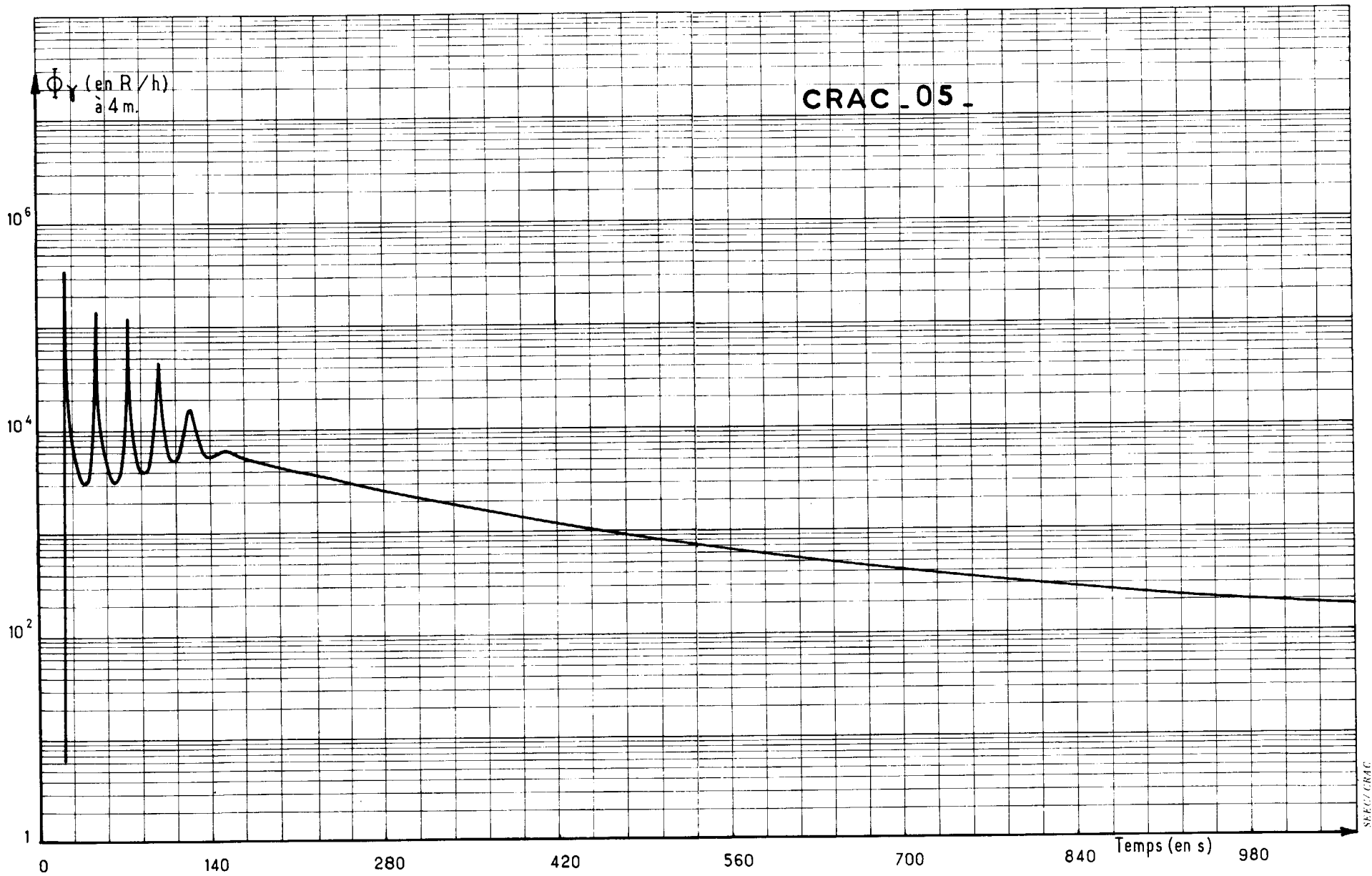
CRAC - 05
THERMOCOUPLES

θ (°C)



Fig. 6 - Température (Echelle dilatée)

Fig. 7 - Flux Gamma



SEC/CRAC

Fig. 8 - Flux Gamma (Echelle dilatée)

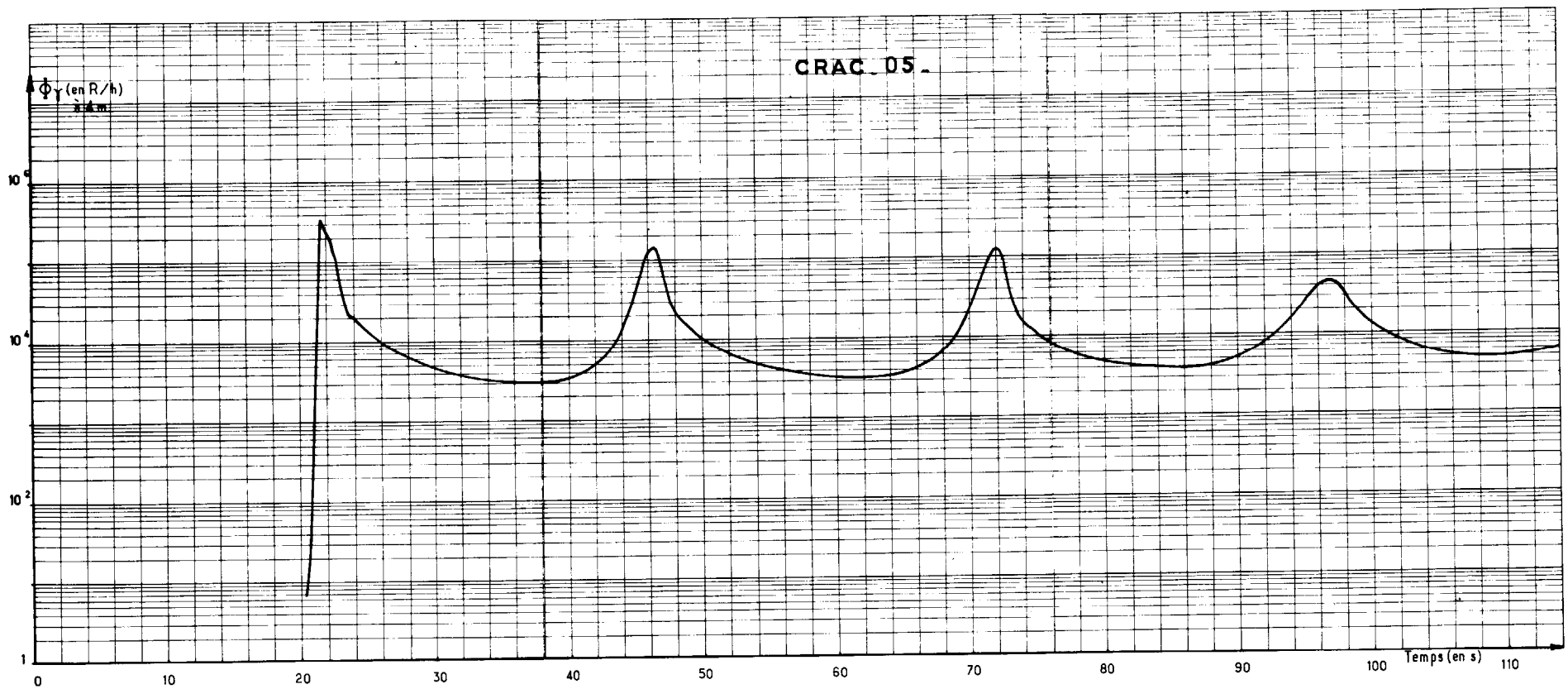


Fig. 9 - Réactivité

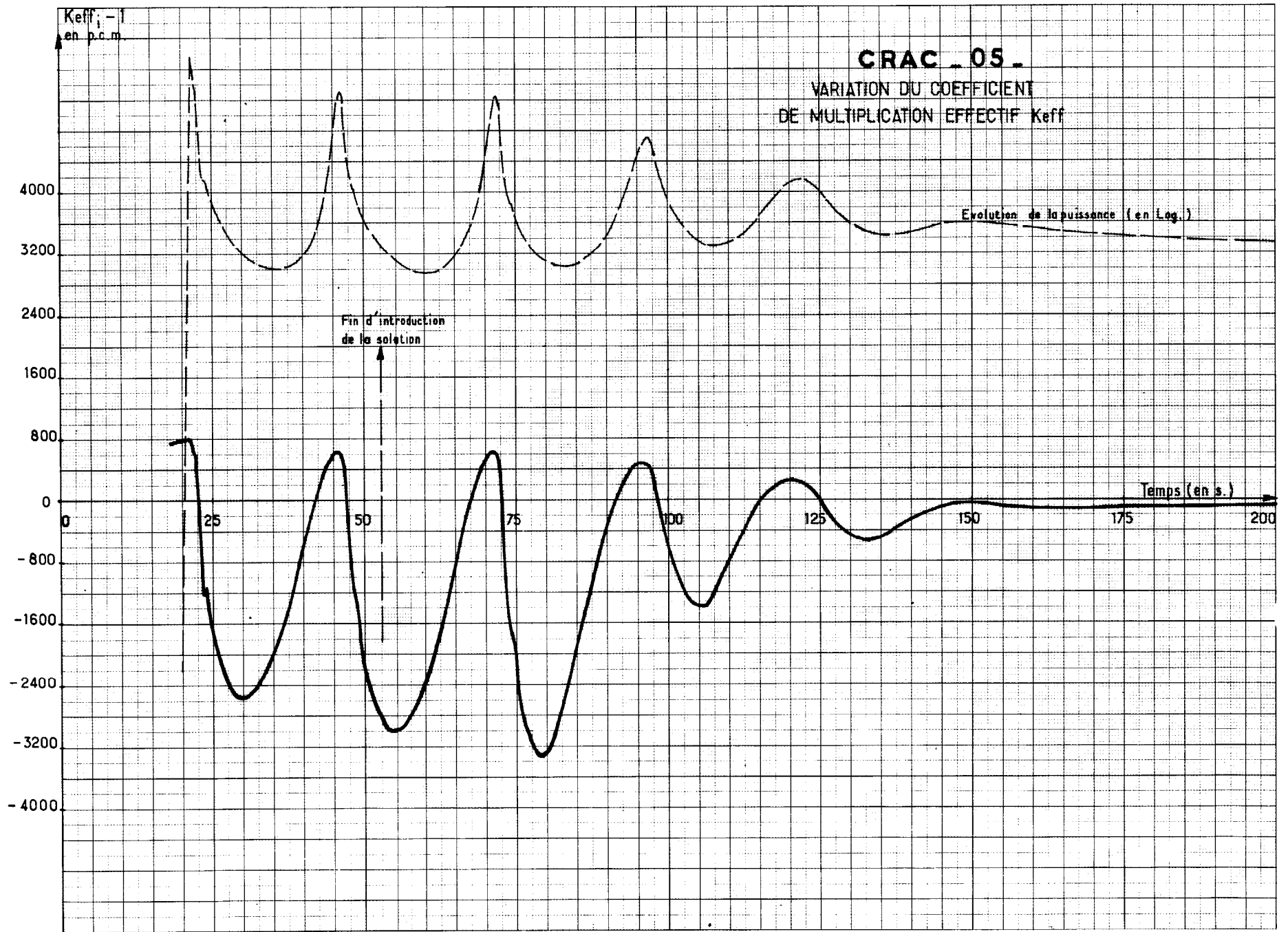
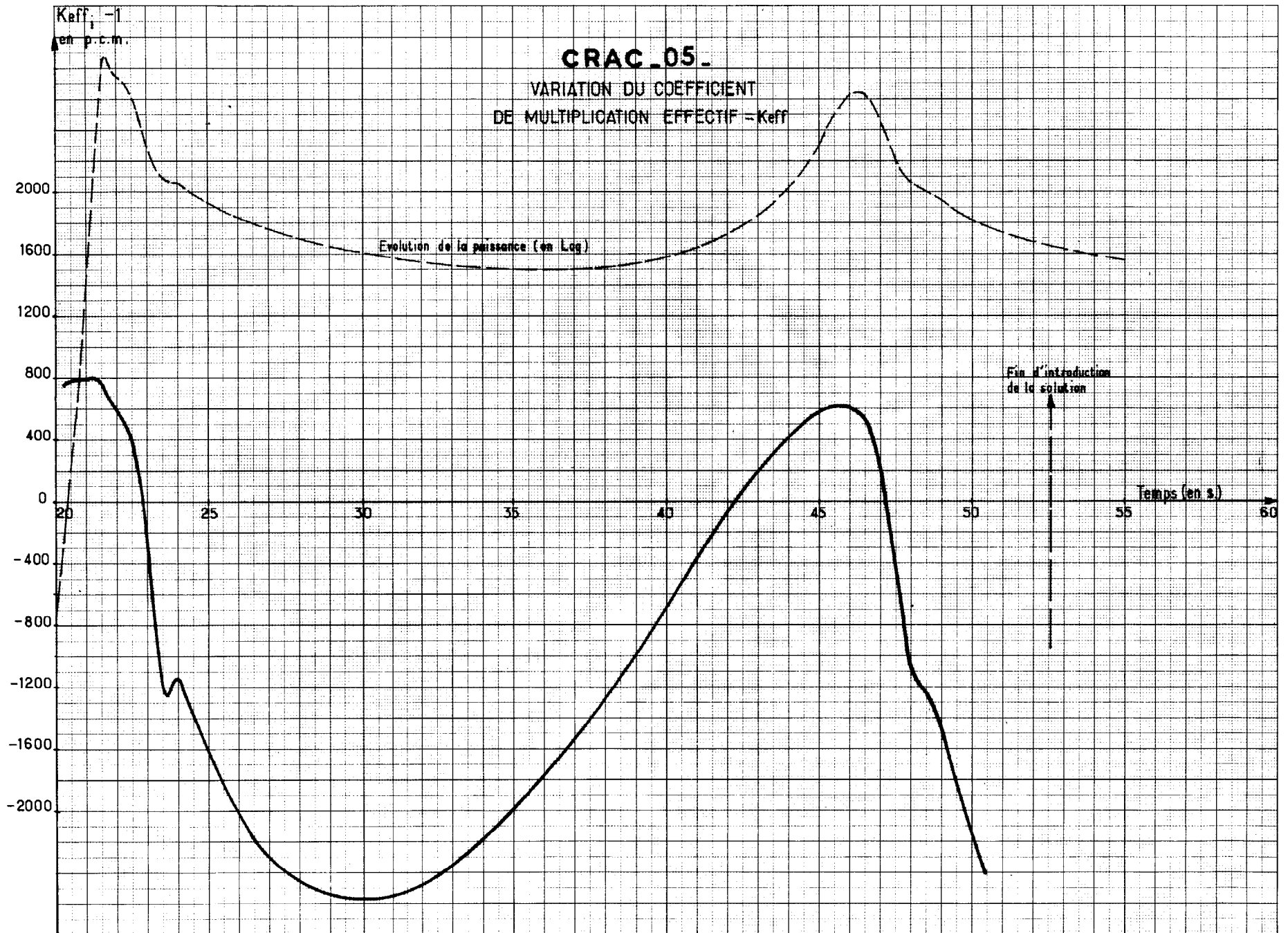


Fig. 10 - Réactivité (Echelle dilatée)



CRAC 06

HALL

Fig.11 - Implantation des détecteurs

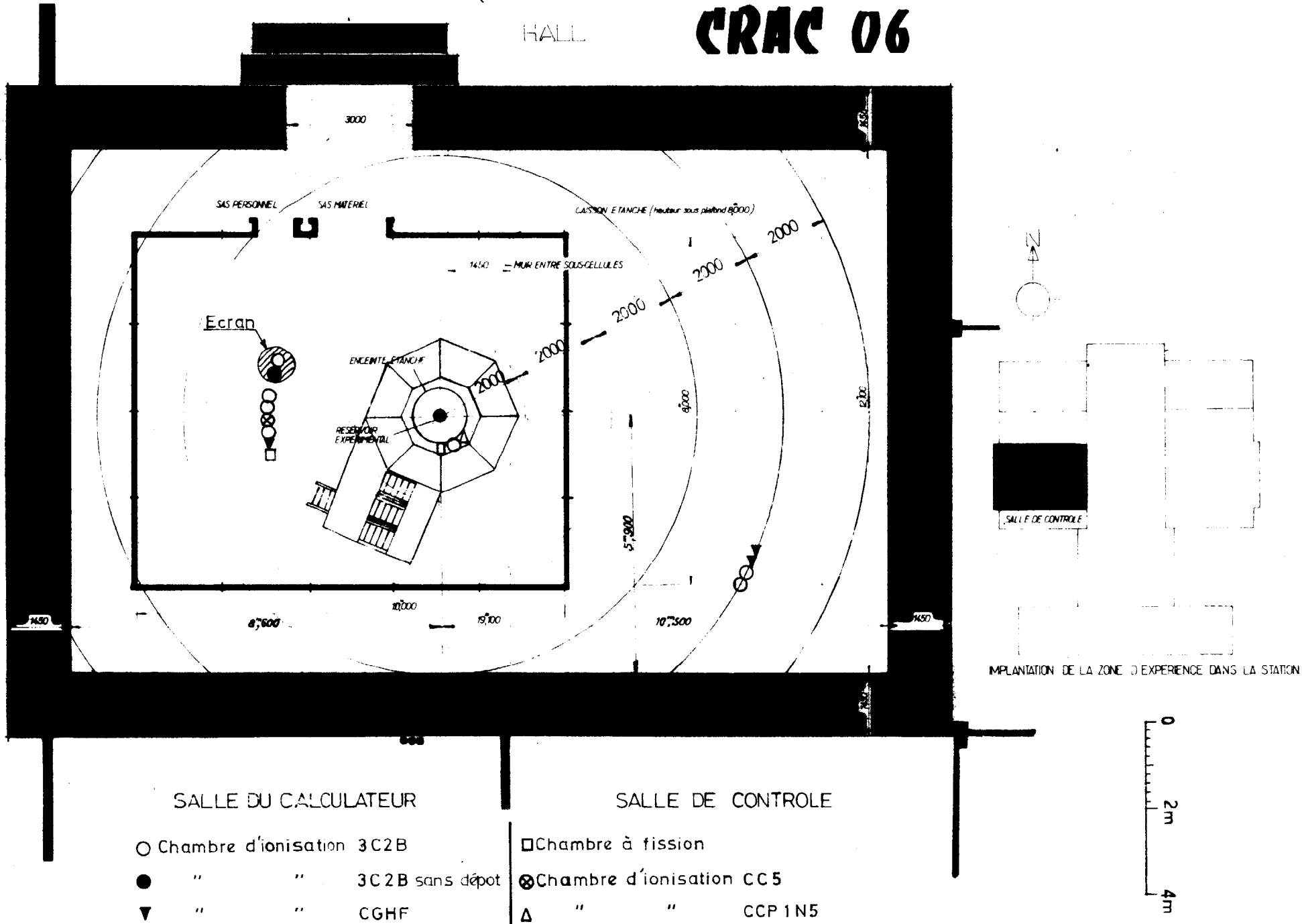
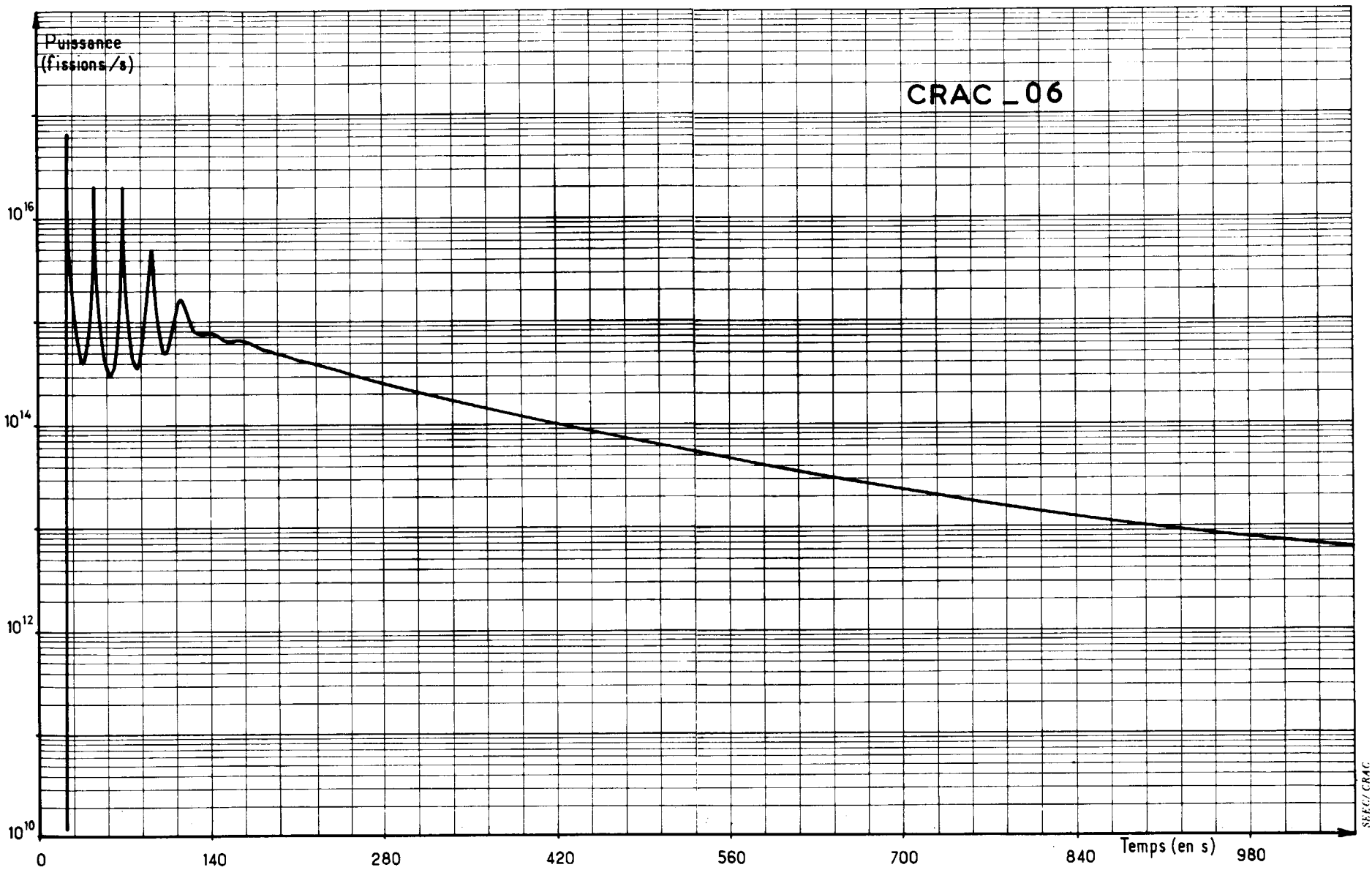


Fig.12 - Evolution de la puissance



SEEC/CRAC

Fig. 13 - Puissance, Nombre de fissions intégré, Temps de doublement.

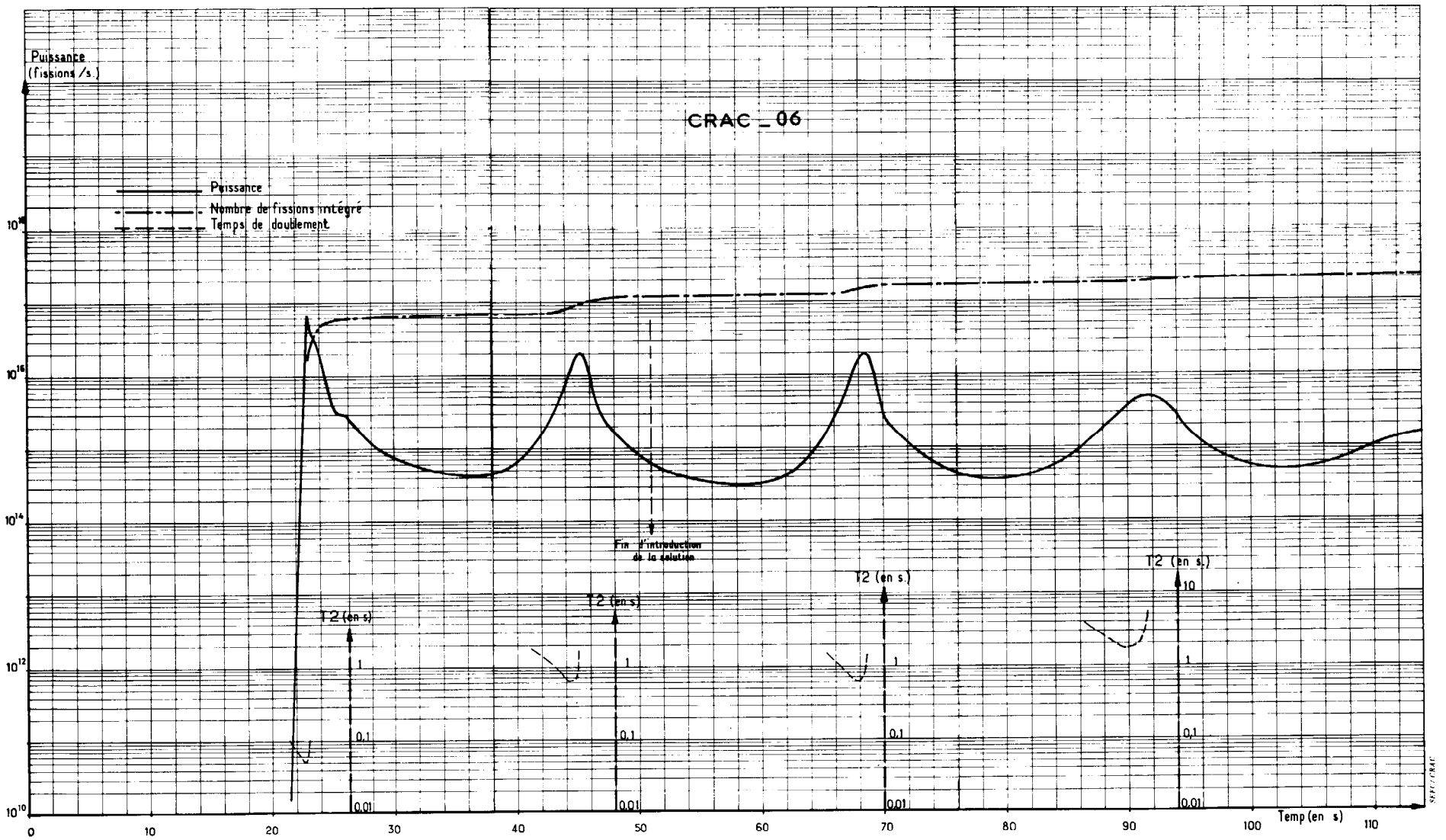


Fig. 14 - Flux Gamma

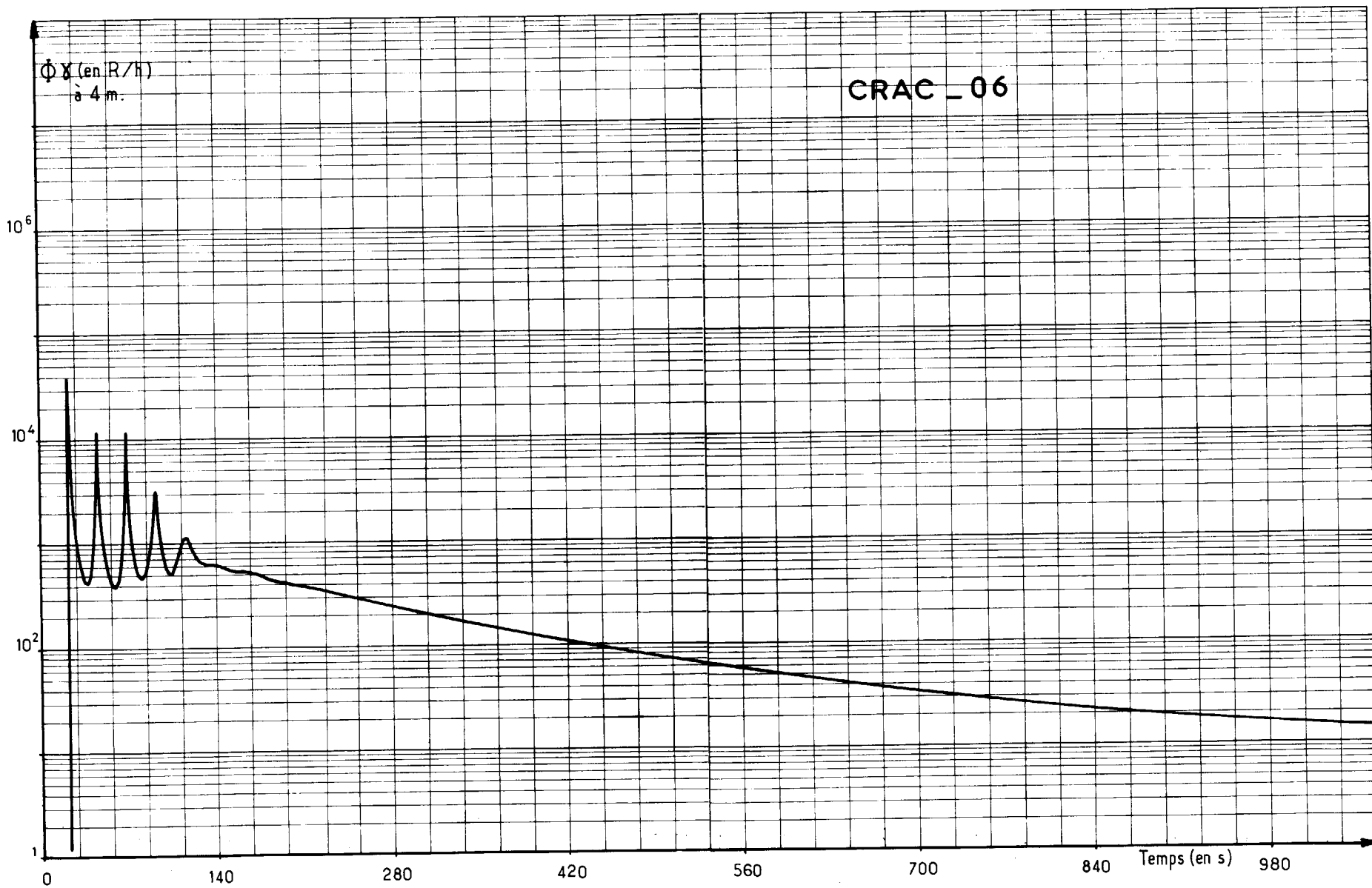
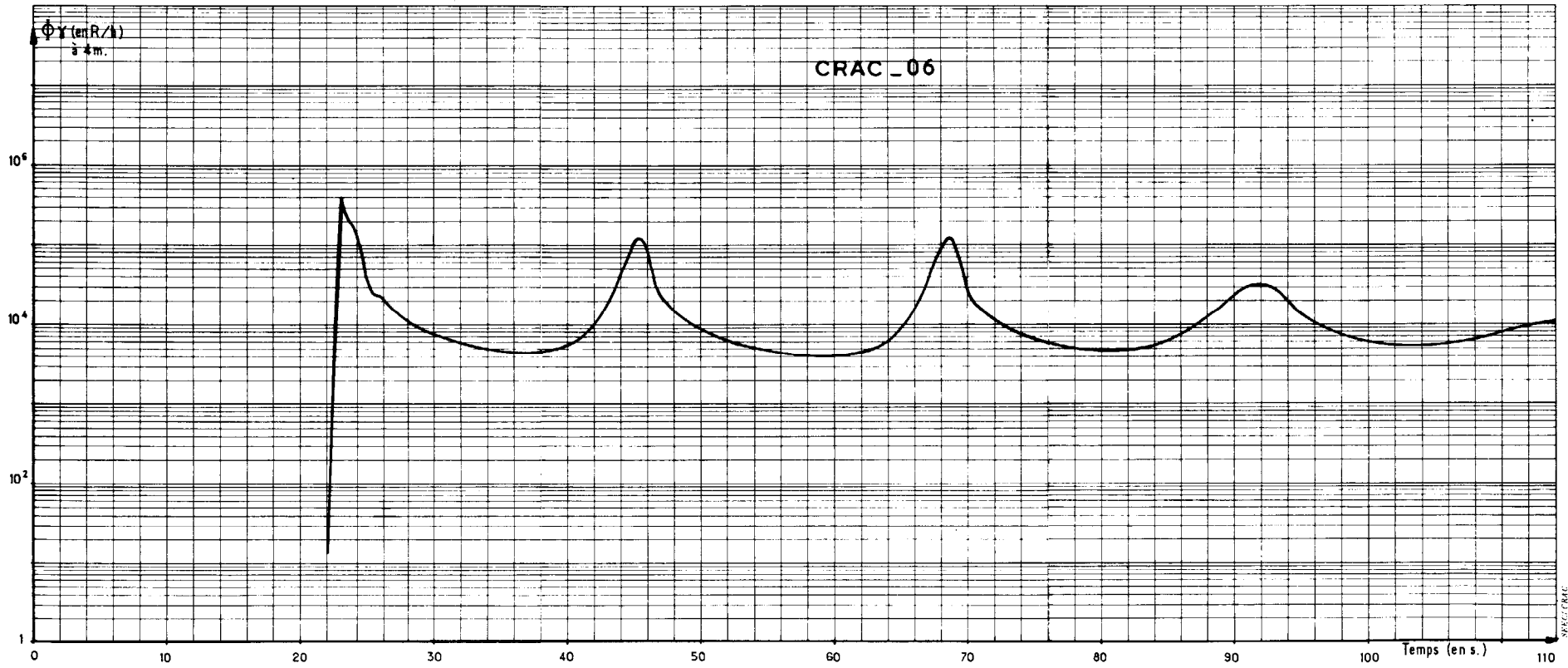


Fig. 15 - Flux Gamma (Echelle dilatée)



CRAC_06 -
VARIATION DU COEFFICIENT
DE MULTIPLICATION EFFECTIF = K_{eff}

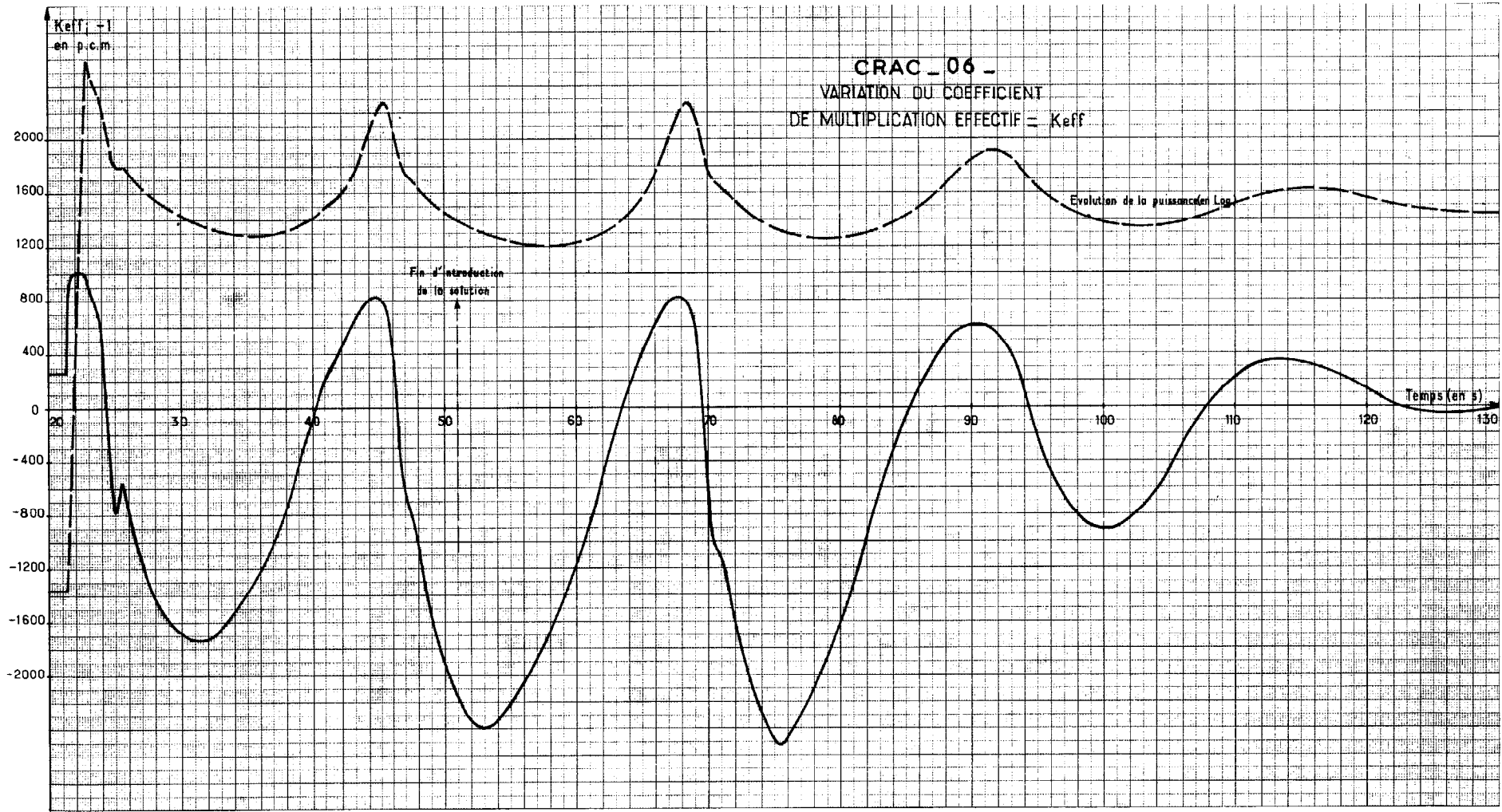


Fig. 16 Réactivité

CRAC_06_
CAPTEUR DE PRESSION

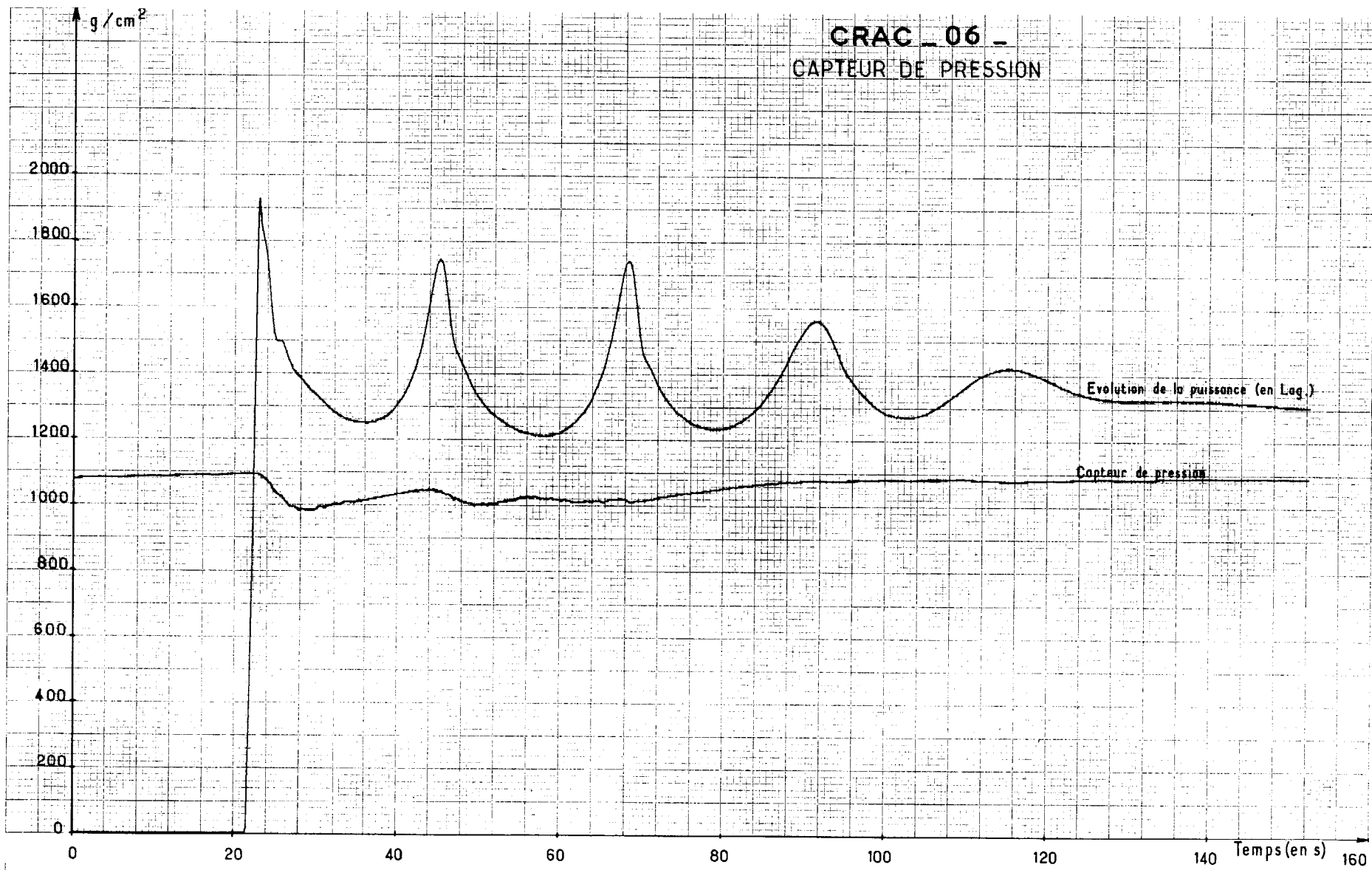


Fig. 17 Pression

DESTINATAIRES

- M. l'Administrateur Général	1 ex.
- M. le Haut-Commissaire	1 ex.
- M. le Directeur du Cabinet du H.C.	1 ex.
- M. le Directeur de la Protection et de la Sûreté Radiologiques	2 ex.
- M. le Chef du Département de la Protection Sanitaire / FAR	4 ex.
dont 1 ex. M. DOUSSET	
1 ex. M. LAGUERRE	
1 ex. Mme PARMENTIER	
- M. le Chef du Service d'Etudes de Sûreté Radiologique / SACLAY	9 ex.
dont 5 ex. CADARACHE	
- M. le Chef du Service Technique d'Etudes de Protection / FAR	3 ex.
dont 1 ex. M. SOUDAIN	
1 ex. M. MARCHAL	
- M. le Conseiller médical de la D.A.	1 ex.
- M. le Chef du Service d'Etudes de Criticité	15 ex.
- M. le Chef du Département des Programmes	2 ex.
- M. le Directeur des Productions/ FAR	1 ex.
- M. le Chef du Service des Combustibles irradiés / FAR	1 ex.
- M. le Chef de Centre du Bouchet	1 ex.
- M. le Directeur du Centre de Production de Pu de Marcoule	3 ex.
- M. le Directeur du Centre de Pierrelatte	3 ex.
- M. le Directeur du Centre de La Hague	3 ex.
- M. le Chef du Département de l'U.S.I.	1 ex.
- M. le Directeur des Applications Militaires	3 ex.
dont 1 ex. Sous-Direction des Recherches	
1 ex. Sous-Direction des Fabrications	
- M. le Directeur du Centre de B.III	5 ex.
dont 2 ex. Service Radiochimie /DAM/B.III	
2 ex. S.P.R./DAM/B.III	
- M. le Directeur du Centre de SACLAY	2 ex.
dont 1 ex. Documentation	
- M. le Chef du Service d'Electronique Industrielle	1 ex.
- M. le Directeur du Centre de GRENOBLE	1 ex.
- M. le Directeur chargé des CEN-FAR et CADARACHE (SIEGE)	1 ex.

DESTINATAIRES (Suite)

- M. le Directeur du Centre de FONTENAY	1 ex.
- M. le Directeur du Centre de CADARACHE	1 ex.
- M. le Directeur des Piles Atomiques / SACLAY	1 ex.
- M. le Chef du Département des Etudes de Piles / SACLAY	2 ex.
- M. le Directeur des Matériaux et des Combustibles Nucléaires/ FAR	1 ex.
- M. le Chef du Département de Chimie / FAR	3 ex.
- M. le Chef des Services des Eléments Combustibles au Plutonium et d'Etudes Radio-Métallurgiques / FAR	1 ex.
- M. le Chef du Service des Techniques Appliquées au Plutonium/CADARACHE..	2 ex.
- M. le Chef du Service de Construction des Usines de Traitement des Combustibles Irradiés / FAR	1 ex.
- M. le Président de la Sous-Commission des Risques de Contamination Chimique ou Radioactive / FAR	1 ex.
- M. le Président de la Sous-Commission de Sûreté des Piles / SACLAY	1 ex.
- M. le Président de la Sous-Commission des Masses Critiques / SACLAY ...	10 ex.
- M. le Chef du Groupe de Travail de Sûreté des Piles/DEP/CADARACHE	1 ex.
- M. le Chef de l'Annexe Recherches/ VALDUC	5 ex.
dont 1 ex. C.VA/DIR	
3 ex. C.VA/R	