

# Les circuits de refroidissement et l'installation de détritiation

Par M. CHAZALON \* et Y. LECUYER \*

Les circuits ont pour fonction d'évacuer la chaleur produite dans le coeur du réacteur. Très schématiquement, le principe est le suivant : un circuit primaire, entièrement contenu dans l'enceinte étanche, transfère directement la puissance, par l'intermédiaire d'échangeurs classiques, à un circuit secondaire. Le fluide du circuit primaire est l'eau lourde pour les circuits coeur, l'eau déminéralisée pour les circuits piscine et canal.

Le circuit secondaire est un circuit ouvert qui utilise de l'eau de rivière pompée et rejetée dans le Drac. Cette solution, qui évite d'intercaler un circuit intermédiaire entre primaire et secondaire, a pu être adoptée car elle ne présente, compte tenu des moyens de détection prévus, aucun risque d'activation ni de contamination radioactive de l'eau du Drac, même en cas de fuite sur un échangeur.

## I — PRESENTATION DES CIRCUITS

Le schéma complet des circuits d'eau lourde pour l'ensemble du réacteur est représenté sur la figure 1. La figure 2 est une représentation simplifiée de l'ensemble

des circuits primaires (eau lourde et eau déminéralisée) et secondaires, la figure 3 du circuit primaire eau lourde seul.

La conception et la disposition de ces circuits ont été guidées par les considérations suivantes :

- le volume d'eau lourde nécessaire devait être minimum ;
- les abords immédiats du réacteur devaient être laissés libres pour les expériences, ce qui a conduit à regrouper les circuits au sous-sol, à un niveau inférieur au bloc-pile ;
- il était nécessaire d'éviter, malgré la disposition précédente, tout risque de siphonnage et de dénoyage du coeur en cas de rupture sur le circuit : c'est pourquoi les tuyauteries de liaison au bloc-pile remontent à un niveau supérieur à celui du coeur et sont équipées d'un clapet casse-siphon ;
- l'exploitation des circuits devait être aussi souple que possible, d'où la disposition en casemates indépendantes qui rend possible l'accès à chaque échangeur ou pompe, le réacteur étant en fonctionnement, mais à puissance réduite, après isolement et vidange de la casemate correspondante ;
- la continuité de la circulation forcée devait être assurée sans risque d'interruption brutale, d'où l'exclusion de tout organe de sectionnement sur les

\* Division de Construction des Réacteurs, CEN de Saclay.



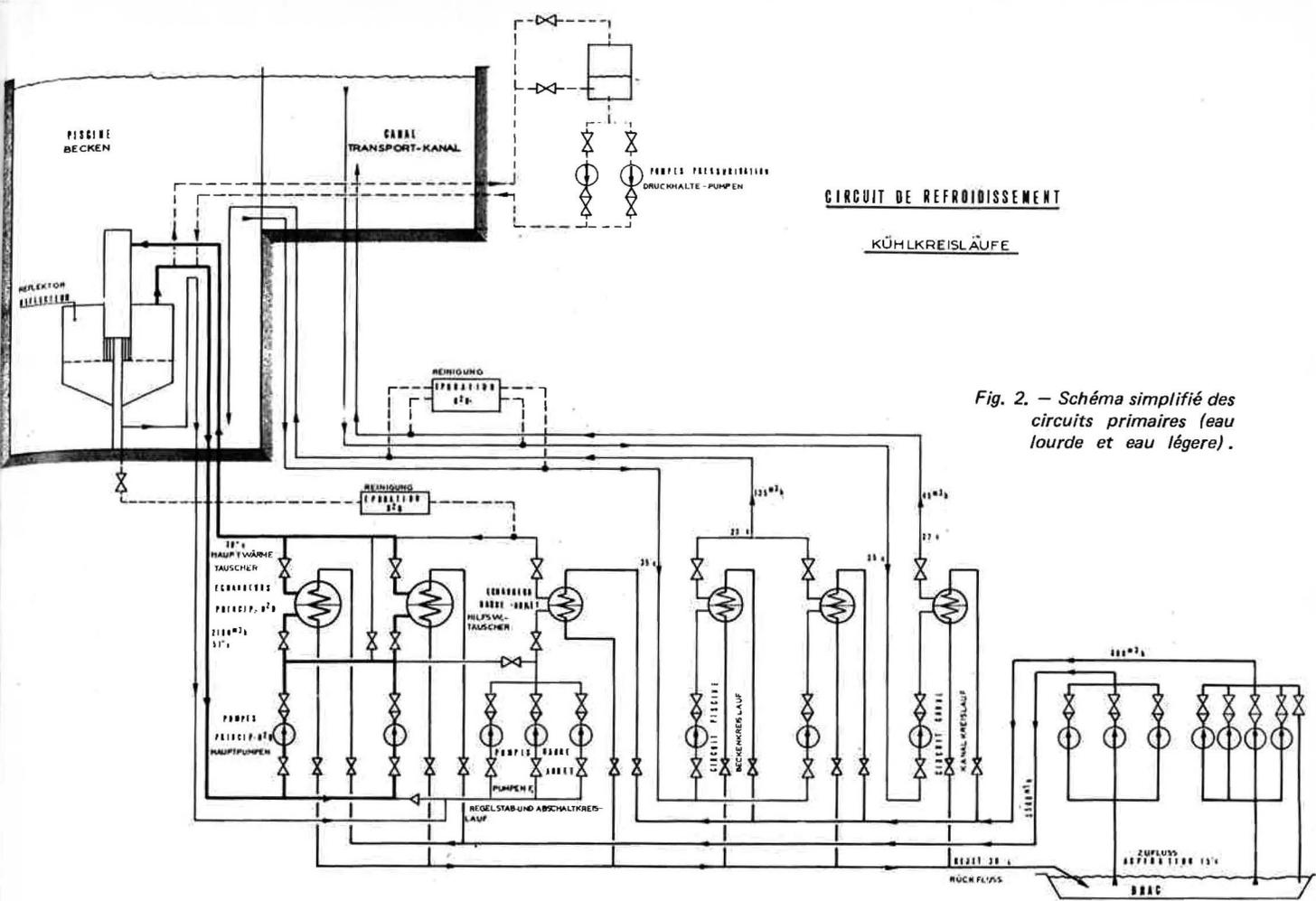


Fig. 2. — Schéma simplifié des circuits primaires (eau lourde et eau légère).

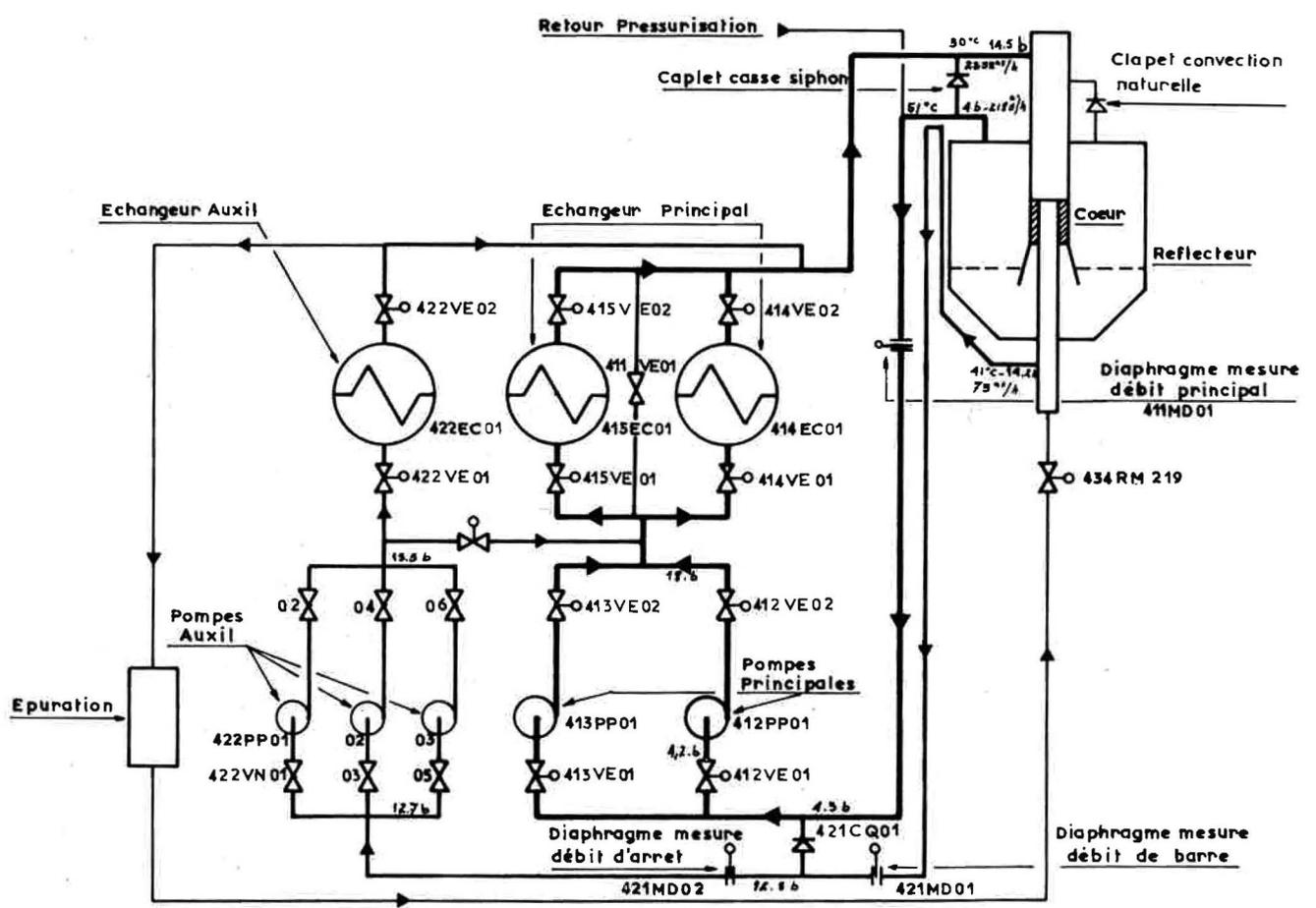


Fig. 3. — Schéma du circuit primaire d'eau lourde

tronçons communs de raccordement au bloc-pile et l'utilisation de volants d'inertie sur les pompes principales assurant, en cas de manque de tension ou de déclenchement d'un groupe, une décroissance de débit compatible avec la réduction de puissance.

de la barre de pilotage aussi bien réacteur en marche qu'en régime d'arrêt. Il comporte essentiellement trois pompes, un échangeur et leurs vannes d'isolement.

La circulation est réalisée de la façon suivante :

## A) CIRCUITS PRIMAIRES

### 1 - Circuits d'eau lourde

#### a) Circuit principal

Le circuit principal assure le refroidissement du coeur et du réflecteur, réacteur en marche. Il comprend essentiellement deux pompes, deux échangeurs, les vannes d'isolement et les tuyauteries de liaison au bloc-pile.

La circulation est réalisée de la façon suivante : l'eau lourde chaude sort du bidon réflecteur par une tuyauterie de 400 mm de diamètre piquée verticalement sur sa partie supérieure. Cette tuyauterie descend ensuite verticalement dans la piscine. A la sortie du fourreau de traversée du fond de la piscine, se trouve le diaphragme de mesure du débit primaire principal. Le débit se partage ensuite dans deux tuyauteries de 300 mm de diamètre conduisant aux deux pompes principales. Celles-ci refoulent l'eau lourde vers les deux échangeurs principaux par deux tuyauteries de 300 mm de diamètre, une liaison entre ces deux tuyauteries permettant de banaliser les pompes par rapport aux échangeurs.

A l'aval de ceux-ci, l'eau froide est à nouveau dirigée vers le bloc-pile par un collecteur de 400 mm de diamètre, dont le cheminement est parallèle à celui du collecteur de sortie. L'eau lourde est ainsi amenée à la partie supérieure de la cheminée du réacteur.

Pompes et échangeurs sont installés dans quatre casemates indépendantes situées de part et d'autre d'une galerie dans laquelle cheminent les tuyauteries reliant ces appareils entre eux et au bloc-pile. Chacune de ces casemates est isolable par deux vannes à double opercule commandées électriquement.

La disposition des pompes en amont des échangeurs permet d'avoir une pression plus élevée à leur aspiration et d'éviter ainsi tout risque de cavitation.

#### b) Circuit barre et arrêt

Le circuit barre et arrêt a deux fonctions : refroidissement du coeur après arrêt du réacteur, et refroidissement

Le débit qui passe par l'orifice central de l'élément combustible et assure le refroidissement de la barre de pilotage est repris à la partie basse de celle-ci par une tuyauterie de 80 mm de diamètre dont le cheminement dans la piscine et la galerie des collecteurs est parallèle à celui des tuyauteries entrée et sortie du coeur. Elle aboutit dans une casemate dans laquelle sont regroupées les trois pompes et l'échangeur du circuit barre et arrêt. A la sortie de cet échangeur, le débit est ramené sur la tuyauterie entrée du coeur par un tuyau de 125 mm de diamètre. Un by-pass situé dans la galerie des collecteurs et équipé d'un clapet anti-retour relie les tuyauteries sortie du coeur et sortie de la barre de pilotage. Ce clapet est fermé lorsque une ou deux pompes principales sont en service ; il est ouvert lorsque seules les pompes auxiliaires du circuit barre-arrêt sont en service et permet ainsi à celles-ci d'assurer dans ce cas le débit de refroidissement du coeur.

#### c) Circuits annexes d'eau lourde

Ils comprennent :

*Le circuit de pressurisation* : Un réservoir sous atmosphère d'azote placé au-dessus du bloc-pile et des circuits joue le rôle de vase d'expansion et d'appoint. Le niveau de l'eau lourde y est maintenu constant, grâce à un trop-plein qui renvoie dans le stockage les excédents d'expansion éventuels. Une pompe, qui aspire dans ce vase d'expansion et refoule dans le collecteur de sortie du bloc-pile, établit une pression de 4 bars absolus à la sortie du coeur, quel que soit le régime de fonctionnement. Le débit assuré par cette pompe est ramené au vase d'expansion par l'intermédiaire de prélèvements effectués sur tous les points hauts du bloc-pile et des canaux expérimentaux. Ce retour peut s'effectuer soit sous le niveau libre de l'eau lourde dans le vase d'expansion soit, si l'on veut dégazer, à la partie supérieure du vase, à travers un pulvérisateur.

*Le circuit d'épuration* constitué de deux boucles comprenant chacune une pompe, des filtres et un pot de résines échangeuses d'ions. Il permet d'épurer aussi bien l'eau lourde du bloc-pile et du circuit principal que celle des bidons de stockage.

*Les quatre réservoirs de stockage de l'eau lourde*, installés au-dessous des circuits, dans un local en sous-sol et les tuyauteries de remplissage et de vidange.

*Les circuits gaz de couverture et recombinaison*, destinés à assurer le balayage en azote des surfaces libres

d'eau lourde dans le vase d'expansion et les réservoirs de stockage, afin d'éviter l'accumulation de gaz de radiolyse. Ce circuit comporte deux surpresseurs étanches à palier à gaz, dont un en secours. La recombinaison des gaz de radiolyse s'effectue dans un pot à catalyse où se produit, en présence de palladium, la réaction exothermique de recombinaison du deutérium et de l'oxygène.

*Le circuit de récupération des fuites.*

## 2 – Circuits eau déminéralisée

Ils comprennent :

*Le circuit piscine* composé de deux boucles, avec chacune une pompe et un échangeur qui assure le refroidissement de la piscine du réacteur.

*Le circuit canal* qui évacue les calories dissipées dans le compartiment du canal de transfert où sont stockés les coeurs usés. Il comporte lui aussi une pompe et un échangeur.

*Le circuit couche chaude* qui permet d'éviter les remontées d'eau active à la surface de la piscine.

*Les circuits annexes* de production, d'épuration et de stockage de l'eau déminéralisée.

## B) CIRCUITS SECONDAIRES

L'eau secondaire de refroidissement prélevée dans le Drac est siphonnée jusqu'à un bassin de pompage dans lequel aspirent les pompes secondaires.

Comme pour les circuits primaires, on trouve, côté secondaire :

- un circuit principal équipé de trois pompes, dont deux en service en régime nominal et une en secours, qui assurent le débit de refroidissement des échangeurs principaux.
- un circuit auxiliaire qui alimente en eau froide l'échangeur du circuit barre-arrêt, les échangeurs des circuits piscine et canal et d'autres installations telles que la détritiation et les batteries froides de la ventilation. Il comporte quatre pompes, dont une en secours.

## II – DIMENSIONNEMENT ET CARACTERISTIQUES PRINCIPALES

L'ensemble des débits primaires et secondaires des échangeurs a été dimensionné de façon à obtenir un maximum de 30° C. sur la température de l'eau lourde à l'entrée du coeur, pour une puissance de 57 MW du réacteur, et pour une température maximale de l'eau du Drac de 15° C.

Le débit nominal de 2 180 m<sup>3</sup>/h du circuit primaire principal correspond à une vitesse entre plaques d'élément combustible de 15,5 m/s.

Le tableau suivant donne les caractéristiques principales des circuits primaires :

		Régime nominal	Régime d'arrêt
Entrée bloc-pile	débit pression température	2 255 m <sup>3</sup> /h 14,5 bars absolus 30° C.	180 m <sup>3</sup> /h 4,2 bars absolus 35° C.
Sortie coeur	débit pression température	2 180 m <sup>3</sup> /h 4 bars absolus 51° C.	150 m <sup>3</sup> /h 4,1 bars absolus 43° C.
Sortie barre de pilotage	débit pression température	75 m <sup>3</sup> /h 14,2 bars absolus 42° C.	30 m <sup>3</sup> /h 4,1 bars absolus 40° C.

## III – FONCTIONNEMENT

On peut distinguer trois régimes de fonctionnement :

- *Le régime de puissance* : le débit de refroidissement du coeur est alors assuré par les pompes principales, le débit de refroidissement de la barre de pilotage par les pompes auxiliaires.
- *Le régime d'arrêt* : les débits de refroidissement du coeur et de la barre de pilotage sont assurés par les pompes auxiliaires. Ce régime doit être maintenu pendant 24 heures environ après un arrêt du réacteur.
- *Le régime de convection naturelle* : il assure l'évacuation de la puissance résiduelle, 24 heures après la

chute des barres. Il sert aussi de régime d'ultime secours en cas de défaillance générale des pompes.

#### A) Mise en service des circuits et régime nominal :

La mise en service ou l'arrêt des organes principaux des circuits sont réalisés depuis la salle de contrôle par des commandes séquentielles. Les deux pompes principales et les trois échangeurs à eau lourde peuvent être ainsi commandés séparément. La mise en service d'un échangeur provoque l'ouverture des vannes d'isolement primaires et secondaires. La mise en service d'une pompe provoque l'ouverture des vannes d'isolement, puis le démarrage de la pompe. En régime de puissance, différentes configurations de fonctionnement sont possibles, d'autres sont interdites par les automatismes. Ceux-ci empêchent, par exemple, de mettre en service une deuxième pompe principale si un seul échangeur principal est en service. Le processus normal de démarrage des circuits est le suivant :

- mise en service de la pressurisation ;
- mise en service de l'échangeur auxiliaire barre-arrêt ;
- mise en service des pompes auxiliaires primaires du circuit de refroidissement de la barre de pilotage et de refroidissement à l'arrêt ; la sous-séquence correspondante provoque le démarrage simultané de deux des trois pompes auxiliaires préalablement sélectionnées ;
- mise en service des pompes auxiliaires secondaires ;
- mise en service d'un échangeur principal ;
- mise en service de l'autre échangeur principal ;
- mise en service d'une pompe principale primaire ;
- mise en service de l'autre pompe principale primaire ;
- mise en service de deux pompes principales secondaires.

Au régime nominal, le débit de  $2\ 180\ \text{m}^3/\text{h}$  est donc assuré par les deux pompes principales qui débitent alors à travers les deux échangeurs principaux.

#### B) Autres cas de fonctionnement possible

En cas d'incident sur une pompe ou un échangeur principal, la casemate correspondante est isolée, l'isolement d'une casemate échangeur entraînant automatiquement l'arrêt d'une pompe principale.

On a alors la possibilité de fonctionner avec une seule pompe principale et un ou deux échangeurs principaux.

Le débit est alors d'environ 70% du débit nominal et la puissance de fonctionnement possible, environ 70% ou 55% de la puissance nominale, selon que l'on a deux ou un seul échangeur en service. Dans le cas où un seul échangeur principal est alors en service, une vanne by-pass s'ouvre automatiquement et le débit à travers l'échangeur est ainsi limité à 120% de sa valeur nominale.

En cas d'indisponibilité de l'échangeur auxiliaire barre-arrêt, son isolement provoque automatiquement l'ouverture d'un by-pass qui permet aux pompes auxiliaires de refouler à travers les échangeurs principaux, et on peut ainsi maintenir le réacteur au voisinage de sa puissance nominale.

Si une pompe du circuit primaire barre-arrêt s'arrête sur incident, la pompe en réserve démarre automatiquement mais, même si cette dernière est alors indisponible, une seule pompe auxiliaire suffit à assurer le débit nécessaire.

La pression à l'aspiration des pompes principales est de 4,1 bars absolus, aussi bien avec les deux pompes en service qu'avec une seule. On dispose ainsi d'une confortable marge de sécurité par rapport au N P S H requis, qui est de 1,9 bar pour le débit de  $1\ 540\ \text{m}^3/\text{h}$ .

Lors d'un arrêt simultané des deux pompes principales, leurs volants d'inertie assurent une baisse de débit inférieure à 10 % par seconde, compatible avec la puissance résiduelle après chute des barres de sécurité.

Après 10 secondes environ, le clapet permettant aux pompes auxiliaires d'aspirer dans la tuyauterie de sortie du bloc-pile s'ouvre et la circulation forcée à travers le cœur se stabilise après 100 secondes environ à  $150\ \text{m}^3/\text{h}$ , grâce à ces pompes qui, alimentées en secours par des batteries d'accumulateurs, sont toujours disponibles.

Après un arrêt du réacteur, les pompes auxiliaires sont maintenues en service pendant 24 heures. On peut ensuite les arrêter et passer en convection naturelle. A cet effet, le bloc-pile est équipé de clapets de convection naturelle qui mettent en communication la cheminée d'entrée avec le bidon réflecteur. Ces clapets sont ouverts si aucune pompe n'est en service, une pression de commande transmise par une tuyauterie pilote branchée immédiatement au refoulement des pompes auxiliaires entraîne leur fermeture lors du démarrage de celles-ci.

#### C) Incidents :

Outre les défaillances d'appareils déjà mentionnées et qui ont comme conséquence un changement de configuration de fonctionnement des circuits avec ou sans arrêt du réacteur, on peut mentionner le cas d'une fuite dans un échangeur.

Le système primaire étant constamment maintenu à une pression supérieure à celle régnant dans le système secondaire, la fuite se produit alors dans le sens eau lourde vers eau légère et il n'y a pas de risque de pollution de l'eau lourde du système primaire. Une détection d'activité sur la tuyauterie secondaire de sortie de l'échangeur permet de détecter la présence de l'eau lourde et entraîne automatiquement l'isolement de l'échangeur, ce qui évite toute contamination extérieure.

#### IV - EQUIPEMENTS

##### A) Pompes principales

###### 1 - Description

Les deux pompes principales sont du type centrifuge à axe horizontal, aspiration axiale et refoulement radial, avec rouet monté en porte à faux. L'étanchéité sur l'axe est réalisée par une garniture mécanique avec grain fixe en graphite et grain tournant stellité. Cette garniture mécanique est réfrigérée et lubrifiée par l'eau lourde. La fuite à la garniture a été contrôlée lors des essais en usine et sur le site. Elle est inférieure à 2 cm<sup>3</sup>/h.

La construction des corps de pompe est du type chaudronné soudé, les différents composants étant reliés par des brides à doubles joints toriques avec contrôle de fuite.

Les pompes sont entraînées par des moteurs asynchrones alimentés en 5 500 V. Ces moteurs sont équipés d'un volant d'inertie monté en porte à faux.

###### 2 - Caractéristiques principales

Moteur	Puissance nominale	600 kW
	Tension d'alimentation	5 500 volts
	Intensité nominale	74 ampères
	Rendement	0,95
	Cos φ	0,9
	Vitesse de rotation	2 960 T/min.

###### Pompe

	Régime nominal	Avec une seule pompe en service
Débit	1 090 m <sup>3</sup> /h	1 540 m <sup>3</sup> /h
Hauteur de refoulement	129 m	97 m
N P S H requis	8 m	16,5 m
Rendement	0,82	0,76

##### B) Pompes auxiliaires

Toutes les autres pompes à eau lourde (pompes des circuits barre et arrêt, pressurisation, remplissage, etc...) sont du type étanche à rotor et stator chemisé, avec le rotor immergé dans l'eau lourde. Les corps forgés sont reliés au carter moteur par une bride à double joint torique. Ces pompes sont montées verticalement, le moteur au-dessus.

##### C) Echangeurs principaux

###### 1 - Description

Les deux échangeurs principaux sont de type classique monobloc à tubes droits fixés sur plaques tubulaires soudées à la virole. Ils sont montés horizontalement. La fixation du faisceau tubulaire sur les plaques est effectuée par dudgeonnage et soudage ; la soudure assure simplement l'étanchéité, mais ne supporte pas les efforts.

L'eau lourde circule à l'extérieur du faisceau tubulaire, l'eau secondaire à l'intérieur, ce qui permet un nettoyage continu des tubes par l'utilisation d'un dispositif Taprogge.

L'écoulement est à deux passes aussi bien dans les tubes qu'à l'extérieur du faisceau, et par conséquent les tubulures de raccordement sont toutes d'un même côté des corps.

###### 2 - Caractéristiques principales

###### Dimensions

Longueur hors tout	8 m
Diamètre de la virole	1,25 m
Épaisseur des plaques tubulaires	40 mm
Longueur du faisceau tubulaire	6 m
Dimensions des tubes	
diamètre extérieur	20 mm
épaisseur	1,5 mm
Nombre de tubes	2 080
Pas (triangulaire)	25 mm
Volume d'eau lourde	3,4 m <sup>3</sup>

###### Caractéristiques hydrauliques et thermiques

Puissance	30 MW
Surface d'échange	780 m <sup>2</sup>
Débit primaire	1 090 m <sup>3</sup> /h
Débit secondaire	1 750 m <sup>3</sup> /h
Températures	
primaire entrée	51,6° C.
primaire sortie	30° C.
secondaire entrée	15° C.
secondaire sortie	29,8° C.
Perte de charge	
primaire	1,15 bar
secondaire	0,8 bar

#### D) Échangeurs auxiliaires

Les échangeurs des circuits barre-arrêt, piscine et canal sont de même type que les échangeurs principaux, mais l'écoulement est à quatre passes au lieu de deux.

#### E) Vannes d'isolement

Les circuits d'eau lourde comportent des vannes de 300 mm de diamètre et de 125 mm de diamètre. Ces vannes sont à double opercule, avec étanchéité sur des portées stellitées. L'ensemble de la construction est forgée.

L'étanchéité sur la tige est assurée par un soufflet pour les vannes de diamètre 125 mm, par un double presse-étoupe pour les vannes de diamètre 300 mm, avec détection de fuite entre les deux presse-étoupe.

#### F) Robinetterie

Les sectionnements sur les petits diamètres des circuits d'eau lourde sont réalisés par des robinets à soupape, avec étanchéité métal-métal au siège et soufflet pour l'étanchéité vers l'extérieur.

#### G) Tuyauteries - raccordements

Les tuyauteries des circuits d'eau lourde sont réalisées en tubes roulés soudés pour les diamètres supérieurs à 125 mm, en tubes étirés sans soudure pour les autres diamètres.

Les coudes de gros diamètres sont en demi-coquilles soudées longitudinalement. Les autres coudes sont pliés à chaud.

Les raccordements sur les appareils sont réalisés pour les diamètres supérieurs à 30 mm par des brides à doubles joints toriques avec détection de fuite, pour les diamètres inférieurs à 30 mm par raccords vissés type C. E. A.

Le nombre des raccordements par brides ou raccords a été limité au minimum, le reste ayant été réalisé au montage par soudage en place sous argon.

#### H) Matériaux

D'une façon générale, toutes les tuyauteries et appareils contenant de l'eau lourde ont été réalisés en acier austénitique, bas carbone, stabilisé au titane, type : X 10 Cr Ni Ti 18-9.

Les tubes des échangeurs sont en acier au molybdène,

type X 10 Cr Ni Mo Ti 18-10, acier offrant une meilleure résistance à la corrosion par l'eau secondaire qui contient des chlorures.

### V – L'INSTALLATION DE DETRITIATION

Cette installation est destinée à épurer l'eau lourde du réacteur. Elle a pour but :

- d'une part de retirer l'eau légère pouvant être introduite dans l'eau lourde, soit lors de manoeuvres normales (chargement ou déchargement du combustible, changement des résines d'épuration d'eau lourde etc...), soit lors de fuites accidentelles ;
- d'autre part de retirer une partie du tritium se formant continuellement par irradiation de l'eau lourde.

L'installation est capable d'éliminer 160 litres par an d'eau légère pour une teneur molaire en hydrogène dans l'eau à traiter de 0,004.

Elle assure un appauvrissement de l'eau lourde en tritium de 2,78 permettant d'obtenir une activité à l'équilibre de 3 Ci/l au lieu de 80 Ci/l sans détritiation.

Elle assure une production de tritium de 7,87 Nml/h à la teneur de 0,99.

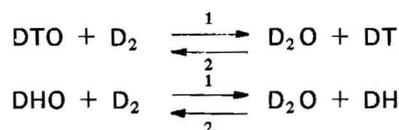
L'installation comporte deux parties principales dont les buts sont les suivants :

- 1) Un échange catalytique où l'on opère en présence d'un catalyseur un échange isotopique entre la vapeur d'eau lourde à traiter et du deutérium gazeux.
- 2) Une distillation fractionnée du deutérium liquide qui sépare l'hydrogène et le tritium du deutérium.

#### A) Echange catalytique

##### 1 – Principe

Au niveau de l'échange catalytique, les réactions suivantes ont lieu :



Les constantes d'équilibre varient avec la température. Celle de 200° C a été choisie car elle correspond à des valeurs intéressantes sans conduire à de trop grands

problèmes de diffusion du deutérium et du tritium à travers les aciers. Les valeurs sont les suivantes :  $\alpha_{ET} = 0,82$   $\alpha_{EH} = 1,78$ .

L'installation comprend une cascade de 3 réacteurs catalytiques sur chacun des quels circule un co-courant de vapeur d'eau lourde et de deutérium. A l'échelle de la cascade des 3 réacteurs catalytiques, les courants de vapeur d'eau lourde et de deutérium sont croisés.

## 2 - Réalisation

L'installation n'est pas alimentée en permanence par un débit d'eau lourde prélevé sur le réacteur. Elle possède à l'entrée et à la sortie des stockages d'eau lourde (bidons de 1 m<sup>3</sup>) qui sont périodiquement alimentés et vidés.

Des pompes doseuses injectent le débit d'eau lourde à traiter (16,7 l/h environ) dans des évaporateurs. La vapeur produite est mélangée à du deutérium puis surchauffée à 200° C et envoyée sur le premier catalyseur. A la sortie de celui-ci, la vapeur est condensée et le deutérium gazeux séparé et renvoyé vers la colonne de distillation.

L'eau lourde est à nouveau évaporée, mélangée à du deutérium, surchauffée à 200° C et passe sur le second catalyseur. Le cycle s'opère une troisième fois de la même manière.

A la sortie du dernier condenseur, l'eau lourde est recueillie puis renvoyée vers le réacteur.

Le chauffage de l'échange catalytique est effectué à l'aide de vapeur fournie par une chaudière électrique.

## B) Colonne de distillation

### 1 - Principe

Le deutérium chargé en hydrogène et en tritium dans l'échange catalytique est refroidi et admis dans une colonne de distillation fractionnée à garnissage métallique. Il se liquéfie dans le condensateur de tête de la colonne. Un évaporateur au pied de la colonne assure le courant gazeux.

En tête de la colonne on soutire le produit riche en hydrogène.

A un niveau intermédiaire, le deutérium épuré de l'hydrogène et du tritium est soutiré et retourne à l'échange catalytique.

Au pied de la colonne, un faible débit de deutérium enrichi en tritium alimente une seconde colonne de

distillation fractionnée de faible section qui a pour but de concentrer le tritium afin d'obtenir une teneur de 99 % environ.

### 2 - Réalisation

A la sortie de l'échange catalytique, le deutérium arrive à l'aspiration d'un compresseur qui assure le mouvement du gaz dans toute l'installation. Le deutérium est ensuite séché puis entre dans la "Boîte froide".

Celle-ci se compose d'une enceinte maintenue sous vide, dans laquelle se trouvent tous les organes fonctionnant à basse température.

Le deutérium est épuré (adsorption de l'azote qu'il contient sur des charbons actifs) et refroidi par le deutérium sortant de la colonne de distillation.

Il entre ensuite dans la colonne de rectification où la séparation de l'hydrogène et du tritium s'opère.

Le deutérium épuré retourne ensuite à l'échange catalytique en passant dans un bidon tampon de 10 m<sup>3</sup> destiné à limiter l'augmentation de pression dans les circuits lorsque l'ensemble du deutérium liquide se vaporise. (Pression limitée à 6 bars environ).

La petite colonne d'enrichissement du tritium est placée dans la boîte froide à côté de la colonne principale. Le soutirage du tritium produit s'effectue sous forme gazeuse et son stockage dans des bidons à une pression inférieure à la pression atmosphérique.

En tête de la colonne principale, on recueille un mélange de 80 % de HD et de 20 % de D<sub>2</sub>. Ce gaz est brûlé dans un brûleur et l'eau fournie (400 l/an) est conservée pour être retraitée dans une installation plus classique de distillation fractionnée d'eau lourde.

Un appoint de deutérium neuf est donc nécessaire pour compenser la perte de deutérium au niveau du brûleur.

## C) Circuit frigorifique

La liquéfaction du deutérium est assurée par un circuit frigorifique d'hélium qui comprend un compresseur à deux étages, un certain nombre d'échangeurs récupérateurs de frigories, et une turbine de détente.

## D) Implantation

Pour diverses raisons, cette installation a été implantée à l'extérieur du réacteur dans un bâtiment conçu à son usage. En effet, à cause du volume important de

deutérium mis en oeuvre (80 Nm<sup>3</sup> environ) des conditions de sécurité rigoureuses ont été appliquées : appareillages électriques pressurisés, conduite de l'installation très automatisée, détection des fuites de tritium et de deutérium, ventilation importante des

locaux etc ....

Cette installation, est la première réalisation existante destinée à répondre à la double fonction de détritiation et de reconcentration de l'eau lourde.