

COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE  
DIRECTION DES REACTEURS NUCLEAIRES  
DEPARTEMENT DES REACTEURS EXPERIMENTAUX  
Service d'Exploitation du Réacteur Orphée

1-2 111  
C.E.S. F-11822

N° 93 00 5050 FR 940 3008

**RECTIFICATION ISOTOPIQUE  
DE L'EAU LOURDE  
DU REACTEUR ORPHEE  
C.E. SACLAY FRANCE**

**AUTEURS Pierre LEJEUNE  
Paul BREANT**

*RAPPORT PRESENTE*

*A LA CONFERENCE NATIONALE DE PHYSIQUE*

*13 - 15 octobre 1993*

*CONSTANTA - ROUMANIE*

C.E. SACLAY - 91191 GIF-SUR-YVETTE - CEDEX FRANCE

## COLONNE DE RECONCENTRATION D'EAU LOURDE

### DU REACTEUR ORPHEE

Le réacteur ORPHEE est essentiellement destiné à fournir des faisceaux de neutrons, qui sont repris dans un réflecteur d'eau lourde (6000 l) dont le rôle est double:

1. Provoquer en son sein une remontée importante du flux thermique à environ 25 cm du coeur.
2. Améliorer la réactivité disponible.

De la qualité du réflecteur dépend donc l'intensité des faisceaux neutroniques pour les physiciens, cette qualité est conditionnée par le titre isotopique de l'eau lourde. Au-dessous d'une valeur limite de 99,8 %, il y aurait :

- une baisse de flux disponible trop importante,
- une perte de réactivité pouvant atteindre 1 730 pcm pour 98 %.

Mais les atomes de deutérium sont soumis à l'irradiation du coeur et se transforment en tritium radioactif qui doit être en partie éliminé par mesure de sécurité.

Le rôle de la colonne est de maintenir le titre isotopique de l'eau lourde du réflecteur à une valeur supérieure à 99,8 % en éliminant l'eau légère par distillation fractionnée ou rectification.

Cette même colonne, et c'est là l'originalité du procédé, est aussi utilisée pour détritier l'eau lourde.

## **1°) PRINCIPE DE LA RECTIFICATION**

La distillation fractionnée d'un mélange aboutit à une séparation du distillat en plusieurs fractions. La rectification est une distillation fractionnée qui produit un distillat pur.

La rectification d'un mélange consiste en un échange de matière entre une phase liquide et une phase vapeur circulant à contre courant dans une colonne destinée à la mise en contact intime des deux phases.

Elle a pour but la séparation par voie physique des constituants d'un mélange de volatilité différente : le composé le plus volatil (le distillat) est soutiré en tête alors que le moins volatil (le résidu) se concentre en pied de colonne.

Une colonne de rectification comporte intérieurement des dispositifs (plateaux-gamissage) dans lesquels s'effectue la séparation des constituants.

La séparation du mélange se fait par l'appauvrissement du composé le plus volatil de la phase liquide et par l'enrichissement de ce même composé de la phase vapeur.

En résumé, la rectification continue suit le schéma suivant : une alimentation à débit fixe dans une colonne munie à sa base d'un bouilleur et à son sommet d'un condenseur.

Une circulation de liquide et de vapeur à contre courant s'établit dans la colonne et on évacue en continu le résidu et le distillat dont la somme des débits est égal au débit d'alimentation.

La composition des fluides entrant est fixe et il en est de même pour celle des fluides soutirés.

Le point d'alimentation partage la colonne en deux parties (**figure 1**) appelées tronçons ou colonnes :

- la partie supérieure est appelée tronçon de concentration ou d'enrichissement,
- la partie inférieure est dénommée tronçon d'épuisement ou d'enlèvement.

Le liquide brut à traiter est vaporisé dans la colonne et rencontre la vapeur montante du tronçon d'épuisement et le liquide descendant du tronçon d'enrichissement.

Le constituant le plus volatil se concentre et est condensé à la partie supérieure. Une partie est éliminée en continu alors que l'autre retourne dans la colonne en quantité déterminée par la valeur du taux de reflux.

Le constituant le moins volatil se concentre en bas de la colonne où il est soutiré en continu.

## II°) PARAMETRES DE LA RECTIFICATION

### 1°) EQUATIONS GENERALES

Rapportées au schéma simplifié de la colonne ci-dessus, les équations bilans sont les suivantes :

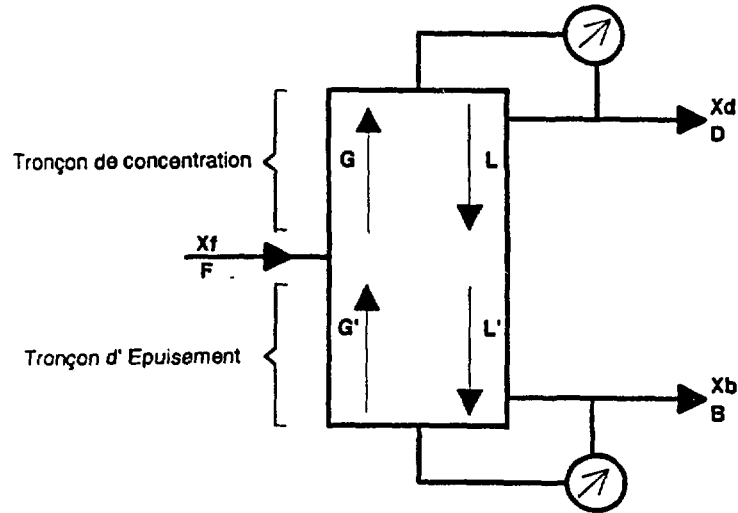


Figure 1

G : Débit molaire vapeur dans le Tronçon de Concentration

L : Débit molaire liquide dans le Tronçon de Concentration

G' : Débit molaire vapeur dans le Tronçon d'épuisement

L' : Débit molaire liquide dans le Tronçon d'épuisement

F : Débit molaire alimentation

D : Débit molaire distillat

B : Débit molaire résidu (Bouilleur)

#### Bilan Global :

$$F = D + B \quad (II-1)$$

#### Bilan en corps le plus volatil :

$$F X_f = D X_d + B X_b \quad (II-2)$$

Xf : Titre en eau légère du liquide d'alimentation

Xd : Titre en eau légère du liquide distillat

Xb : Titre en eau légère du liquide bouilleur

On définit pour une colonne deux sections de travail de part et d'autre du point d'alimentation : la section de concentration au-dessus de l'alimentation et celle d'épuisement en dessous.

#### Tronçon de concentration :

$$G = D + L \quad (II-3)$$

#### Tronçon d'épuisement :

$$L' = B + G' \quad (II-4)$$

## 2\*) Le reflux

L'équilibre de la colonne aura des chances d'être obtenu lorsqu'il existera dans la colonne un état de régime constant entre le débit de vapeur montant et le débit de liquide descendant.

Cela implique que toute la vapeur condensée en tête est renvoyée dans la colonne lorsqu'on opère avec une quantité de matière constante. C'est le reflux total.

Toutefois, la séparation des constituants d'un mélange par rectification ne peut être faite pratiquement que si l'on soutire en tête de colonne une certaine quantité de liquide le plus volatil.

Mais cette élimination de liquide condensé soutiré en continu influe sur les conditions d'équilibre dans la colonne et provoque une diminution de l'enrichissement en composé volatil de chaque plateau.

Pour éviter de trop s'écarter des conditions parfaites de fonctionnement avec rétrogradation complète du condensat, on soutire partiellement une partie du liquide condensé ; on dit qu'il y a alors Reflux.

On définit un taux de reflux R comme le rapport entre la quantité de vapeur condensée qui retourne, liquide, dans la tête de colonne (L) à la quantité de liquide condensé soutirée en tête de colonne (D) :  $R = L / D$

On distingue communément deux valeurs de reflux caractéristiques :

- Le reflux minimal ( $R_m$ ) assurant un mouillage minimum du garnissage.
- Le reflux total ( $D = 0$ ).

La pratique veut que l'on prenne comme valeur du reflux R,  $R \approx 1.4 R_m$ .

## 3\*) Le plateau théorique

### a) Définition

Si l'on considère un élément de construction d'une colonne réalisant la mise en contact d'une vapeur ascendante et d'un liquide descendant, on peut déterminer la composition du liquide à cet endroit et la composition de la vapeur qui s'en échappe.

Si la mise en contact est parfaite, et s'il n'y a ni perte de matière, ni perte calorifique, ni réaction chimique, la vapeur émise est en équilibre avec le liquide à cet endroit précis de la colonne.

On appelle ce lieu d'équilibre réalisant une mise en contact parfaite et homogène, un plateau théorique. Une colonne à distiller, qu'elle soit à plateaux ou à garnissage comme la colonne ORPHEE est équivalente à un certain nombre de ces plateaux théoriques.

Plus une colonne comporte de plateaux théoriques, meilleure sera la séparation du mélange d'alimentation.

On détermine le nombre de plateaux théoriques soit par les deux méthodes graphiques de MAC CABE et THIELE et de PONCHON SAVARIT, soit par le calcul en utilisant l'équation de FENSKE.

b) Equation de FENSKE

Cette équation donne le nombre de plateaux théoriques pour passer du titre  $X_b$  du bouilleur au titre  $X_d$  sur le dernier plateau à reflux total. Dans le cas d'un condenseur total, la formule de FENSKE devient :

$$N + 1 = \frac{\log \frac{(1 - X_b) X_d}{(1 - X_d) X_b}}{\log \alpha}$$

avec  $N$  le nombre de plateaux théoriques.

$X_b$  et  $X_d$  des titres du bouilleur et du distillat en composé le plus volatil.

$\alpha$  la volatilité du mélange.

La formule de FENSKE permet aussi de déterminer la volatilité d'un mélange dans une colonne dont on connaît le nombre de plateaux théoriques.

### III°) COLONNE SULZER

#### 1°) Principe de la reconcentration

Il consiste à faire une séparation du mélange liquide  $H_2O - D_2O$  par rectification ; en se servant aussi d'une des propriétés physiques des deux liquides : sous une même pression leur point d'ébullition est différent :

- à 100 mbar 55°C pour  $D_2O$ ,  
50°C pour  $H_2O$ .

En pied de colonne, on recueille le liquide le moins volatil :  $D_2O$ .

En tête de colonne, on recueille le plus volatil :  $H_2O$ .

#### 2°) Description (figure 2)

La colonne est constituée :

- de deux tronçons reliés entre eux, de 26,5 m de hauteur, de 250 mm de diamètre. Elle est remplie de garnissage type **SULZER CY** qui lui donne un pouvoir de séparation d'une valeur de 400 plateaux théoriques.
- d'un évaporateur en pied qui est un "bouilleur" chauffé à la vapeur provenant de la chaudière.
- d'un condenseur de tête qui refroidit la phase gazeuse (élément le plus volatil : l'eau légère  $H_2O$ ). Le condenseur est un échangeur à eau du circuit de refroidissement.
- le débit de reflux du liquide condensé entre les deux tronçons est assuré par 2 pompes dont l'une est en secours de l'autre.
- le mélange  $H_2O - D_2O$  à traiter vient directement du réacteur **ORPHEE**. Il subit une première distillation pour éviter de contaminer la colonne avec des produits radioactifs et des matières organiques ; puis il est injecté sous forme vapeur dans la colonne. Cinq niveaux d'injection sont possibles suivant le titre de l'eau lourde à traiter.



- deux analyseurs infrarouge contrôlent en continu le titre isotopique de l'eau lourde en tête et en pied de colonne.

4 circuits principaux annexes permettent le fonctionnement de la colonne :

- le circuit de refroidissement qui permet de condenser les vapeurs,
- le circuit de vapeur qui permet le chauffage du distillateur et du bouilleur,
- le circuit de vide qui maintient dans la colonne une pression de 100 mbar,
- le circuit d'hélium qui permet les transferts d'eau lourde à l'intérieur de l'installation.

### 3°) L'hydrodynamique de la colonne

#### a) Le gamissage SULZER type CY (figure 3)

- surface d'échange  $a^* = 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ .
- porosité  $\epsilon = 85 \%$ .
- angle d'inclinaison des canaux de chaque gamissage  $\theta = 45^\circ$ .

Le gamissage SULZER type CY présente un nombre élevé de plateaux théoriques pour une faible perte de charge.

Il est caractérisé par sa disposition régulière et se compose de rubans dentelés parallèles en toile métallique disposés verticalement.

La dentelure est inclinée de  $45^\circ$  vers l'axe de la colonne avec un angle de signe opposé d'un ruban à l'autre ce qui forme entre les divers rubans une série de canaux à écoulement croisé.

Le gamissage est fabriqué sous forme de cylindre haut de 160 mm, et les éléments de gamissage sont décalés de  $90^\circ$  les uns par rapport aux autres. Par suite de l'inclinaison de la dentelure des rubans en toile métallique, le gaz s'écoule à travers les canaux en passant alternativement d'un côté et de l'autre et il est ainsi mélangé parallèlement aux couches. Les éléments de gamissage étant décalés de  $90^\circ$ , le mélange a lieu dans tous les sens. Le liquide ruisselle vers le bas à la surface du gamissage en un léger mouvement de va et vient. L'effet capillaire de la texture produit un mouillage complet et uniforme du gamissage.

Le gamissage est fait de toile de cuivre qui de tous les métaux est le plus facile à mouiller, et cet effet est amélioré par un traitement d'activation chimique (oxydation).

b) Evaluation des débits

1. Débit liquide

Le débit liquide dans la colonne correspond à la quantité de liquide réintroduit dans le tronçon par la pompe de reflux. Une fois l'équilibre atteint, sa valeur ne varie guère et se situe vers 120 l/h soit le débit spécifique massique du liquide :

$$L_m = 0,7 \text{ kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

2. Débit gazeux

L'étude hydrodynamique s'effectuant à reflux total, il y a donc égalité entre les débits spécifiques liquides et gazeux :

$$G_m = 0,7 \text{ Kg.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$$

3. Débit minimum de mouillage

L'écoulement du liquide sur le garnissage doit être suffisant pour mouiller la totalité du garnissage.

Si le débit est trop important, le liquide tombe librement sans retenue alors qu'à l'inverse, s'il est insuffisant, il apparaît dans la colonne des zones sèches réduisant les performances de la rectification.

Pour le fonctionnement de la colonne en reconcentration :

Débit d'alimentation  $F = 2,5 \text{ l/h}$

soit un débit minimum de mouillage de  $L_{\min} = 61 \text{ l/h}$

Pour la dénitration :

Débit d'alimentation  $F = 0,83 \text{ l/h}$ .

soit un débit minimum de mouillage de  $L_{\min} = 91 \text{ l/h}$ .

4. Pertes de charge

Les pertes de charge sont liées de façon étroite à la vitesse d'échange de masse donc à l'efficacité du garnissage  $DP = 3,7 \text{ torr/mètre de garnissage}$ .

Soit une perte de charge de 150 torr pour la colonne entière,

Soit une pression de tête de 76 torr,

et une pression de pied de 230 torr.

#### 5. "Hold-up" de la colonne

C'est le volume d'eau lourde nécessaire au démarrage de la colonne pour effectuer sa mise à l'équilibre. Il est de 350 l environ (250 l en pied + 100 l dans le deuxième tronçon).

#### 4°) Fonctionnement de la colonne en RECONCENTRATION

##### a) Fonctionnement

- Le "hold up" étant effectué, on fonctionne pendant 8 jours à reflux continu pour déterminer le profil de la colonne : eau lourde à fort titre isotopique > 99,90 % dans l'évaporateur en pied, eau légère en tête.
- Le mélange à reconcentrer est d'abord distillé pour éliminer les éléments radioactifs et l'oxygène dissous. Le distillat qui est recueilli dans le réservoir d'alimentation est vaporisé dans un évaporateur électrique qui permet son injection dans la colonne en niveaux différents selon la concentration  $D_2O - H_2O$  du produit d'alimentation.
- Le débit d'alimentation est fonction de la puissance électrique de l'évaporateur (figure 4).

L'eau lourde reconcentrée à 99,95 % est recueillie en pied de colonne après son passage dans un condenseur, et à travers un analyseur infrarouge.

L'eau légère est soutirée en tête de colonne. Etant donné le faible débit possible de ce soutirage, et pour ne pas perturber le profil de la colonne, il a été installé une petite capacité tampon de 1 l, encadrée par 2 vannes (remplissage et vidange) qui permet un réglage de débit par variation des cadences d'ouverture et de fermeture.

##### b) Paramètres de fonctionnement

- Débit d'alimentation :  $F = 60$  l/h.
- Débit de soutirage de pied :  $D = 59$  l/h.
- Débit de soutirage en tête :  $B = 1$  l/h.
- Titre du liquide d'alimentation :  $X_f = 0,985$  en  $D_2O$ .

- Température bouilleur : 64 °C
- Température du 1<sup>er</sup> tronçon : 58 °C
- Température tête de colonne : 50 °C

Profil de la colonne en reconcentration figure 5

Les paramètres de fonctionnement en reconcentration dépendent du titre en eau lourde du mélange d'alimentation.

Le profil de la colonne à la fin de son fonctionnement en reflux total est :

- vanne 1 : 10 à 40 % figure 2
- vanne 2 : 40 à 90 %
- vanne 3 : 90 à 98,5 %
- vanne 4 : 98,5 à 99 %
- vanne 5 : sup à 99 %

Deux analyseurs infrarouge déterminent en continu le titre isotopique en D<sub>2</sub>O des produits de tête et de pied.

**5°) Fonctionnement de la colonne en DETRITIATION**

La détritiation est le second mode de fonctionnement de la colonne.

L'objectif est de diminuer l'activité en tritium de l'eau lourde par mesure de sécurité dans le cas d'une fuite du bidon réflecteur ORPHEE.

Le principe physique est le même que pour la reconcentration c'est à dire que l'on sépare par rectification l'eau tritiée. L'eau détritée sera soutirée en tête de la colonne.

**a) Passage de la reconcentration à la détritiation**

Pour pouvoir être en mesure de détritier l'eau lourde, il est nécessaire de suivre un mode opératoire particulier dont les deux étapes sont les suivantes :

**1. La deutération (figure 6)**

Cette étape du fonctionnement est très originale dans le domaine de la rectification. Le mélange à traiter est constitué de trois produits de volatilité proche : H<sub>2</sub>O, D<sub>2</sub>O et TDO et si l'on procédait à la rectification de ce mélange ternaire, on séparerait uniquement l'eau légère d'une part et le mélange D<sub>2</sub>O-TDO d'autre part. Pour éliminer le tritium, il est nécessaire de préparer la colonne spécialement à cette séparation : c'est la deutération.

Le principe consiste à déséquilibrer la colonne vers les titres forts en deutérium, c'est-à-dire qu'au moyen d'une alimentation très riche en deutérium on va procéder au soutirage de l'eau légère en tête sans soutirer de résidu. Cette opération aura pour effet d'augmenter progressivement le titre en deutérium dans la colonne jusqu'à atteindre un titre en tête égal à celui de l'alimentation. Il sera ainsi possible de détritier l'eau lourde sans la détritir.

La deutération présente cependant deux inconvénients : elle consomme d'une part environ 500 litres d'eau lourde à très fort titre isotopique qui doit être reconcentrée par la suite et d'autre part, elle immobilise la colonne pour une durée d'environ 20 jours.

Malgré ces deux inconvénients, la deutération est une opération incontournable quand on décide de changer le mode de fonctionnement de la colonne.

La figure 6 présente l'évolution du titre en deutérium en fonction du temps d'alimentation.

## 2. L'équilibre en tritium

Lorsque la colonne est deutérée, on la fait fonctionner à reflux total pour déterminer son profil en tritium :

- Eau lourde fortement tritiée dans le bouilleur ;
- Eau lourde faiblement tritiée en tête de colonne.

Le fonctionnement à reflux total dure une vingtaine de jours (figure 7).

Le rapport des activités en tritium des pieds par rapport à ceux des têtes caractérise le facteur de détritiation :

$$Fr = \text{Activité } ^3\text{H}^+ \text{ Pied} / \text{Activité } ^3\text{H}^+ \text{ Tête}$$

Par la formule de FENSKE relative au nombre de plateaux théoriques on obtient une valeur du facteur de détritiation maximum :  $Fr_{\max} = 37,5$

La figure 7 présente l'évolution du facteur de détritiation Fr en fonction du temps. En pratique la colonne est mise à reflux total jusqu'à ce que Fr atteigne la valeur de 35, valeur à partir de laquelle on peut commencer à produire de l'eau lourde détritée.

Profil en tritium

Le profil en tritium de la colonne est évalué par la méthode graphique MACCABE et THIELE. Connaissant le nombre de plateaux théoriques il est alors possible d'en déduire la concentration sur chaque plateau. Le profil est représenté sur la figure 8.

L'application de ce calcul nous détermine le niveau d'injection pour la détritiation.

Dans le fonctionnement actuel, il se situe au niveau le plus haut (vanne 1) du deuxième tronçon.

b) Production

L'eau d'alimentation est introduite à raison de 20 litres par jour par le niveau d'injection le plus haut pour déséquilibrer le moins possible la colonne.

La production d'eau détritée s'obtient en soutirant un volume des têtes égal à celui d'alimentation. Pour ne pas trop déséquilibrer le profil en tritium de la colonne et pour maintenir une activité en tritium des têtes correspondant à un  $F_p > 2$  :

$$F_p = \text{Activité } ^3\text{H}^+ \text{ aliment} / \text{Activité } ^3\text{H}^+ \text{ têtes}$$

Il faut alors arrêter la production et remettre la colonne à reflux total jusqu'à  $Fr = 35$  (figure 9).

Pour tenir constante l'activité en tritium des têtes et d'éliminer de la colonne le tritium qui a été emmagasiné.

On peut aussi effectuer un soutirage suffisamment faible de produit de pied pour que la perte d'eau lourde ne soit pas trop importante. On obtient une eau détritée avec un facteur de détritiation qui reste à peu près constant.

c) Evaluation du débit de soutirage des pieds

Pour évaluer ce débit de soutirage il faut définir les paramètres imposés de la rectification et ceux que l'on peut faire varier.

Sont imposés :

- le facteur de production défini comme le rapport des activités d'alimentation et de tête  $F_p > 2$ ,
- l'activité en tritium de l'alimentation  $X_t F$ ,
- le débit d'alimentation  $F$  et  $X_t$  l'activité spécifique en tritium,
- le nombre de plateaux théoriques  $N$ ,
- le débit liquide dans la colonne  $L_m$ .

La détermination du débit de soutirage du résidu s'accompagne du calcul du titre en tritium des pieds. Comme la séparation du tritium et de l'eau lourde dépend du nombre de plateaux théoriques de la colonne, on peut évaluer le nombre de plateaux nécessaires pour différents débits  $B$ .

On obtient par le calcul :  $B = 0.9 \text{ l / jour}$ .

Remarque :

La quantité à soutirer dans le bouilleur est trop faible pour pouvoir être mesurée dans les réservoirs. C'est pourquoi le soutirage s'effectue dans une boîte à gants en deux fois (une moitié le matin et l'autre l'après-midi par exemple) puis réinjecté dans un réservoir pour stockage.

Ce procédé permet de maintenir le facteur de production  $F_p$  au dessus de 2 tout au long de la campagne de détritiation et de produire en continu de l'eau aux alentours de 2 Ci/litre en évitant les arrêts dus à la mise en équilibre du tritium.

d) Paramètres de fonctionnement (figure 10-11-12)

$$F = 20 \text{ l/j}$$

$$X_f = 1,34 \text{ E-6} \text{ soit } A = 4,3 \text{ Ci/l}$$

$$D = 20 \text{ l/j}$$

## 6°) Circuits annexes

### a) Un circuit vide (figure 13)

Le vide est assuré dans la colonne et les différentes capacités de stockage d'eau lourde, à travers un réservoir de 500 l, par un groupe Apovac composé de :

- un échangeur tubulaire de refroidissement à circulation d'eau,
- un réservoir d'eau servant à alimenter les pompes à vide à anneau d'eau,
- 2 pompes BURCKART à anneau d'eau à rotor noyé capables de maintenir chacune le vide de l'installation en marche normale (85 torr),
- 2 pièges refroidis à l'azote liquide pour extraire la vapeur d'eau tritiée des gaz refoulés par les pompes à vide.

### b) Circuit de refroidissement (figure 14)

Il est constitué par une boucle fermée indépendante (660 l) l'eau est refroidie dans un échangeur lui-même refroidi par de l'eau glacée venant du réacteur ORPHEE.

2 pompes, l'une étant en secours de l'autre, assurent une circulation sous une pression de 5 bar.

Ce circuit alimente :

- un condenseur de tête de la colonne,
- un condenseur du distillateur,
- l'échangeur du groupe vide,
- le condenseur du circuit vide,
- le condenseur du produit de pied,
- la thermostation des analyseurs infrarouge.

### c) Circuit vapeur (figure 15)

L'installation de vapeur comprend une chaudière timbrée à 6 bar à chauffage électrique (3 épingles de 84 kW).

L'alimentation en eau de la chaudière et les appoints ultérieurs sont assurés par un circuit (adoucisseur et traitement) à commande locale et manuelle. Les condensats des différentes utilisations retournent à un ballon de récupération par l'intermédiaire de purgeurs automatiques.



Le retour des condensats à la chaudière est assurée par deux pompes dont l'une est en secours de l'autre.

La chaudière est installée dans un local séparé des autres locaux, et équipée d'une ouverture directe vers l'extérieur.

d) Circuit d'hélium (figure 16)

Ce circuit alimente en hélium la couverture de gaz des différents réservoirs et appareils du circuit eau lourde.

L'hélium est fourni à partir de bouteilles à une pression de 196 bar. L'hélium est détendu jusqu'à 20 bar puis à 3,5 bar pour alimenter un réservoir de 300 l. Un 2<sup>ème</sup> réservoir de 2 000 l est automatiquement alimenté d'hélium détendu à 40 mbar à partir du 1<sup>er</sup>. Le 2<sup>ème</sup> réservoir est monté en tampon sur le réseau de couverture de l'installation et en absorbe les variations de volume.

En parallèle, sur le circuit d'hélium 20 bar, un réseau à la pression de 1 bar est utilisé pour la vidange des fûts d'eau lourde, en réservoir de purge, et des trois réservoirs de "hold up".

7°) Sécurité

- a) La colonne fonctionnant sous une pression de 120 torr, il n'y a donc pas de fuite de la colonne vers l'extérieur.
- b) Les sols des locaux qui contiennent des circuits d'eau lourde ou des réservoirs de stockage sont revêtus de bacs en acier inoxydable, avec un écoulement dans un puisard de 1 000 l. La présence d'eau dans le puisard est détectée par le niveau. Après analyse d'un échantillon, il y a trois possibilités de vidange - vers distillation - vers circuit transfert - vers effluents tritiés.

c) La ventilation

Le bâtiment est maintenu en légère dépression par 2 systèmes :

- un système d'extraction (ventilation en effluents gazeux supérieure au débit de soufflage),
- un système de soufflage.

La ventilation assure normalement plusieurs renouvellements à l'heure et dans le cas de dépassement des seuils particuliers (tritium - présence d'eau dans le puisard - fuite d'eau sur les bacs) une efficacité supérieure (doublement de la vitesse).

La ventilation comprend un circuit extracteur (PV 8 000 m<sup>3</sup>/h - GV = 16 000 m<sup>3</sup>/h) composé de 2 ventilateurs indépendants à 2 vitesses et un 2<sup>ème</sup> circuit particulier pour la mise en dépression d'installations particulières (boîtes à gants, dépistage des fûts, puisards). L'air extrait est refoulé à l'extérieur (après avoir subi un contrôle d'activité tritium) par l'intermédiaire d'une cheminée d'une hauteur supérieure au bâtiment du réacteur (+ 32,65 m).

Localement, un carrénage entoure les colonnes et permet de limiter le volume d'air à extraire et d'assurer les renouvellements d'air à l'heure avec une vitesse de 1,5 m/sec. Le soufflage est assuré par 2 ventilateurs.

**d) Détection de fuite**

Une centaine de détecteurs (bougies) de fuite est installée entre les doubles joints des brides de raccordement des appareils (pompes réseaux et sur les parties sensibles - soufflet des robinets).

Ces bougies transmettent des alertes groupées aux tableaux de commande de la colonne et des réacteurs, et des signalisations individuelles au niveau des coffrets locaux.

En outre, 11 bougies sont disposées sur les bacs de récupération et leurs signaux entrent dans une chaîne de commande : de fermeture des vannes d'isolement, d'arrêt des installations, du doublement de la ventilation.

**e) Contrôle du tritium dans l'installation**

2 types de contrôle :

1. Contrôle continu avec détection dans les locaux et dans les gaines d'extraction, par les tritiummètres équipés d'électrovane de sélection des voies de mesures.
2. Contrôle en différé des rejets afin d'établir les bilans hebdomadaires et mensuels dans les barboteurs.

# COLONNE DE TRAITEMENT D'EAU LOURDE

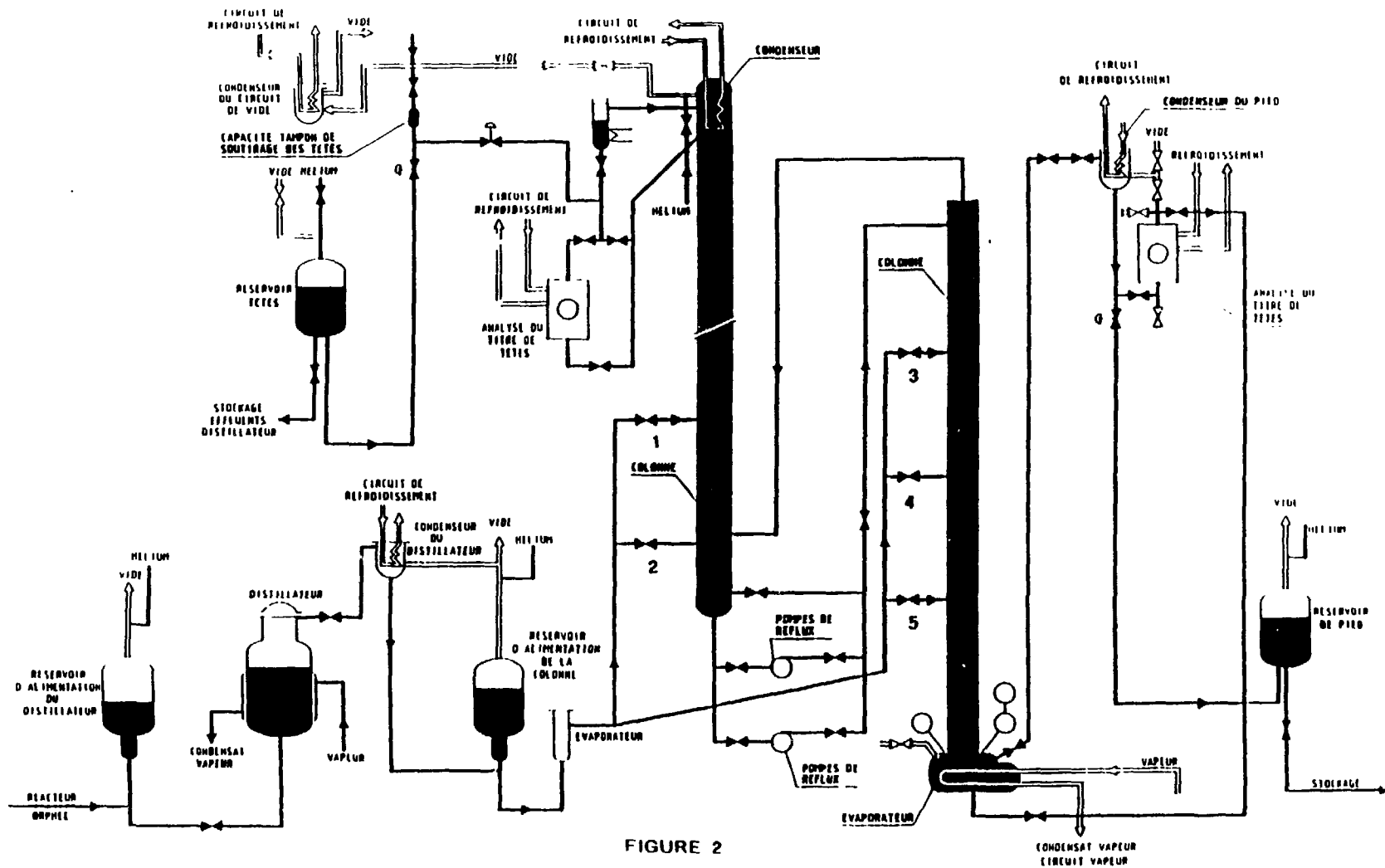
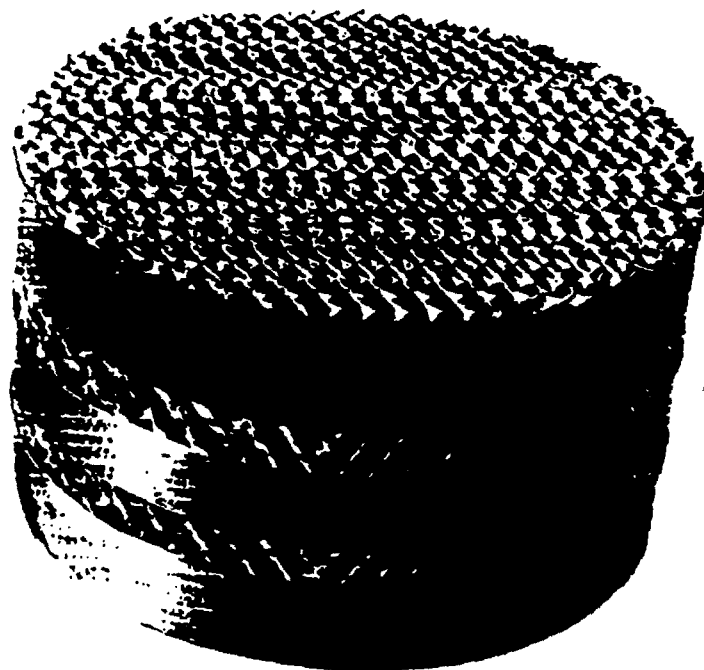


FIGURE 2

L-8+G



10000  
6/1/2002

1. Garnissage Suizer.

FIGURE 3

# DEBIT D'ALIMENTATION DE L'EVAPORATEUR

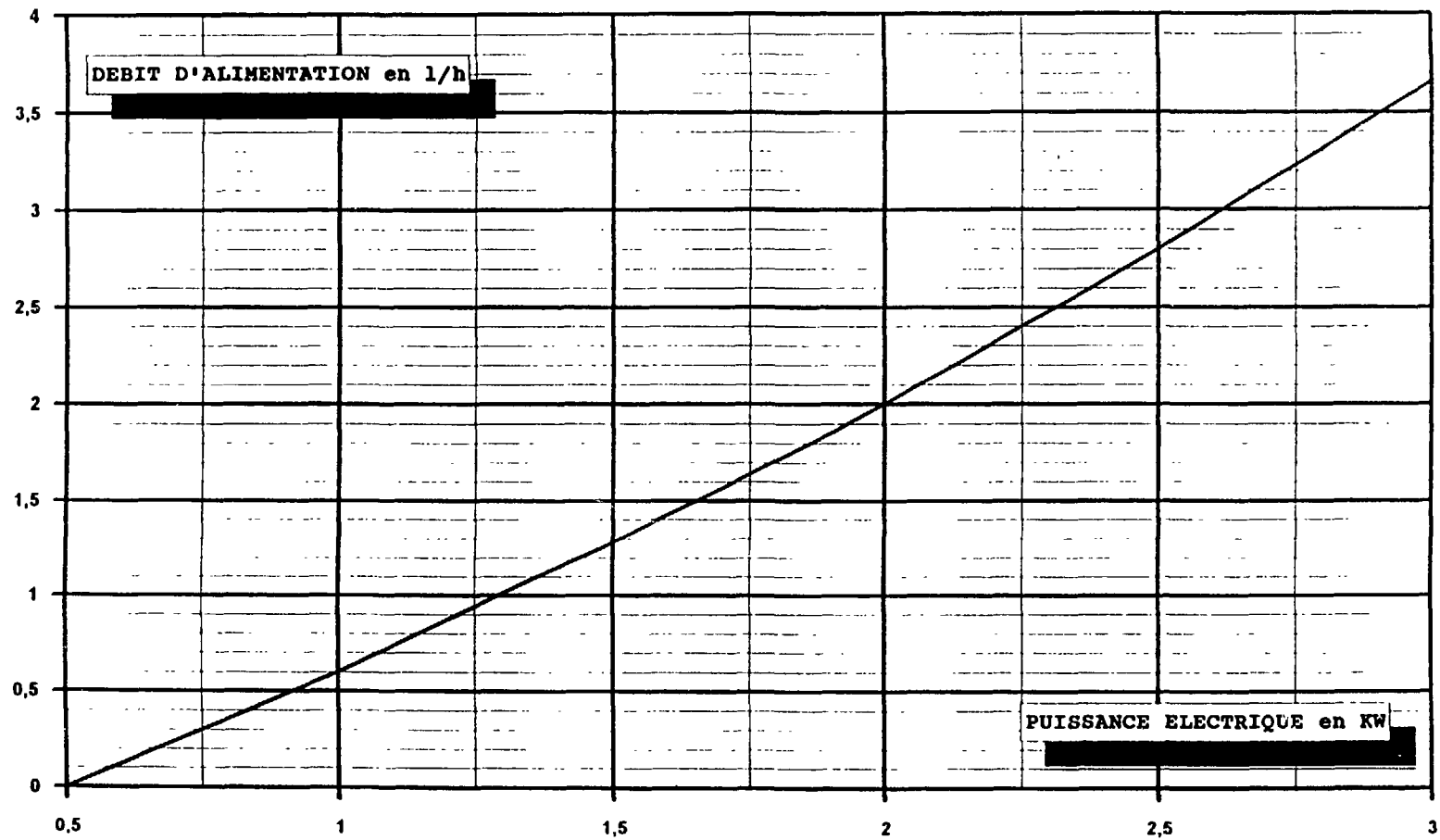


FIGURE 4

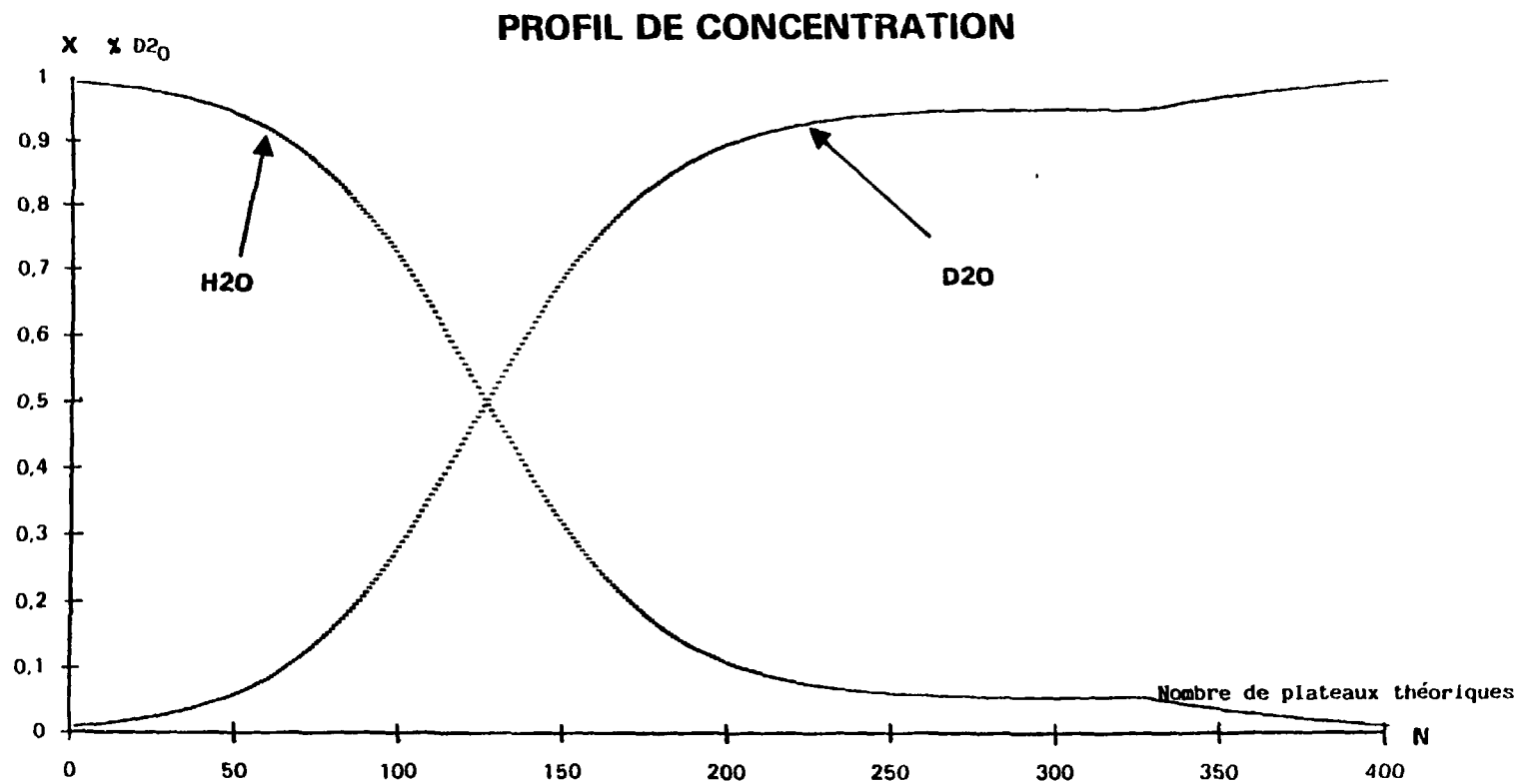


FIGURE 5

# DEUTERATION

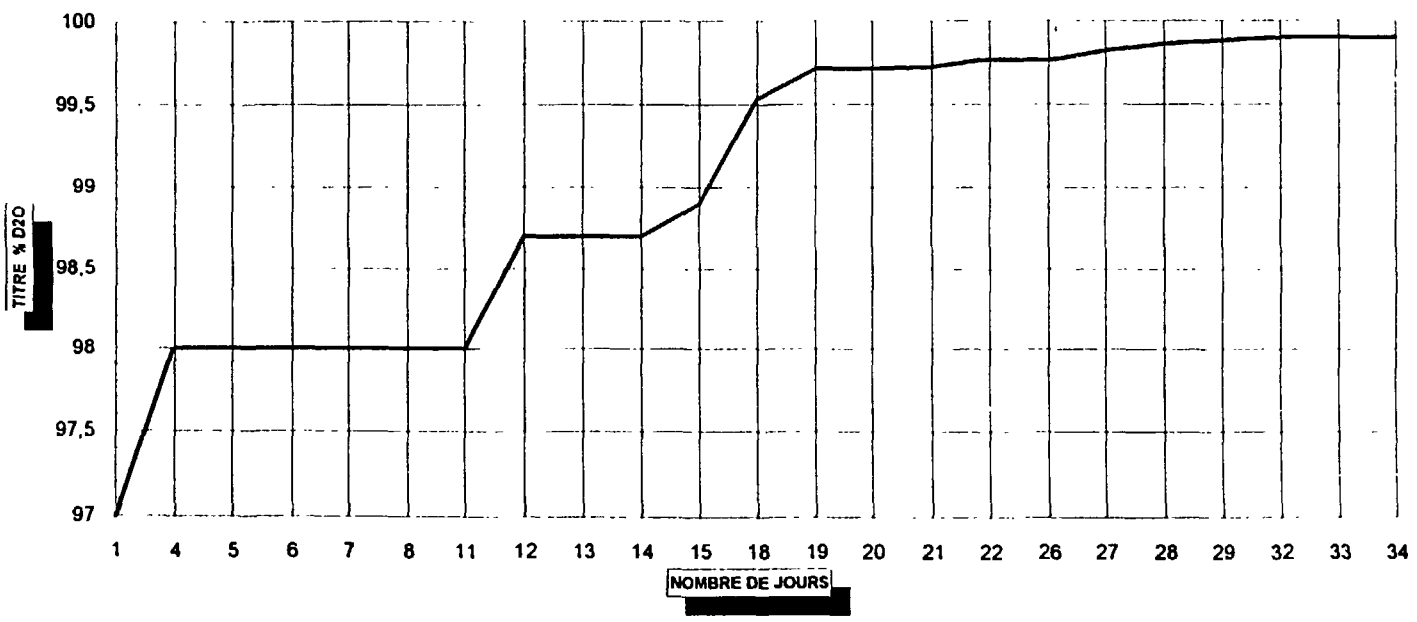
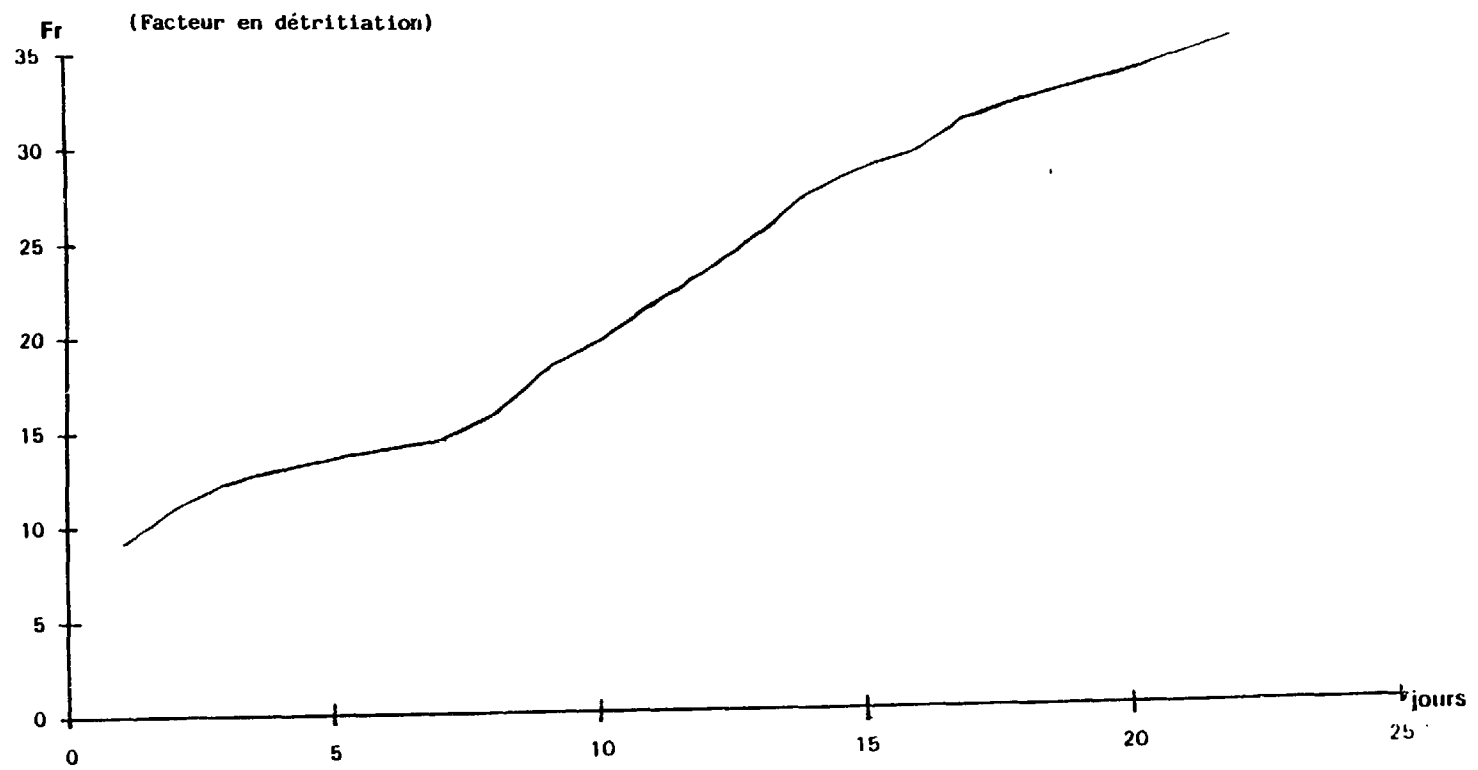


FIGURE 6

## FACTEUR DE DETRITIATION



FR = Facteur de ditritiation

FIGURE 7



## PROFIL EN TRITIUM

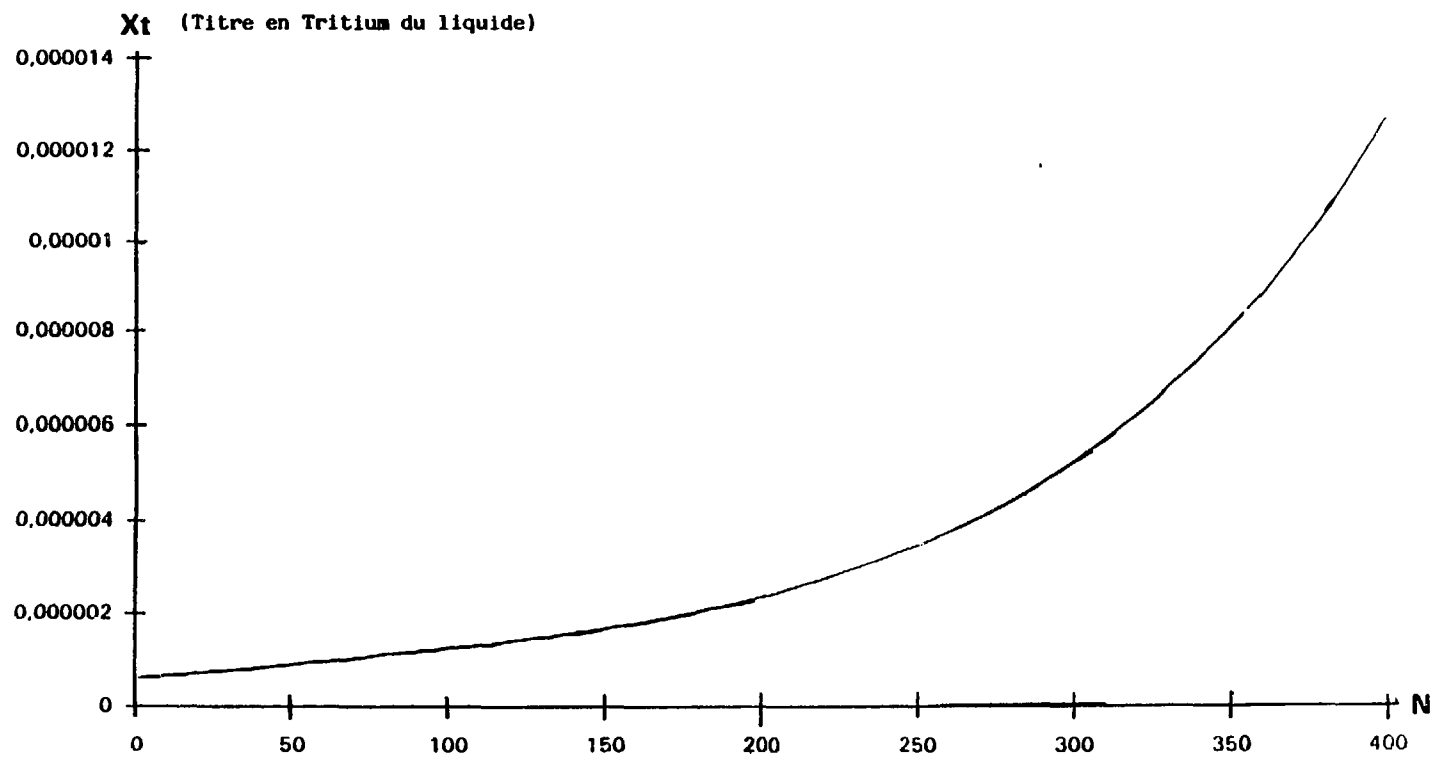
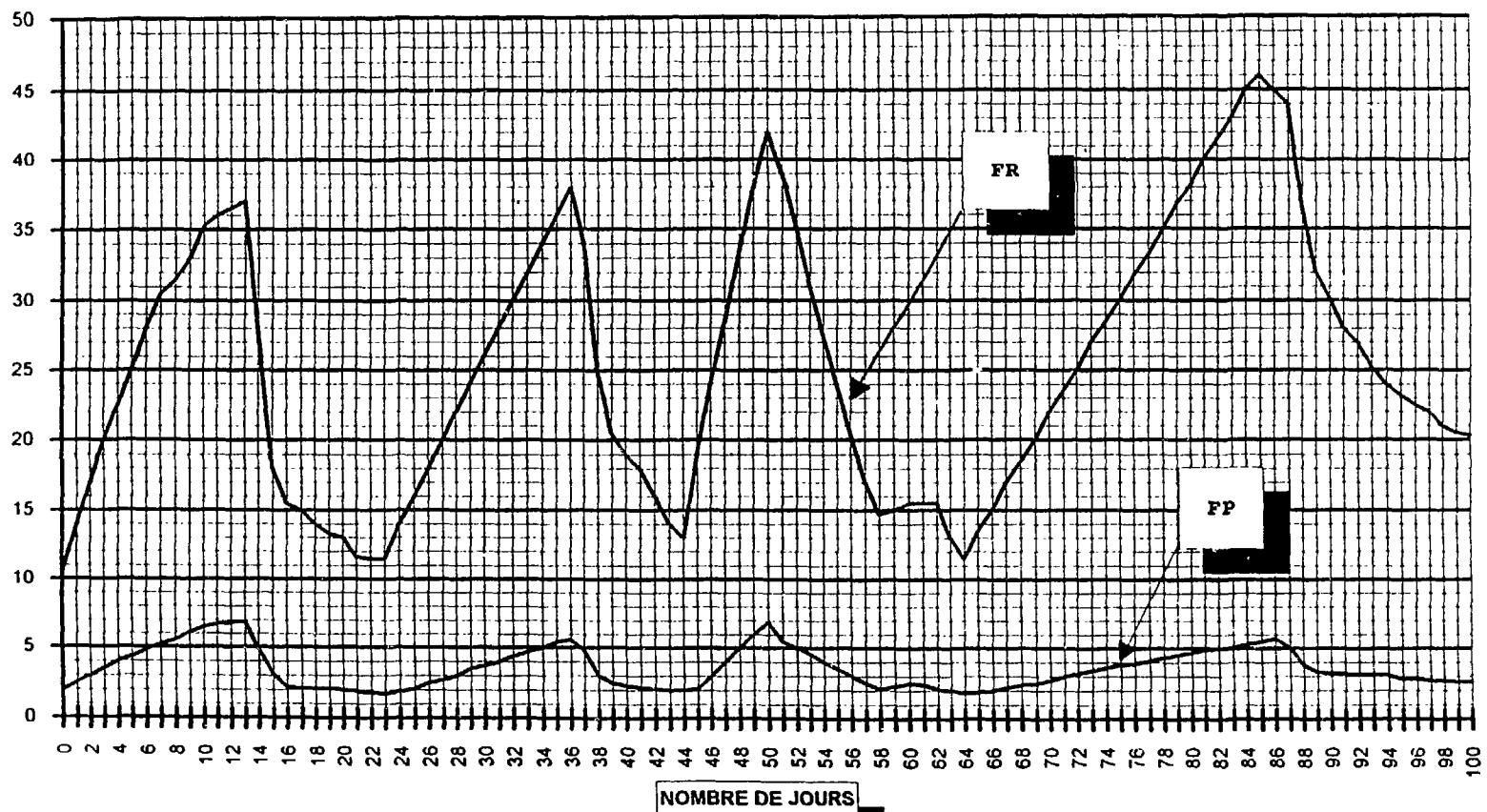


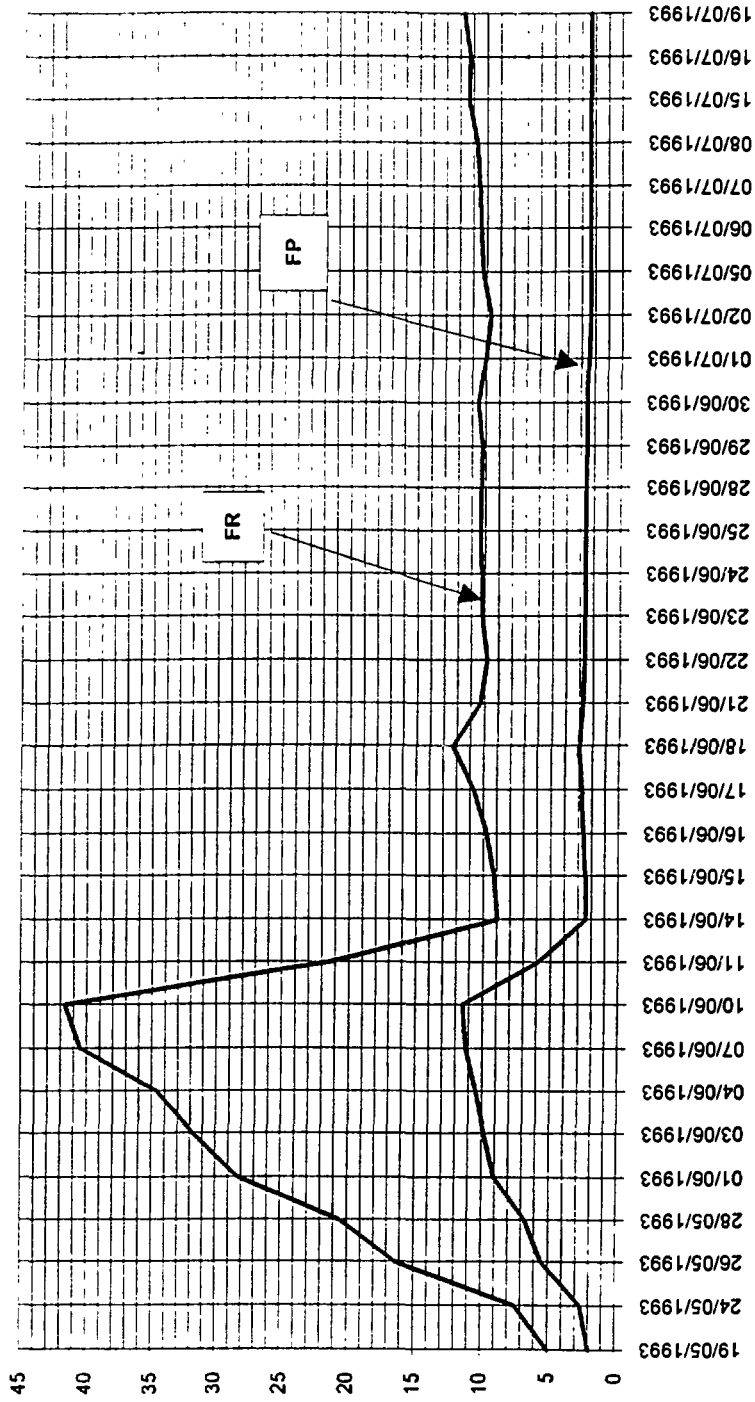
FIGURE 8

# FACTEURS DE DETRITIATION



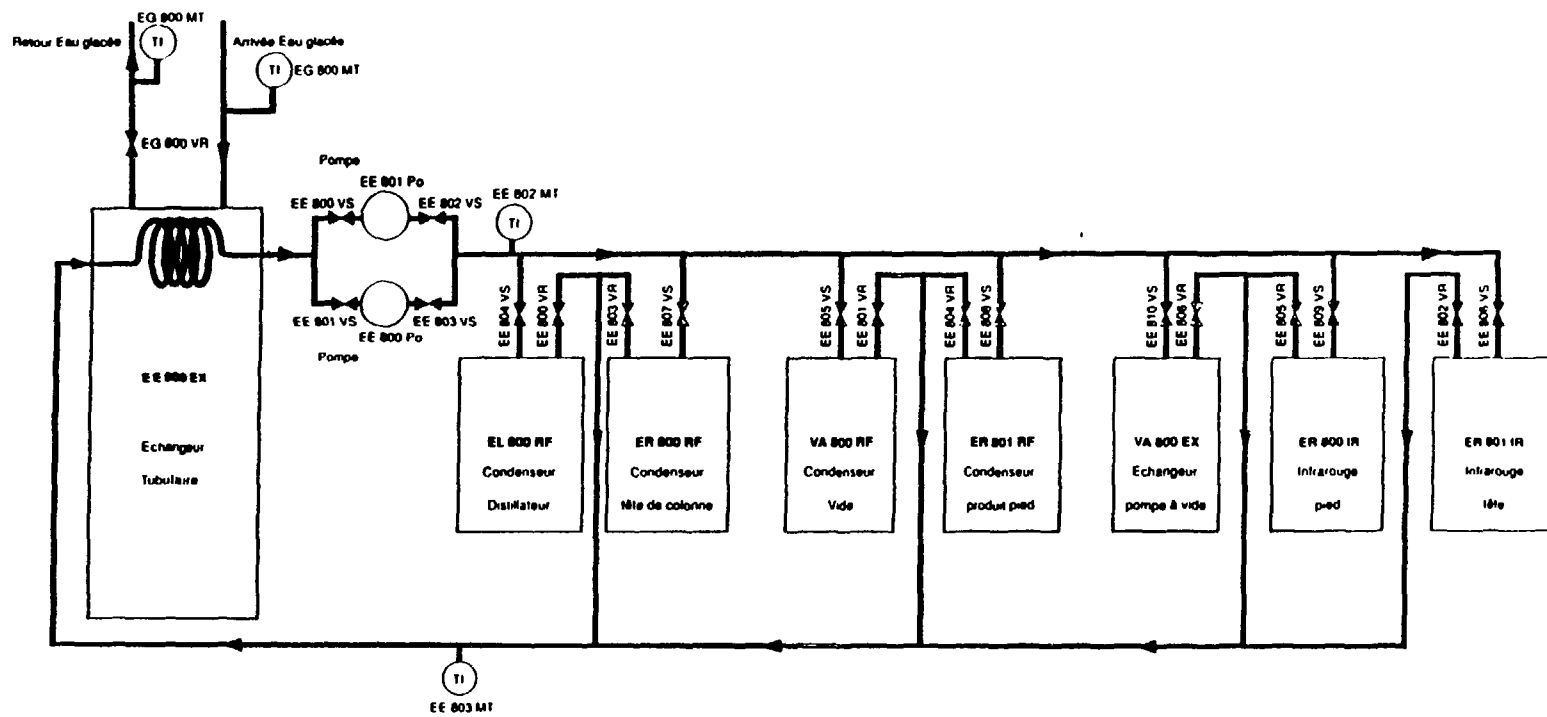
FACTEURS DE DETRITIATION

19/7/93

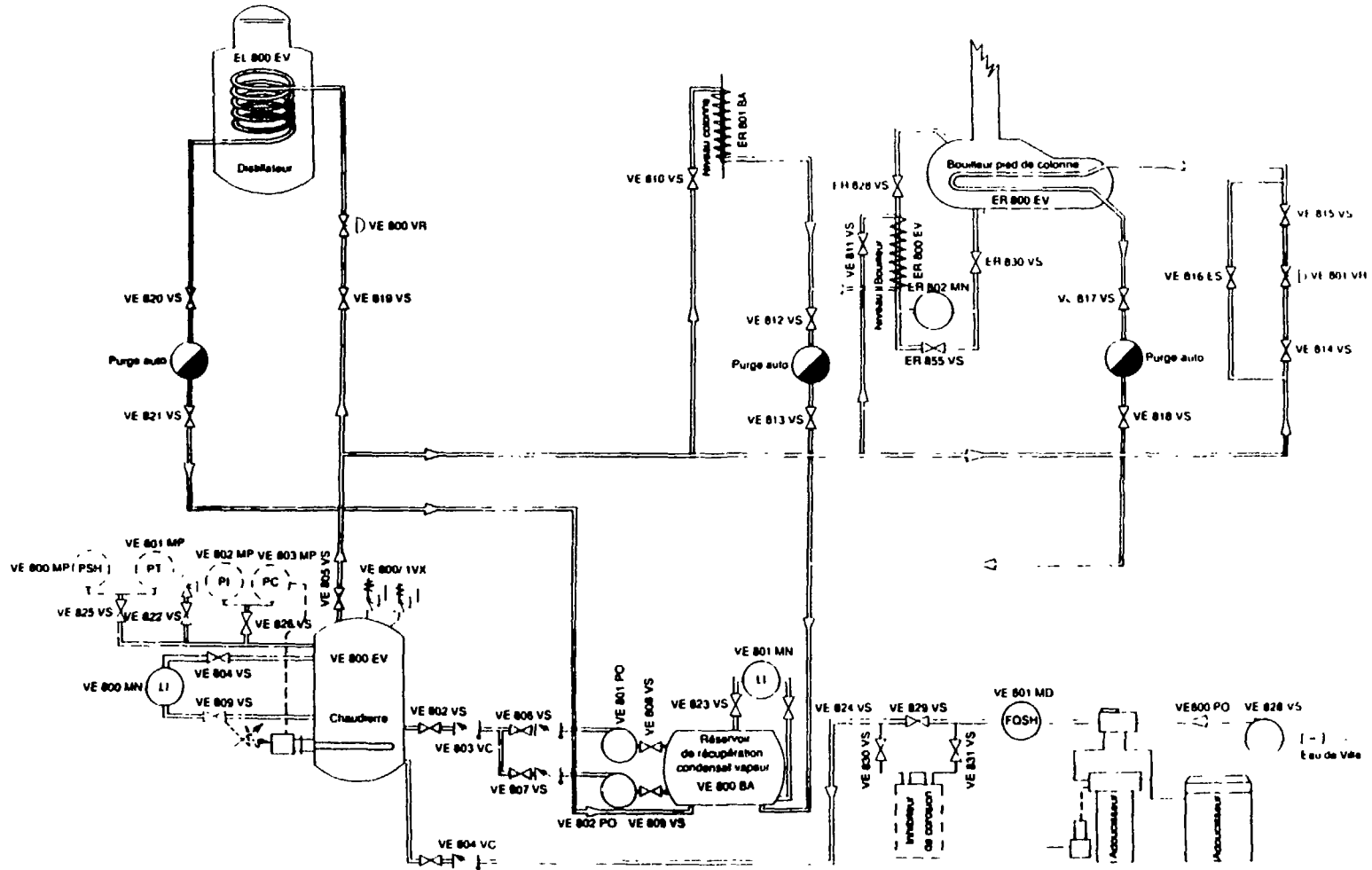




### CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT



# CIRCUIT VAPEUR



### CIRCUIT D'HELIUM

