

CIRCUIT SECONDAIRE

POSTE D'EAU

1.1.1. La turbine

Les différences fondamentales entre les turbines nucléaires et classiques proviennent essentiellement des différences de qualité de la vapeur.

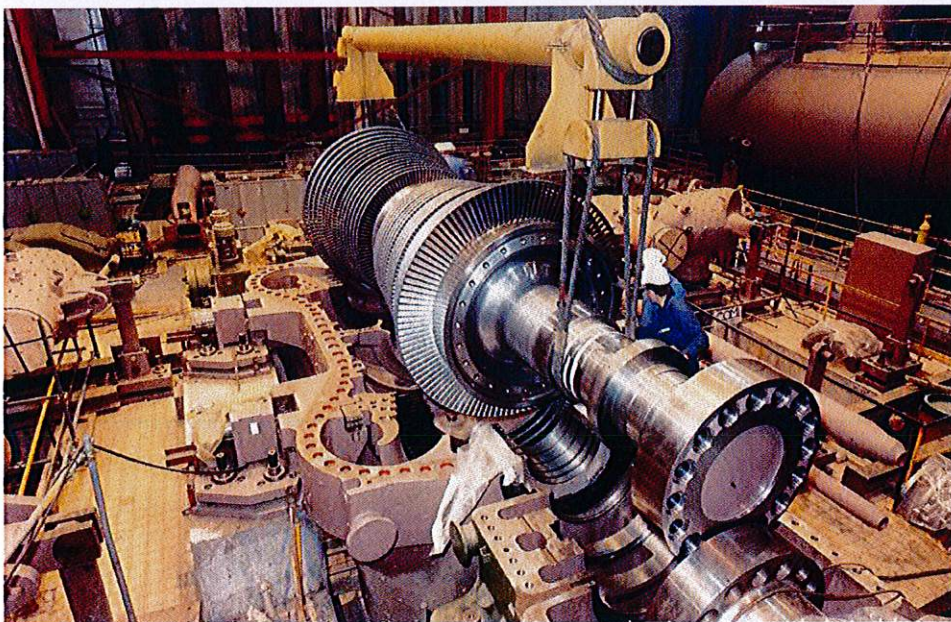
Les problèmes de construction sont liés d'une part à la détente en vapeur humide qui provoque des phénomènes d'érosion et de corrosion, d'autre part à l'importance du débit de vapeur.

A puissance égale, le débit de vapeur est de l'ordre de 2 fois celui d'un cycle classique, ceci impose des sections d'échappement variant dans le même rapport. L'augmentation de la section d'échappement conduit à augmenter le diamètre des corps BP. La hauteur des dernières aubes mobiles impose de limiter la vitesse de rotation de la turbine à 1500 tr/min.

L'élimination de l'eau se fait par deux moyens :

- **à l'extérieur de la turbine** dans des séparateurs-surchauffeurs situés à l'échappement du corps HP ; les surchauffeurs alimentés en vapeur vive confèrent à la vapeur entrant dans les corps BP une surchauffe de 50°C environ,
- **à l'intérieur de la turbine**, certaines aubes mobiles possèdent des rainures usinées parallèlement au bord d'attaque, qui piègent les gouttelettes et les centrifugent sur le stator ; celui-ci est pourvu de chambres périphériques qui drainent l'eau vers les soutirages.

TURBINE	
Type	Impulsion à plusieurs étages
Longueur turbine	56,1 m
Entrée HP :	
• Pression	69,5 bar
• Température	285,3°C
• Débit	1950 kg/s
Entrée BP :	
• Pression	10,1 bar
• Température	266,8°C
• Débit	433 kg/s



Rotor corps HP

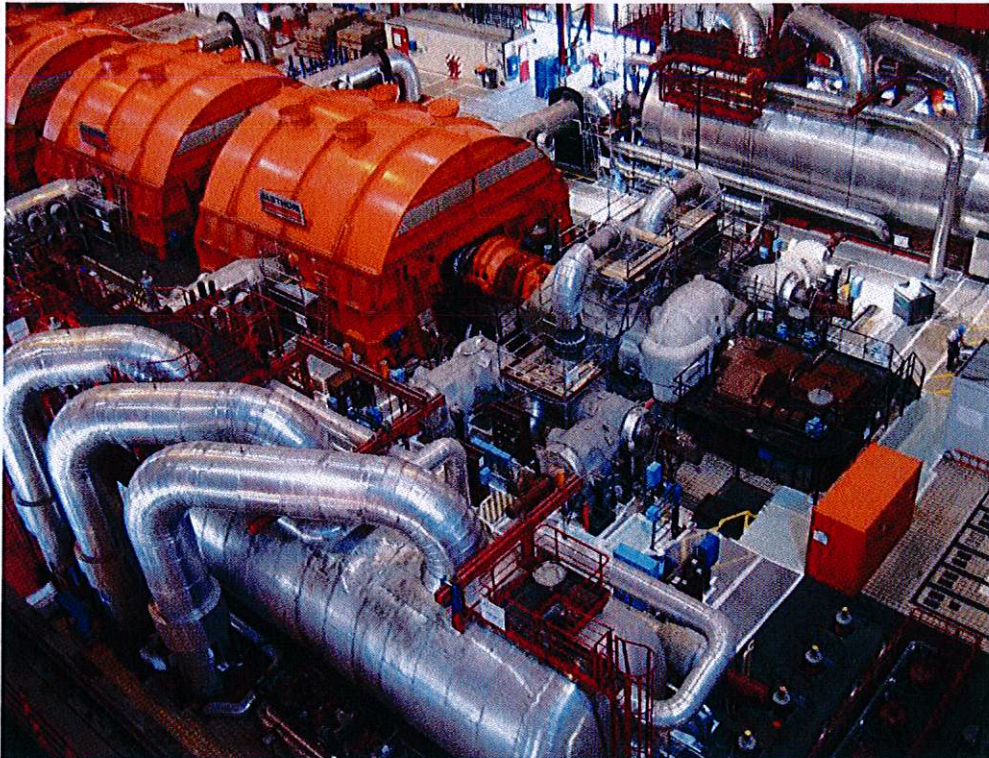
1.1.2. Les séparateurs-surchauffeurs

A la sortie du corps HP, la vapeur contient environ 10% d'humidité. On doit donc la sécher et la surchauffer avant de l'admettre dans le corps BP.

Ces deux opérations sont effectuées dans un même appareil, le sécheur-surchauffeur (au nombre de 2 pour le palier 1300 MWe).

L'élimination de l'humidité est réalisée par un étage séparateur constitué de grilles et de plaques disposées en chicanes. L'eau recueillie est évacuée à la bêche de recueil des purges des réchauffeurs HP.

La vapeur traverse ensuite un faisceau tubulaire où elle est surchauffée par de la vapeur vive dont les condensats sont évacués vers les réchauffeurs.



Séparateurs surchauffeurs de chaque côté du corps HP précédant les 3 corps BP



Séparateur surchauffeur GSS

1.1.3. Le condenseur

Le principal rôle du **condenseur** est de condenser la vapeur sortant de la turbine au contact de tubes refroidis par circulation d'eau froide. L'eau de circulation emporte une quantité de chaleur qui est perdue. Les condensats de la vapeur sont renvoyés dans le Générateur de Vapeur où ils se vaporisent à nouveau.

Les **pompes d'extraction (CEX)** permettent la reprise de l'eau condensée et l'alimentation de la bache dégazante (ADG) après passage dans les réchauffeurs BP.

Le **condenseur** (cf. **Figure 2**) assure le dégazage complet de la vapeur, de l'appoint d'eau et des condensats. Il est dimensionné pour recevoir 81% du débit nominal en vapeur vive (contournement).

Les épis du faisceau tubulaire sont conçus pour éviter au maximum le contact entre les incondensables et l'eau condensée. Le faisceau est divisé en plusieurs épis, chacun étant muni d'une aspiration d'air.

Le puits du condenseur est réalisé de façon à maintenir la température de l'eau à la température de saturation pour éviter son regazage.

L'extraction d'air est assurée par des pompes à vide et des éjecteurs.

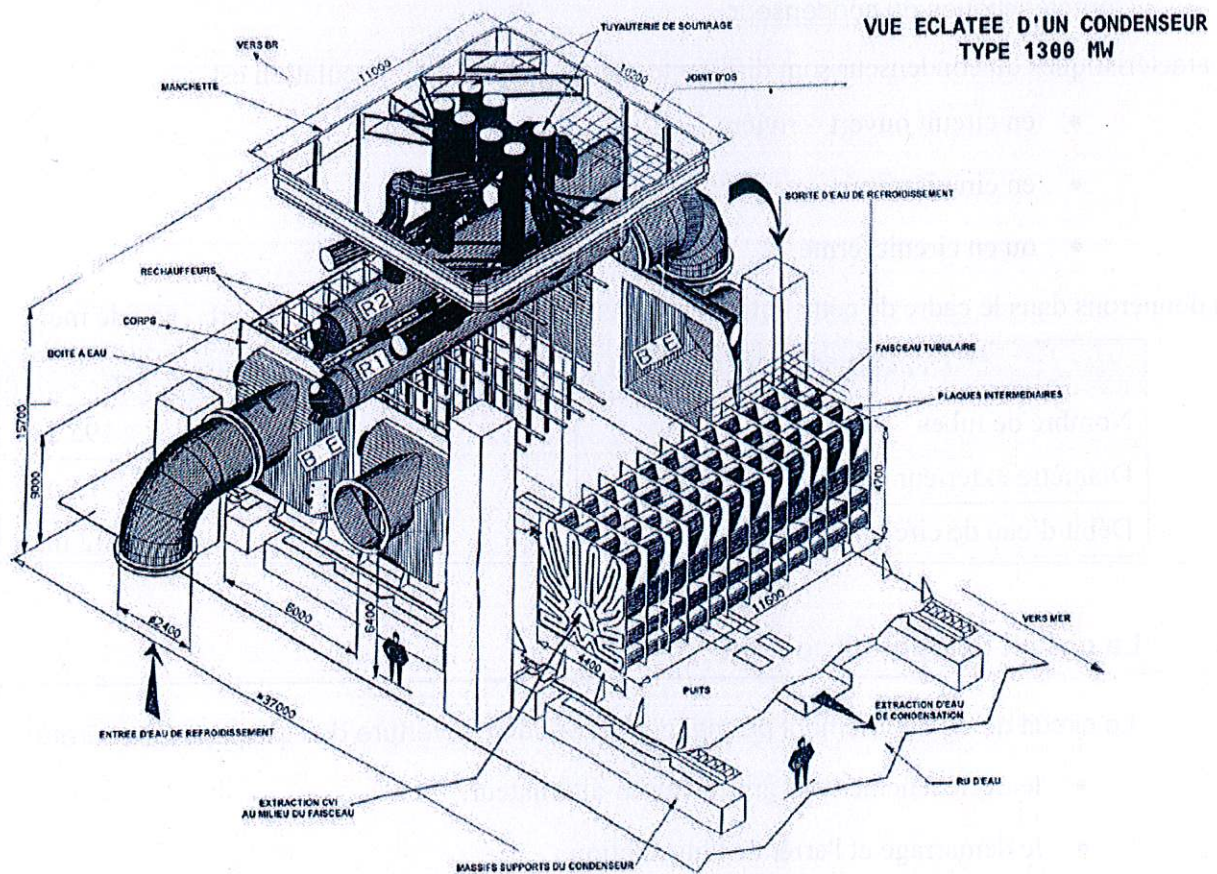
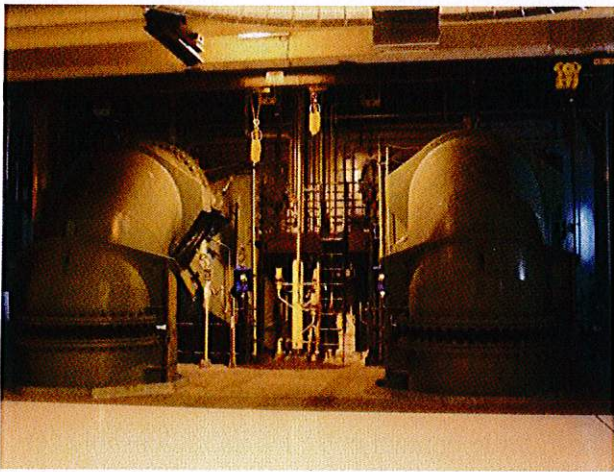


Figure 2 : Vue éclatée d'un condenseur type 1300 MWe



Tuyauteries de sortie de l'eau de circulation du condenseur et plaque tubulaire condenseur

Caractéristiques du condenseur

Les caractéristiques du condenseur sont différentes selon que l'eau de circulation est :

- en circuit ouvert – rivière,
- en circuit ouvert – eau de mer,
- ou en circuit fermé.

Nous donnerons dans le cadre de cette notice des valeurs relatives à un circuit ouvert – eau de mer.

CONDENSEUR – CIRCUIT OUVERT - EAU DE MER	
Nombre de tubes	95 208
Diamètre extérieur	17 mm
Débit d'eau de circulation	42 m ³ /s

1.1.4. Le circuit de contournement

Le circuit de contournement permet d'assurer sans ouverture des soupapes de sûreté :

- le déclenchement du groupe turbo-alternateur,
- le démarrage et l'arrêt de l'installation.

Les soupapes sont à ouverture rapide et la capacité totale est de 81% du débit maximal de vapeur.

Les soupapes du contournement vapeur sont verrouillées par manque de vide au condenseur ; dans ce cas on utilise la décharge vapeur à l'atmosphère.

Afin d'éviter que l'ouverture intempestive d'une soupape entraîne un refroidissement sensible de l'eau primaire, on met 14 soupapes en parallèle, chacune ayant un débit limité à 600 t/h.

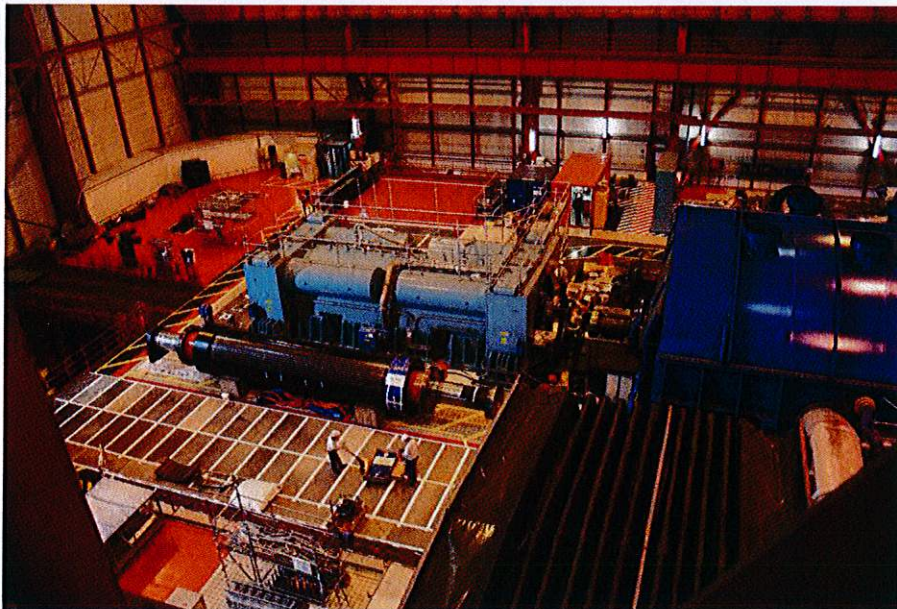
Les caissons de détente du contournement sont intégrés au condenseur. Seule la moitié du débit peut être désurchauffée.

1.1.5. L'alternateur

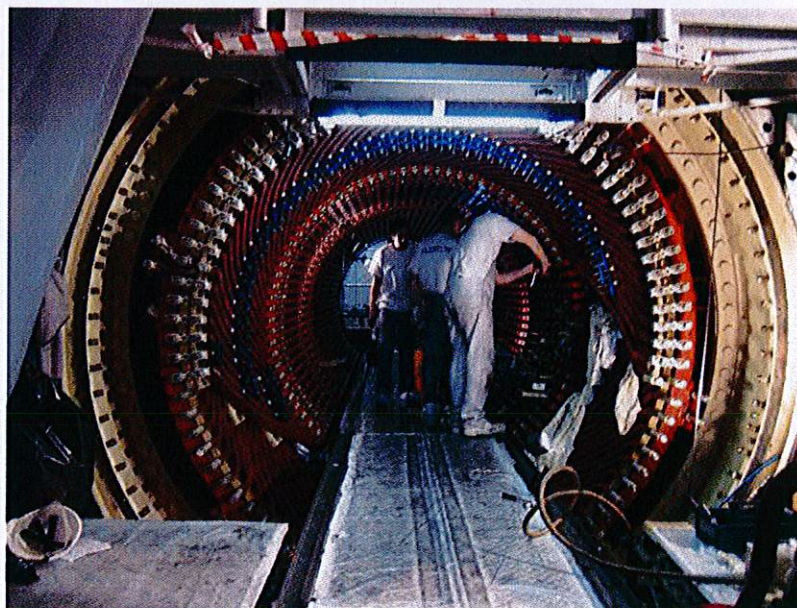
La principale particularité de l'alternateur est de tourner à 1500 tr/min ce qui impose 4 pôles et entraîne une augmentation de la masse du rotor (240 t).

Caractéristiques de l'alternateur :

ALTERNATEUR	
Puissance active	1485 MW
Puissance apparente	1650 MVA
Cos Φ	0,9
Tension de sortie	20 kV
Intensité du stator	47,63 kA
Masse du rotor	240 t
Masse total de l'alternateur	745 t



Rotor alternateur



Stator alternateur

1.2. POSTE DE RECHAUFFAGE (POSTE D'EAU)

L'alimentation en eau secondaire des générateurs de vapeur et le réchauffage de cette eau sont assurés en marche normale par :

- trois pompes d'extraction,
- trois lignes de 3 réchauffeurs BP,
- deux turbo-pompes alimentaires,
- deux lignes de 2 réchauffeurs HP.

Le poste de réchauffage ressemble à ceux des centrales classiques.

Les pompes d'extraction refoulent dans la partie BP du poste de réchauffage qui comporte 3 files.

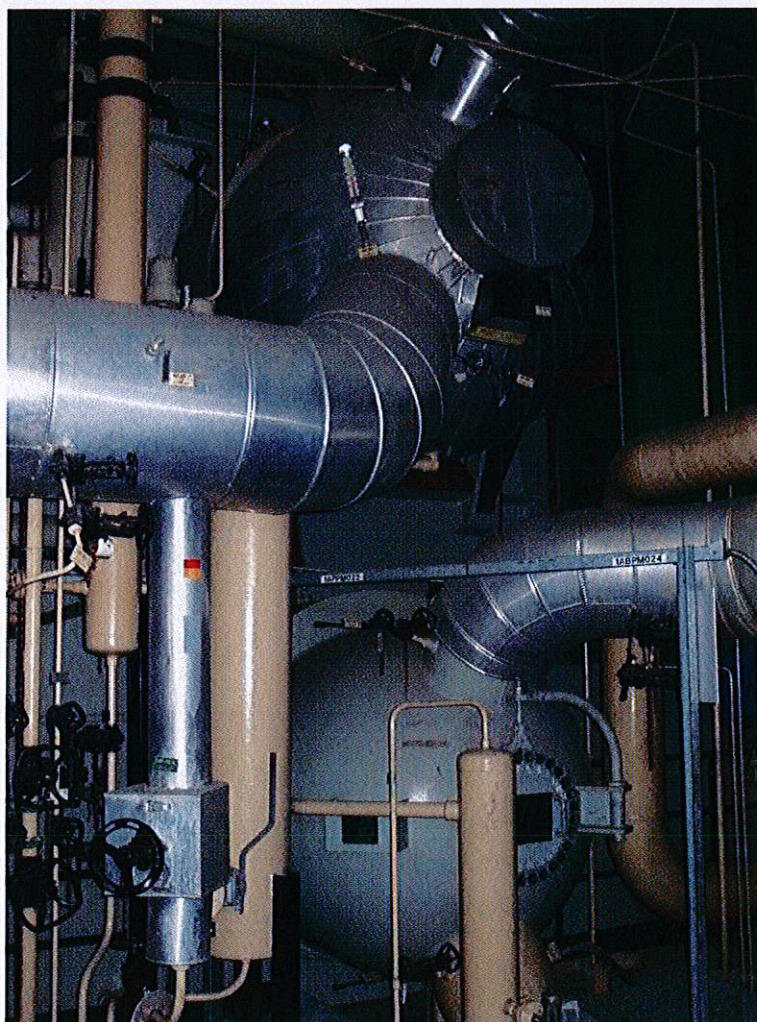
1.2.1. Poste basse pression (BP)

Chaque file comprend un refroidisseur de purge, 3 réchauffeurs en parallèle (les réchauffeurs 1, 2, 3)

Les réchauffeurs R1 et R2 sont disposés en manchettes (dans le condenseur) et superposés. Ils sont non isolables côté vapeur, côté eau, ce sont des réchauffeurs secs.

Sur le réchauffeur R1, les condensats sont envoyés directement au condenseur par l'intermédiaire d'un tube en U.

Sur le réchauffeur R2, les condensats sont envoyés par gravité vers la bêche de reprise des condensats BP.



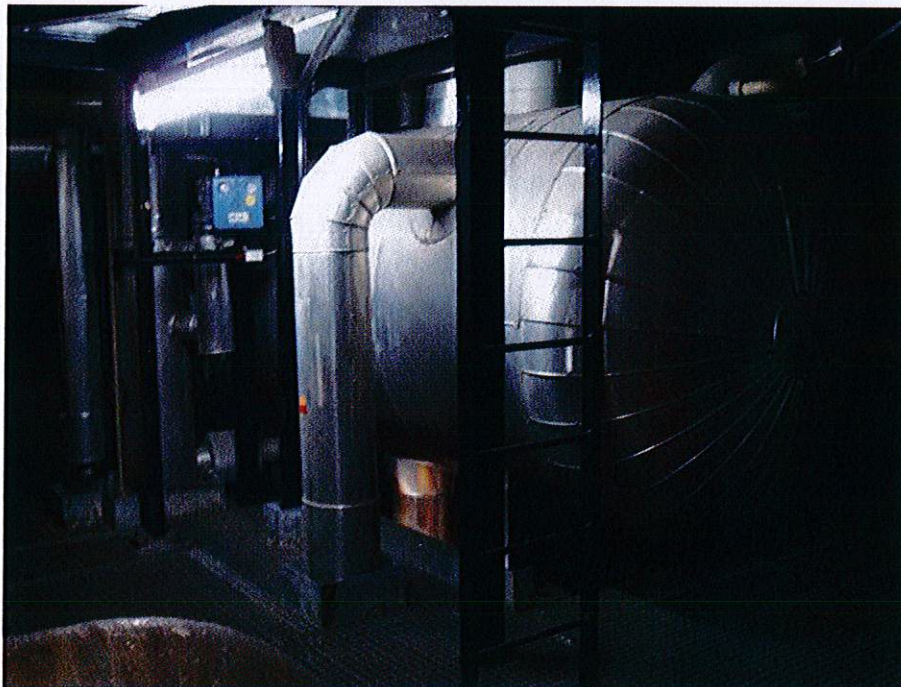
Réchauffeurs ABP 101 et 102 RE

Le réchauffeur R3, horizontal, en dehors du condenseur, refroidisseur de condensats incorporés. Les condensats sont évacués vers la bache de reprise des condensats BP.



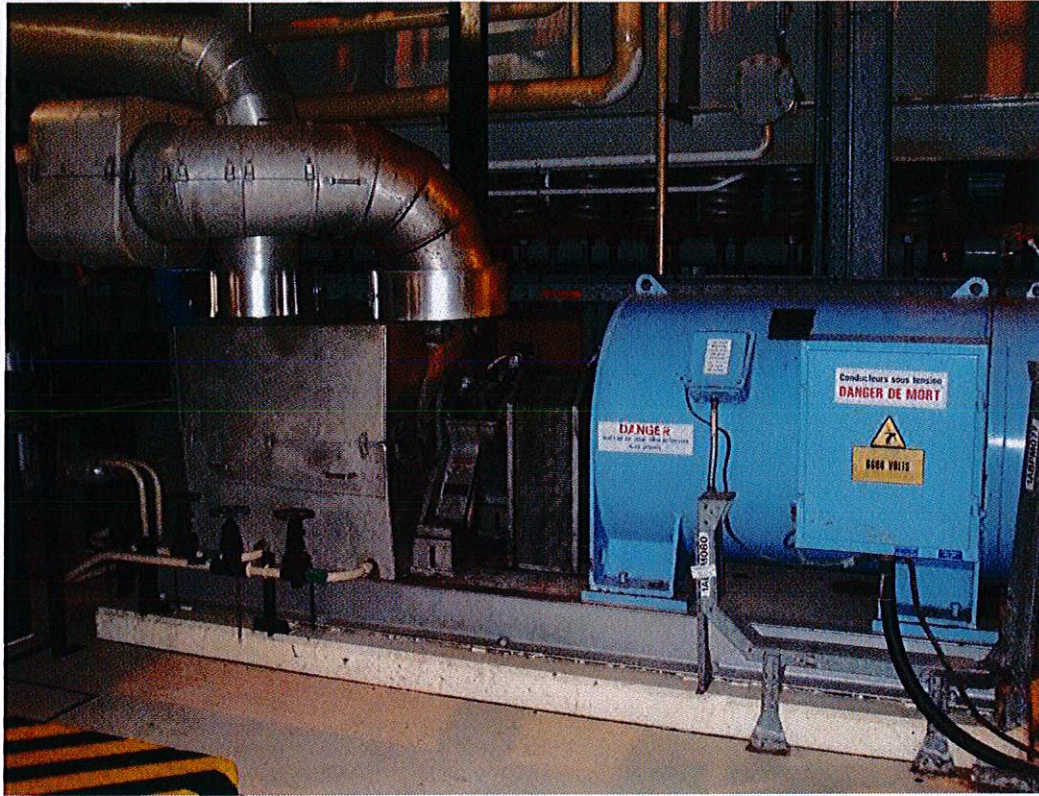
Réchauffeur ABP 301 RE

Les purges du R3 et du R2 sont envoyés dans le ballon de reprise des condensats du poste BP (BRCBP) pour le P'4, RCS R3 et R2 pour le P4.



Ballon de reprise des condensats ABP 321 BA

Les condensats sont renvoyés par l'intermédiaire d'une pompe à l'amont du réchauffeur 3 où ils se mélangent avec l'eau alimentaire pour le P'4 (voir **Figure 3**), ils sont renvoyés vers CEX pour le P4).



Pompe de reprise des condensats ABP 002 PO (P'4)

On trouve, après le poste de réchauffage BP, la bêche alimentaire et son dégazeur qui alimente 2 turbo-pompes alimentaires (TPA).

1.2.2. Dégazage

Le rôle de la bêche ADG et du dégazeur est de :

- dégazer l'eau d'alimentation des GV,
- réchauffer l'eau d'extraction en provenance du poste BP,
- assurer une mise en charge suffisante à l'aspiration des TPA,
- absorber les variations de volume de l'eau du poste d'eau (et réserve d'eau),
- participer au contournement vapeur du condenseur vapeur du groupe turboalternateur.

C'est un dégazeur classique, il fonctionne à ruissellement et barbotage. Dimensionné pour obtenir une teneur de l'eau alimentaire en oxygène inférieure à 100 µg/l au démarrage (charge < 10%) et inférieure à 5 µg/l dans les autres cas.

L'eau d'extraction arrivant au dégazeur est pulvérisée et traverse à contre-courant la vapeur de réchauffage.

Un circuit de ventilation évacue les incondensables vers le condenseur.

La bêche alimentaire recueille l'eau d'extraction dégazée, et est située sous le dégazeur.

Son niveau est régulé et est croissant avec la charge, alors que celui du condenseur est régulé à niveau constant.



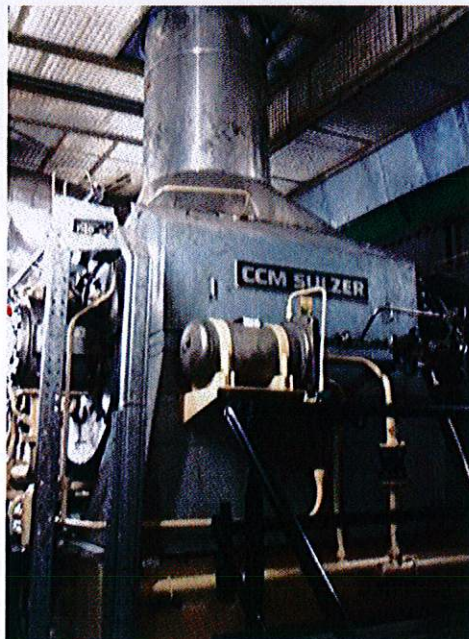
Bâche alimentaire et son dégazeur

1.2.3. Turbo-pompes alimentaires (TPA)

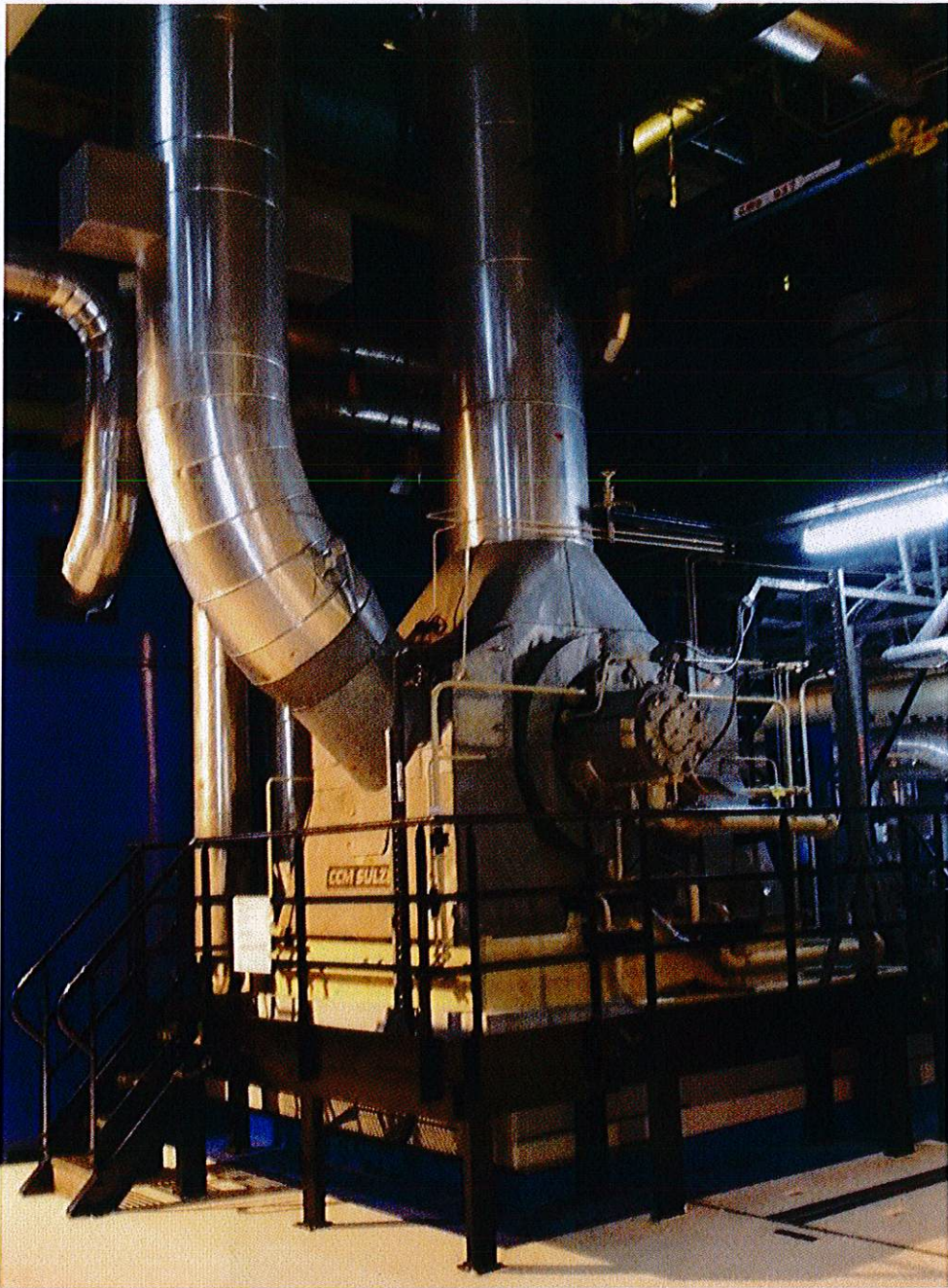
La montée en pression pour alimentation des générateurs de vapeur est réalisée en deux étapes :

- pompes d'extraction,
- pompes alimentaires qui sont des turbo-pompes.

Le réglage du débit d'eau d'alimentation est réalisé par variation d'ouverture des vannes alimentaires situées au refoulement des turbo-pompes. Une action sur la vitesse des turbo-pompes est également prévue pour faire travailler ces vannes alimentaires dans de bonnes conditions.



Turbo-pompe alimentaire (TPA) pompe alimentaire



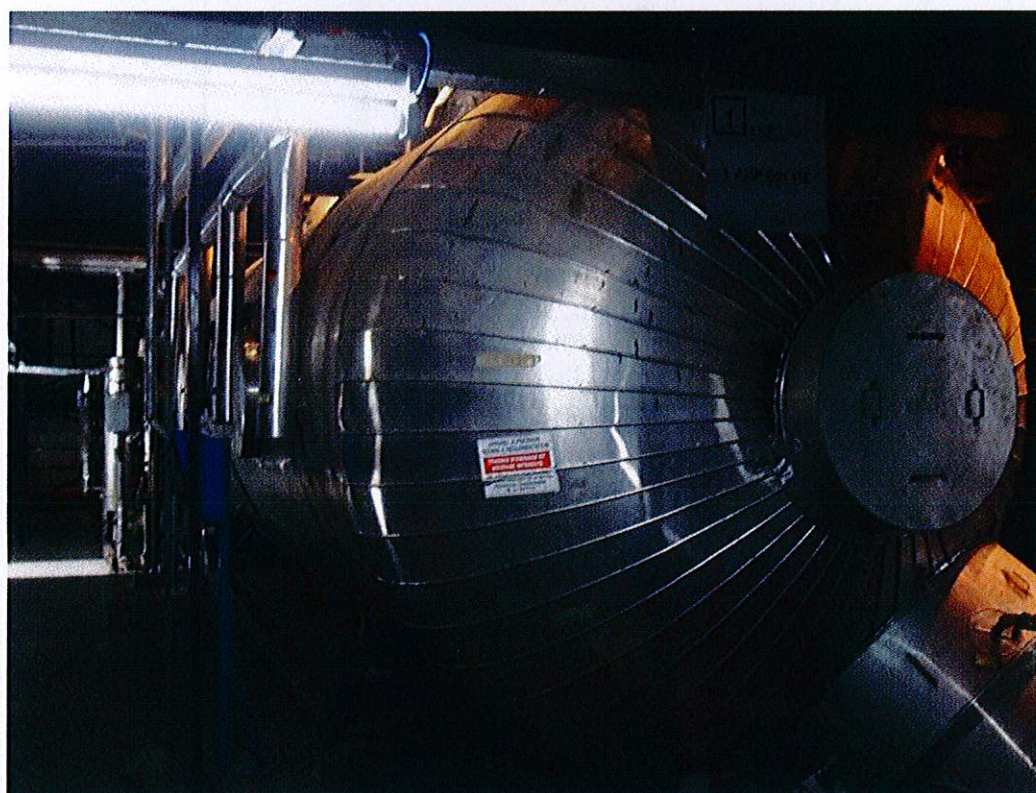
Turbo-pompe alimentaire (TPA) pompe nourricière

1.2.4. Poste haute pression (HP)

Le poste de réchauffage HP est constitué de 2 files en parallèle qui comprennent les réchauffeurs 5 et 6.



Réchauffeur HP AHP 502 RE



Réchauffeur HP AHP 601 RE

Les purges des séparateurs, des réchauffeurs 5 et 6 sont reprises par la bêche ADG ou le condenseur en secours.

Le fonctionnement normal du poste de réchauffage est : 2 turbo-pompes alimentaires, 2 pompes d'extraction, 1 pompe de reprise de purge en service, les 2 files de réchauffage étant en service.

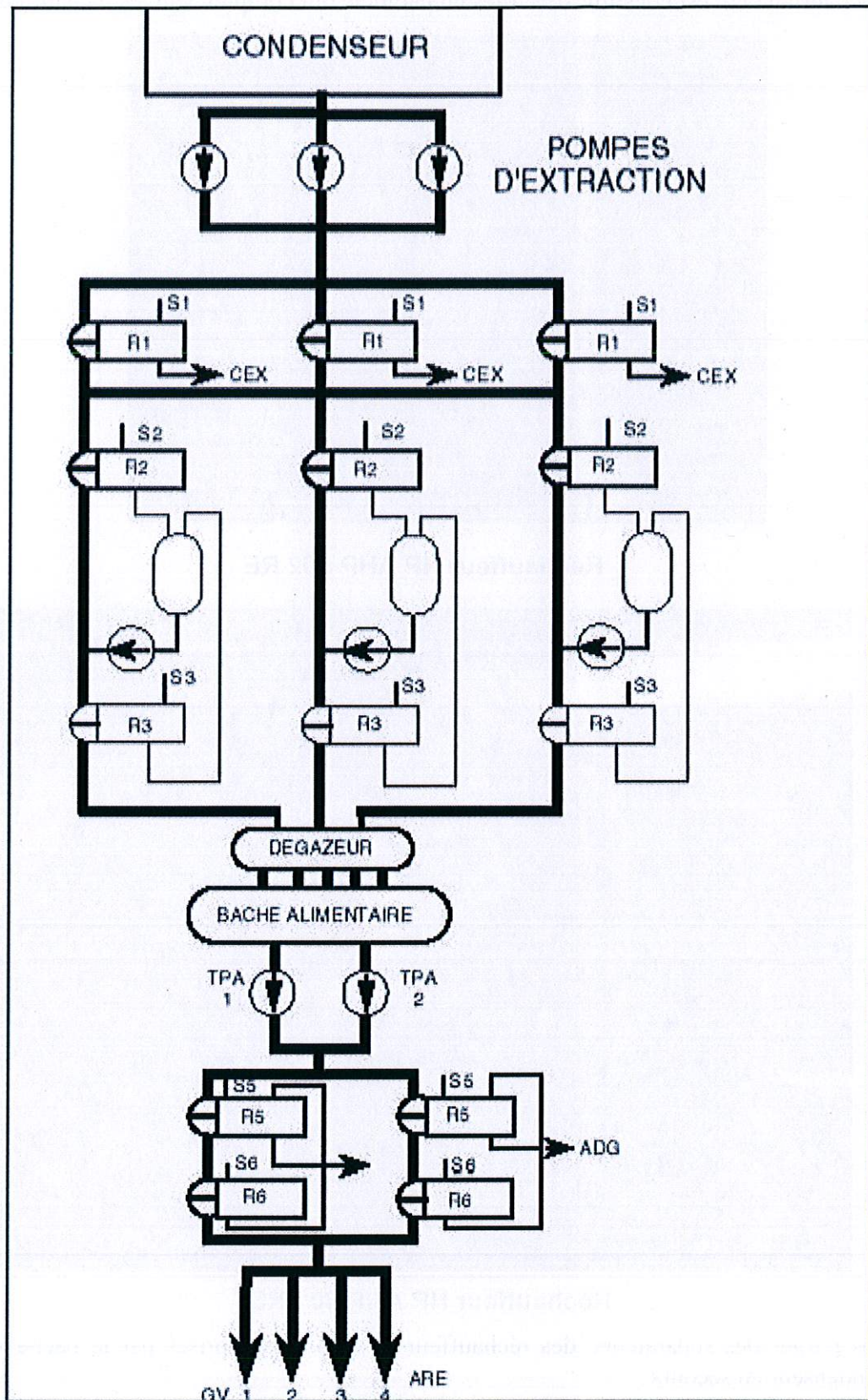


Figure 3 : Schéma général simplifié P'4