

**DÉPARTEMENT DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
UNIVERSITÉ DE KANTGOWRONG**

**MANUEL D'UTILISATION ET D'INSPECTION
ET MANUEL D'ENTRETIEN
RÉACTEUR NUCLÉAIRE ÉNERGÉTIQUE NR-1001**

SEPTEMBRE 1972

XCM 201

MANUEL D'UTILISATION
RÉACTEUR NR-1001

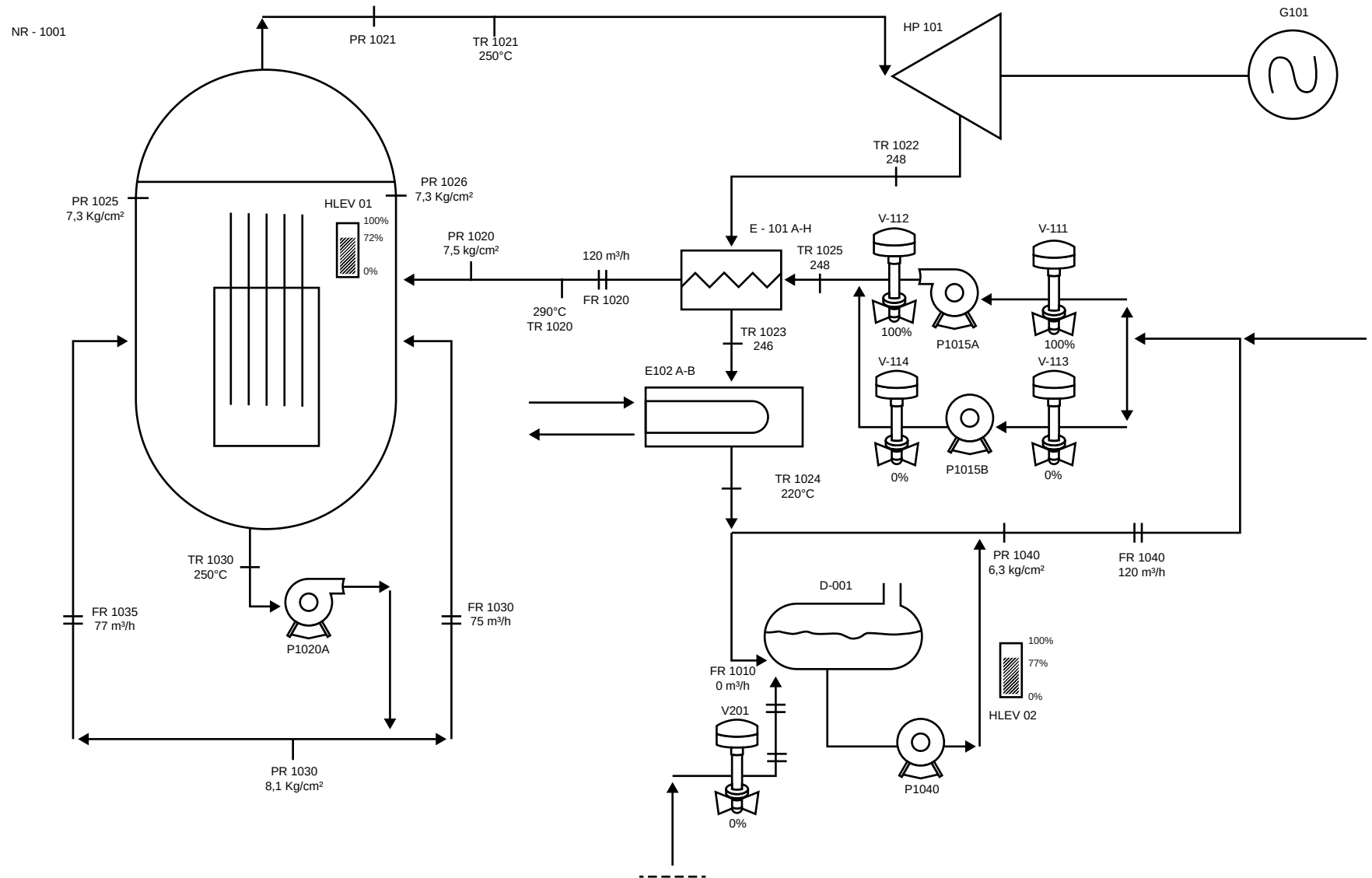
DÉPARTEMENT DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
UNIVERSITÉ DE KANTGOWRONG

RÉVISION : SEPTEMBRE 1972

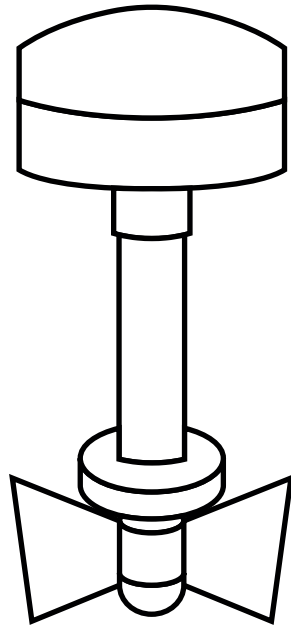
INDICE

	<u>page</u>
CHAPITRE I	
AVERTISSEMENTS ET POLITIQUES DE L'ENTREPRISE...	3
CHAPITRE II	
CARTE CENTRALE.....	4
CHAPITRE III	
FONCTIONNEMENT DES COMPOSANTS	
1. Vanne.....	5
2. Pompe.....	6
3. Débitmètre.....	7
4. Manomètre.....	8
5. Échangeur de chaleur.....	9
6. Détecteur de niveau.....	10
7. Accumulateur.....	11
8. Turbine.....	12
9. Générateur/alternateur.....	13
CHAPITRE IV	
DOMAINES	
1. Réacteur.....	14
2. Barres de contrôle.....	15
2. Générateur de courant.....	16
3. Récupération de chaleur.....	17
4. Condensation.....	18
5. Eau de circulation circuit de pompage.....	19
CHAPITRE V	
LISTES DES COMPOSANTS	
Capteurs de température.....	20
Capteurs de pression.....	21
Capteurs de débit.....	22
Niveaux / Pompes.....	23
Vannes.....	24

CARTE CENTRALE



VANNE



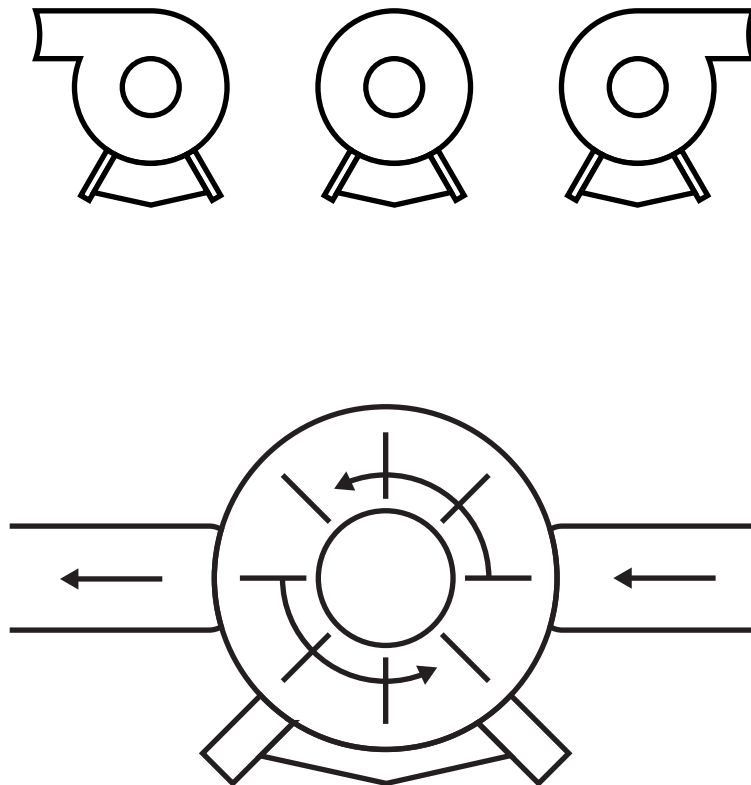
Code: **V**

La vanne est un dispositif mécanique essentiel permettant de réguler, d'initier, d'interrompre ou de dévier l'écoulement d'un fluide dans une installation. Dans une centrale nucléaire, les vannes jouent un rôle crucial pour garantir la sécurité, l'efficacité et le contrôle des différents circuits. Elles peuvent être installées dans les circuits primaires (qui transportent le fluide caloporteur du réacteur aux générateurs de vapeur), dans les circuits secondaires (qui acheminent la vapeur vers les turbines), dans les systèmes de refroidissement d'urgence et dans les installations auxiliaires.

Les vannes peuvent être actionnées manuellement ou automatiquement, au moyen d'actionneurs électriques, pneumatiques ou hydrauliques, commandés par des capteurs ou des opérateurs en salle de contrôle. Certaines vannes sont conçues pour réagir de manière autonome à des conditions critiques, comme une surpression ou des variations soudaines de température, en s'activant pour protéger l'intégrité de l'installation. Il en existe différents types : les vannes à guillotine, adaptées à l'ouverture et à la fermeture totales ; les vannes à soupape, utilisées pour réguler précisément le débit ; les vannes à bille et les vannes papillon, appréciées pour leur rapidité de manœuvre. Chaque type possède des caractéristiques spécifiques en fonction du fluide, de la pression de fonctionnement et de la fonction à remplir.

Les vannes doivent faire l'objet d'un entretien régulier et d'inspections rigoureuses pour garantir leur bon fonctionnement. Une panne de vanne peut compromettre l'équilibre du système et, dans certains cas, mettre en danger la sécurité de l'installation. C'est pourquoi leur état est constamment surveillé et enregistré dans les systèmes de contrôle.

POMPE



Code: P

La pompe est un dispositif mécanique conçu pour déplacer un fluide d'un point à un autre du système, en augmentant sa pression pour le faire circuler à travers les circuits. Dans une centrale nucléaire, les pompes jouent un rôle central : elles assurent le flux constant de l'eau ou d'autres fluides dans les systèmes de refroidissement, dans les circuits primaires et secondaires, ainsi que dans les installations auxiliaires.

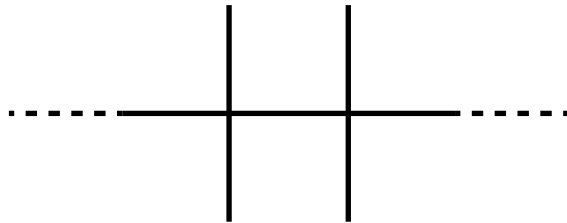
Dans le circuit primaire, par exemple, les pompes de refroidissement sont responsables du transport continu de l'eau sous haute pression du réacteur vers les générateurs de vapeur. Ce flux permet d'absorber la chaleur produite par le cœur du réacteur et de la transférer au circuit secondaire, sans qu'il y ait de contact direct entre l'eau radioactive et la vapeur qui fait tourner la turbine.

Les pompes doivent fonctionner de manière continue et fiable, même dans des conditions extrêmes de température et de pression. Elles sont généralement alimentées par de puissants moteurs électriques et conçues avec des redondances : chaque pompe critique dispose d'une ou plusieurs unités de secours prêtes à prendre le relais en cas de défaillance. Il existe également des pompes d'urgence dans les systèmes de sécurité, activées automatiquement en cas d'accident ou de coupure de courant, pouvant être alimentées par des générateurs indépendants.

Il existe différents types de pompes, notamment les pompes centrifuges, qui utilisent la force centrifuge pour pousser le fluide vers l'extérieur et le faire circuler dans les tuyauteries, et les pompes volumétriques, plus précises, utilisées lorsqu'il est nécessaire de déplacer des quantités exactes de liquide.

La surveillance des pompes est constante. Des capteurs dédiés mesurent des paramètres tels que la pression, la température, les vibrations et le débit, afin de détecter à l'avance des signes d'usure ou de dysfonctionnement. La maintenance préventive est essentielle : une pompe hors service peut compromettre l'ensemble du système de refroidissement et représenter un risque pour la sécurité de l'installation.

DÉBITMÈTRE



Code: **FR**

Le débitmètre est un instrument utilisé pour déterminer la quantité de fluide traversant une section de tuyauterie pendant un intervalle de temps donné. Dans une centrale nucléaire, le débit est un paramètre fondamental pour le contrôle et la sécurité du système, car il permet de vérifier si les fluides – comme l’eau du circuit primaire, la vapeur du secondaire ou les liquides de refroidissement – circulent avec la vitesse et le volume prévus.

Un flux correct garantit que la chaleur générée par le cœur du réacteur est transférée et dissipée de manière efficace. Un débit trop faible peut indiquer un problème, comme une obstruction, un dysfonctionnement des pompes ou une fuite. À l’inverse, un débit excessif peut engendrer des pressions

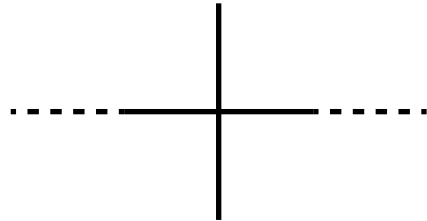
anormales et des contraintes mécaniques sur les structures. La surveillance continue du débit est donc essentielle pour maintenir l’installation dans des conditions d’exploitation sûres et stables.

Il existe différents types de débitmètres utilisés dans les centrales nucléaires, chacun ayant des caractéristiques adaptées à des conditions de fonctionnement spécifiques. Les plus courants incluent les débitmètres à différence de pression (tels que les orifices, les tubes de Venturi ou les débitmètres à diaphragme), qui calculent le débit en fonction de la différence de pression créée par le passage du fluide à travers une restriction. D’autres modèles utilisent des technologies ultrasoniques ou électromagnétiques, offrant des lectures précises sans pièces mobiles – idéales dans des environnements à haute température ou avec des fluides radioactifs.

Le débitmètre est relié aux systèmes de contrôle de l’installation et transmet des données en temps réel à la salle de commande. Les variations de débit sont enregistrées, analysées et, si nécessaire, déclenchent des alarmes ou des interventions automatiques pour corriger l’anomalie. Dans certains cas, des systèmes redondants sont prévus, c’est-à-dire plusieurs débitmètres installés sur la même section de tuyauterie, afin de permettre la comparaison des mesures et d’augmenter la fiabilité globale.

L’entretien et l’étalonnage périodique des débitmètres sont indispensables pour assurer la précision des mesures dans le temps. Une lecture incorrecte peut compromettre l’équilibre thermique de l’ensemble du système et, dans les pires cas, entraîner des conditions d’exploitation dangereuses. Pour cette raison, le personnel technique vérifie en permanence les performances de ces instruments et intervient rapidement en cas de dérive ou de panne.

MANOMÈTRE



Code: **PR**

Le manomètre est un instrument essentiel pour la surveillance des fluides au sein des différents systèmes d'une centrale nucléaire. La pression est un paramètre critique, car elle influence directement la sécurité, l'efficacité et l'intégrité mécanique de l'installation. Contrôler la pression dans les circuits primaire et secondaire, les réservoirs, les générateurs de vapeur et les systèmes auxiliaires permet de détecter rapidement les anomalies, de prévenir les dommages structurels et de garantir un fonctionnement dans les limites de conception.

Les manomètres détectent la force exercée par le fluide sur les surfaces internes du système. Ces dispositifs sont installés à des points stratégiques et transmettent des

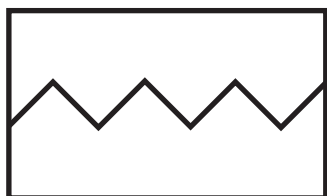
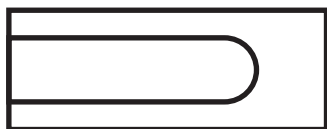
relevés continus aux systèmes de contrôle, où les données sont comparées aux valeurs attendues. En cas d'écarts significatifs, le système peut déclencher des alarmes, ajuster l'ouverture des vannes ou activer des procédures d'urgence. Parmi les technologies les plus utilisées figurent les transducteurs de pression, qui transforment la pression en un signal électrique proportionnel. D'autres instruments utilisent des éléments mécaniques déformables, comme les tubes de Bourdon, les membranes ou les capsules élastiques, pour mesurer la pression de manière directe. Dans les systèmes modernes, les capteurs numériques offrent une grande précision et sont conçus pour résister à des conditions extrêmes de température, de rayonnement et de vibrations.

Le manomètre est fondamental, par exemple, dans le circuit primaire, où l'eau est maintenue sous très haute pression pour éviter son ébullition, même à des températures supérieures à 300 °C. Une perte de pression dans ce circuit peut indiquer une fuite de liquide de refroidissement, une rupture ou une défaillance de pompe. Dans le circuit secondaire, en revanche, la pression de la vapeur doit être contrôlée pour assurer un rendement optimal de la turbine et éviter les surpressions dans les générateurs.

L'étalonnage régulier des manomètres est obligatoire. Même de légères imprécisions peuvent compromettre la capacité du système à réagir correctement en situation critique. C'est pourquoi les capteurs sont testés et remplacés périodiquement, selon des protocoles stricts. De plus, dans les zones les plus sensibles de l'installation, des systèmes redondants sont souvent installés, permettant une vérification croisée des relevés.

Dans un environnement complexe comme celui d'une centrale nucléaire, le manomètre n'est pas seulement un instrument de mesure, mais une barrière de contrôle active, indispensable au fonctionnement sûr et stable de l'ensemble de l'installation.

ÉCHANGEUR DE CHALEUR



Code: **E**

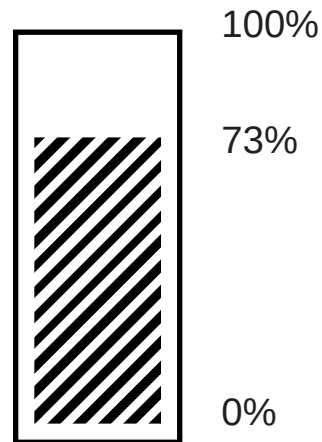
L'échangeur de chaleur est un composant fondamental dans les systèmes thermo-hydrauliques d'une centrale nucléaire. Sa fonction principale est de transférer l'énergie thermique d'un fluide chaud à un fluide plus froid sans qu'il y ait de contact direct entre les deux. Dans la majorité des réacteurs à eau pressurisée (REP), l'échangeur principal est le générateur de vapeur, qui transfère la chaleur du circuit primaire (eau radioactive) au circuit secondaire (eau non radioactive), produisant ainsi la vapeur qui alimente la turbine. Le principe de fonctionnement repose sur la conduction thermique à travers des surfaces métalliques : les tubes de l'échangeur séparent les deux fluides et permettent un transfert de chaleur contrôlé et efficace. L'eau à haute tempéra-

ture en provenance du réacteur circule à l'intérieur des tubes, tandis que l'eau du circuit secondaire passe à l'extérieur, absorbe la chaleur et se transforme en vapeur. Ce procédé permet de contenir la radioactivité dans le circuit primaire, maintenant le secondaire propre et sûr. La structure d'un échangeur de chaleur est conçue pour résister à des pressions et des températures très élevées, ainsi qu'à l'action corrosive de l'eau traitée chimiquement. Les matériaux doivent avoir une conductivité thermique élevée et de bonnes propriétés mécaniques. Les tubes sont souvent fabriqués en alliage de nickel ou en acier inoxydable afin d'assurer leur durabilité et leur fiabilité dans le temps. Le bon fonctionnement de l'échangeur de chaleur est essentiel pour l'efficacité globale de la centrale. Si sa capacité de transfert thermique diminue – en raison d'entartrage, de dommages aux tubes ou de fuites –, la production de vapeur s'en trouve réduite, et le système de refroidissement du réacteur peut être compromis. C'est pourquoi l'échangeur est équipé d'instruments de surveillance et soumis à des contrôles périodiques, tels que des inspections visuelles, des tests d'étanchéité et des analyses de performances thermiques.

Un endommagement des parois internes pourrait provoquer un contact direct entre les deux fluides, avec un risque de contamination radioactive du circuit secondaire. Dans ce cas, des procédures d'isolement et de vidange sont mises en œuvre, suivies d'interventions techniques spécialisées. La présence de systèmes redondants et de vannes d'isolement permet de limiter rapidement toute conséquence opérationnelle ou environnementale.

L'échangeur de chaleur représente donc un point névralgique du cycle thermique de la centrale. Son efficacité et son intégrité structurelle sont des éléments clés pour le rendement énergétique de l'installation et pour sa sécurité globale.

DÉTECTEUR DE NIVEAU



Code: **HLEV**

Le détecteur de niveau est un appareil essentiel pour contrôler le volume de fluide contenu dans les réservoirs, citernes et générateurs de vapeur d'une centrale nucléaire. En particulier, le niveau d'eau dans les systèmes de refroidissement et dans le générateur de vapeur doit être maintenu constamment dans des limites opérationnelles précises afin de garantir la sécurité et l'efficacité de l'installation. Une variation anormale peut indiquer une fuite, un dysfonctionnement des pompes, un blocage dans les lignes ou une erreur dans les systèmes de contrôle.

Dans le générateur de vapeur, par exemple, le niveau d'eau doit être suffisamment élevé pour permettre l'absorption de la chaleur provenant du circuit primaire, mais pas trop élevé

pour ne pas compromettre la formation de vapeur ou le fonctionnement de la turbine. Un niveau trop bas peut provoquer une surchauffe et endommager la tuyauterie, tandis qu'un niveau trop élevé risque d'envoyer de l'eau liquide dans la turbine, compromettant son intégrité.

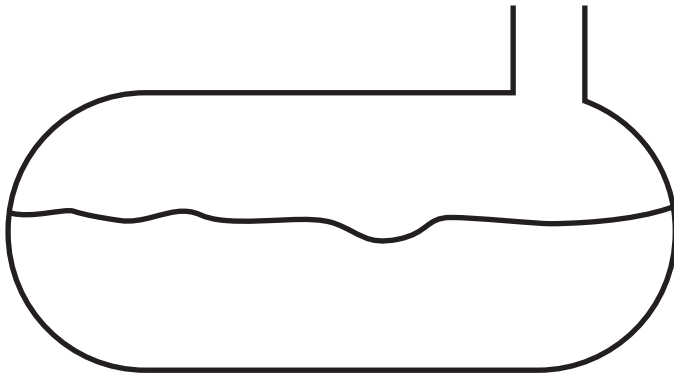
Les détecteurs de niveau peuvent fonctionner grâce à différentes technologies. Parmi les systèmes les plus répandus figurent les transducteurs de pression différentielle, qui mesurent la variation de pression hydrostatique du fluide. D'autres dispositifs reposent sur des principes optiques, capacitifs, à ultrasons ou radar, permettant une mesure sans contact direct, idéaux dans les environnements à haute température ou radioactifs. Parfois, des indicateurs visuels à flotteur sont également utilisés, mais uniquement dans les circuits secondaires ou réservoirs de service.

Les capteurs sont connectés aux systèmes de supervision et de contrôle et transmettent des relevés en temps réel. En cas de variations anormales, le système peut déclencher des alarmes, ajuster la vitesse des pompes ou réguler l'ouverture des vannes pour rétablir le niveau correct. Les valeurs seuils sont définies lors de la conception et vérifiées lors d'exercices et de maintenances programmés.

Un aspect essentiel est la redondance : dans les zones critiques, comme les générateurs de vapeur ou les réserves d'eau boratée, plusieurs capteurs indépendants sont installés pour garantir le fonctionnement continu même en cas de défaillance d'un appareil. La concordance entre les signaux reçus est constamment contrôlée, et en cas de divergences, un diagnostic automatique est déclenché.

Le détecteur de niveau n'est pas seulement un instrument de lecture : il fait partie intégrante de la logique de contrôle de l'installation. Il fournit des données essentielles qui influencent directement les décisions de régulation automatiques et manuelles. Son bon fonctionnement est assuré par des maintenances régulières, des calibrations précises et des tests fonctionnels conformément aux protocoles de sécurité nucléaire.

ACCUMULATEUR



Code: **D**

L'accumulateur est un réservoir de grande capacité utilisé pour le stockage sûr et contrôlé de liquides dans une centrale nucléaire. Plus précisément, les citernes peuvent contenir de l'eau de refroidissement, des solutions d'eau borée, des fluides de service ou, dans certains cas, des condensats provenant du circuit secondaire. Leur fonction principale est d'assurer la disponibilité constante des fluides nécessaires au fonctionnement et à la sécurité de l'installation, même en conditions exceptionnelles ou d'urgence.

Il existe plusieurs types d'accumulateurs dans une centrale : certains sont atmosphériques et non pressurisés, tandis que d'autres fonctionnent sous pression afin de maintenir les

caractéristiques physico-chimiques du fluide. La citerne d'eau borée, par exemple, est un élément crucial du système d'arrêt d'urgence du réacteur. En cas d'anomalie ou de besoin d'arrêt rapide, l'eau borée est injectée dans le circuit primaire pour absorber les neutrons et interrompre la réaction en chaîne.

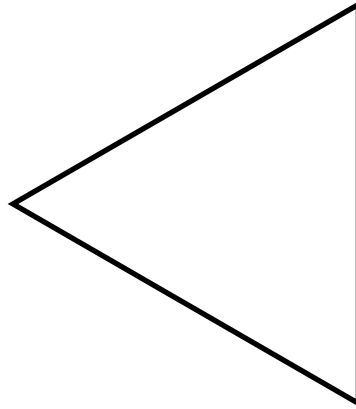
La structure de l'accumulateur est réalisée à partir de matériaux hautement résistants à la corrosion, comme l'acier inoxydable ou des alliages spéciaux, afin de garantir son étanchéité et sa durabilité. Les parois sont souvent isolées thermiquement ou protégées, selon le type de fluide contenu et le contexte d'exploitation. Le fond de la cuve est incliné ou équipé de conduits de vidange pour permettre une évacuation complète des liquides lors des phases de maintenance ou de vidange.

Chaque accumulateur est doté de capteurs de niveau, de température et de pression, connectés au système de supervision. Cela permet de surveiller en temps réel l'état du fluide et d'activer automatiquement les pompes ou les vannes associées. La présence de soupapes de sécurité et d'évents permet de gérer les surpressions ou anomalies thermiques éventuelles. En outre, certaines citernes sont reliées à des circuits de recirculation pour le traitement continu de l'eau - par déminéralisation, filtration ou ajout d'additifs chimiques.

Du point de vue de la sûreté, les accumulateurs sont considérés comme des composants à risque contrôlé. Pour cette raison, ils sont soumis à des inspections périodiques, des tests d'intégrité structurelle et des contrôles non destructifs comme les ultrasons ou les radiographies. Toute fuite ou dysfonctionnement doit être signalé immédiatement, et l'intervention doit suivre des protocoles spécifiques prévus par le plan d'urgence de l'installation.

Enfin, les accumulateurs jouent également un rôle important lors des phases de démarrage et d'arrêt du réacteur, lorsque de grandes quantités de fluide doivent être gérées de manière progressive et sûre. Leur bon usage contribue au maintien de l'équilibre thermique, au contrôle de la réactivité et à la protection de l'environnement contre toute contamination potentielle.

TURBINE



Code: **HP**

La turbine est l'un des éléments fondamentaux du système de conversion de l'énergie thermique en énergie mécanique au sein d'une centrale nucléaire. Sa fonction principale est de transformer l'énergie de la vapeur à haute pression et haute température, produite dans le générateur de vapeur, en énergie rotative, qui sera ensuite utilisée pour entraîner le générateur électrique. La turbine se trouve dans le circuit secondaire de la centrale, c'est-à-dire qu'elle n'entre jamais en contact direct avec les fluides radioactifs du circuit primaire, garantissant ainsi une plus grande sécurité d'exploitation et une maintenance facilitée. En général, les turbines utilisées dans le domaine nucléaire sont des turbines à vapeur composées de plusieurs sections : haute pression, moyenne pression et basse pression. La vapeur entre

d'abord dans la section haute pression, où une partie de son énergie est convertie en énergie mécanique. Elle traverse ensuite les autres sections, en perdant progressivement pression et température, jusqu'à atteindre le condenseur. Ce schéma multi-étagé permet de maximiser l'exploitation de l'énergie contenue dans la vapeur et d'augmenter le rendement global de la machine.

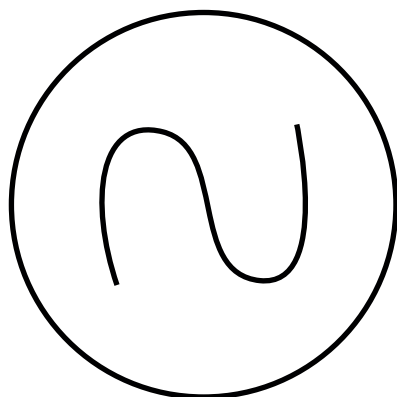
Les turbines sont constituées d'un rotor tournant à grande vitesse à l'intérieur d'un logement fixe (le stator), et de rangées d'aubes disposées en séquence, qui dirigent et accélèrent le flux de vapeur. Chaque étage de la turbine est conçu pour exploiter de manière optimale la différence de pression entre l'entrée et la sortie. Le contrôle de la turbine s'effectue via des vannes de régulation du débit, qui modulent la quantité de vapeur admise, permettant ainsi d'adapter la charge aux conditions de fonctionnement de la centrale.

Les turbines nucléaires sont soumises à des tolérances extrêmement strictes, tant en matière d'équilibrage mécanique que de résistance des matériaux aux sollicitations thermiques et mécaniques. Les composants internes fonctionnent à haute température et doivent résister à des cycles thermiques répétés, à des vibrations constantes et à d'importantes forces centrifuges. C'est pourquoi elles sont fabriquées à partir d'alliages métalliques spéciaux et font l'objet d'inspections fréquentes et d'une maintenance programmée.

Le fonctionnement régulier de la turbine est surveillé en permanence à l'aide de capteurs de vibration, de température, de pression et de vitesse, reliés aux systèmes de contrôle de la centrale. Toute variation anormale des paramètres de fonctionnement peut indiquer un problème mécanique ou une altération du flux de vapeur, nécessitant une intervention immédiate ou un arrêt contrôlé de la machine.

Enfin, la turbine est solidement couplée à l'alternateur, avec lequel elle forme l'arbre moteur du système de production d'électricité. L'ensemble turbine-générateur est installé dans une salle dédiée, équipée de systèmes d'insonorisation, de dispositifs de lutte contre l'incendie et de systèmes de sécurité pour la protection du personnel et de l'installation.

GÉNÉRATEUR/ ALTERNATEUR



Code: **G**

Le générateur, également appelé alternateur, est le composant chargé de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique au sein de la centrale nucléaire. Il est mécaniquement couplé à l'arbre de la turbine et fonctionne selon le principe de l'induction électromagnétique : lorsqu'un conducteur se déplace dans un champ magnétique, un courant électrique est généré. Dans une centrale nucléaire, ce processus est réalisé à grande échelle et avec un rendement très élevé.

L'alternateur est principalement composé de deux parties : le rotor et le stator. Le rotor est la partie mobile qui tourne avec la turbine, et il est équipé d'électroaimants ou d'enroulements alimentés en courant continu. En tournant, le rotor génère un champ magnétique tournant. Le stator, partie

fixe du générateur, est constitué d'enroulements en cuivre disposés de manière à capter ce champ magnétique, induisant ainsi un courant alternatif triphasé à haute tension.

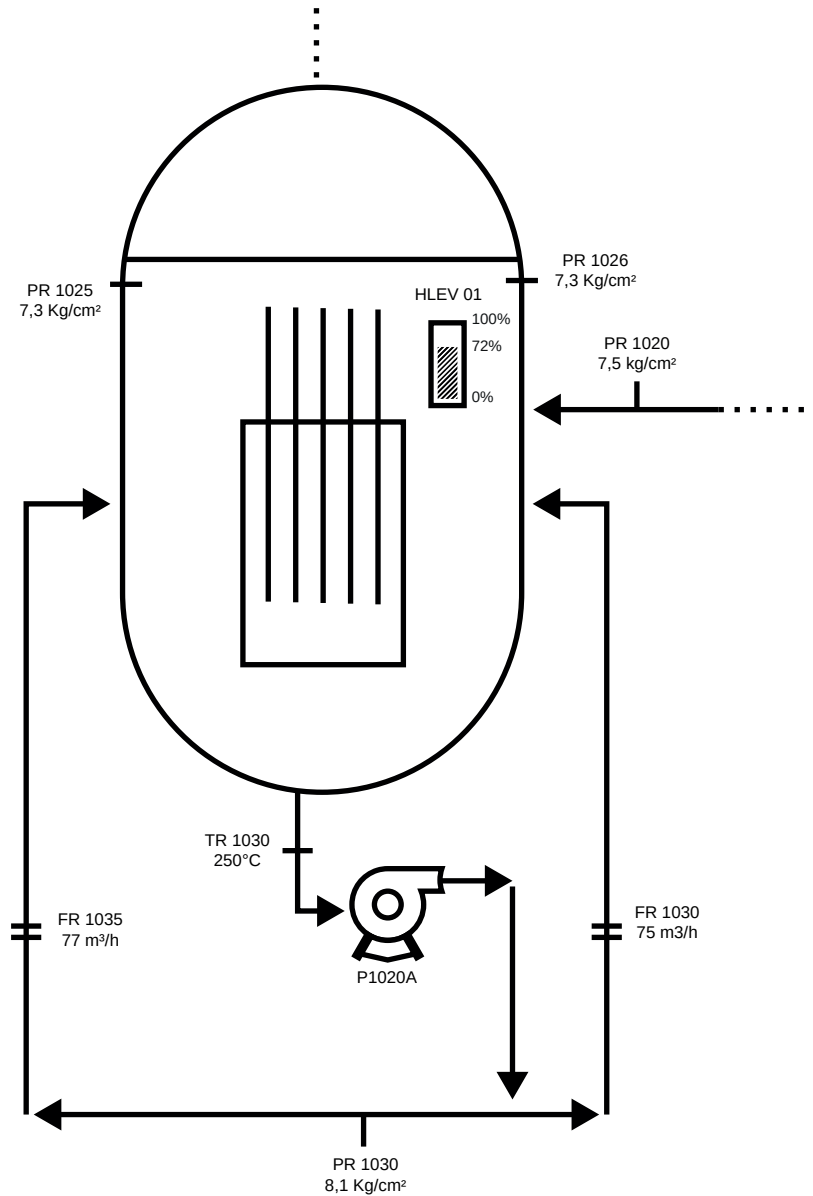
Le générateur est conçu pour fonctionner à des niveaux de puissance extrêmement élevés, avec une tension de sortie pouvant dépasser 20 000 volts et une puissance atteignant plusieurs milliers de mégawatts. Il est donc essentiel d'assurer la stabilité mécanique et thermique du système. Le générateur est équipé de systèmes de refroidissement, souvent à l'hydrogène ou à air forcé, pour dissiper la chaleur produite pendant le fonctionnement continu. Dans certains cas, un refroidissement liquide est également utilisé pour le stator.

La tension produite est envoyée à un transformateur de puissance, qui l'élève encore davantage pour permettre son transport via le réseau électrique national. Avant cette étape, le générateur est constamment surveillé par des capteurs mesurant des paramètres critiques tels que la température des enroulements, les vibrations de l'arbre, la pression du gaz de refroidissement et l'isolation électrique.

En matière de sécurité et de fiabilité, le générateur est protégé par des systèmes automatiques d'arrêt qui s'activent en cas de surcharge, de court-circuit ou de panne mécanique. Dans des situations critiques, il peut être découplé de la turbine grâce à un accouplement de sécurité, ou arrêté en urgence à l'aide d'un système de freinage dédié.

L'ensemble turbine-générateur fait l'objet d'une maintenance programmée, comprenant des contrôles non destructifs des enroulements, des tests d'isolation et des vérifications de l'équilibrage dynamique. En raison de son importance stratégique pour le fonctionnement de la centrale, l'alternateur est l'un des composants les plus surveillés et protégés de toute l'installation.

RÉACTEUR



Code: α (alpha)

Vannes:

Compteurs:

FR1030, FR1035, FR1040, PR1030, PR1025, PR1026, HLEV01, PR1020, TR1020, TR1030, FR1030

Pompes:

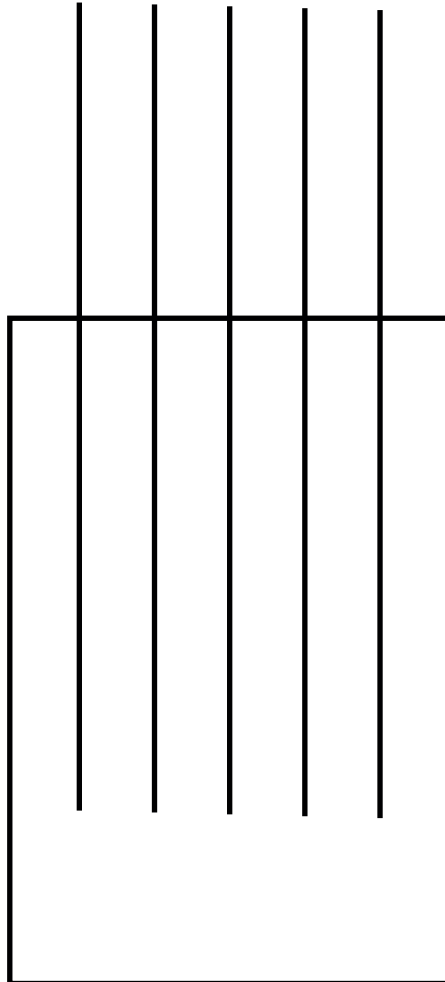
P1020A

Réacteur:

NR1001

Le réacteur représente le cœur de la centrale nucléaire. C'est dans cette zone que l'énergie thermique est produite grâce à la fission contrôlée du combustible nucléaire. Le réacteur reçoit de la vapeur provenant du système de récupération, utilisée pour alimenter son propre circuit interne. Là, la chaleur générée par le processus nucléaire augmente encore la température du fluide, qui est transformé en vapeur à haute énergie. Cette vapeur surchauffée est canalisée et dirigée vers la turbine, où elle sera convertie en énergie mécanique. Le circuit interne du réacteur est conçu pour assurer une isolation maximale, le contrôle de la réactivité et la sécurité du processus.

BARRES DE CONTRÔLE

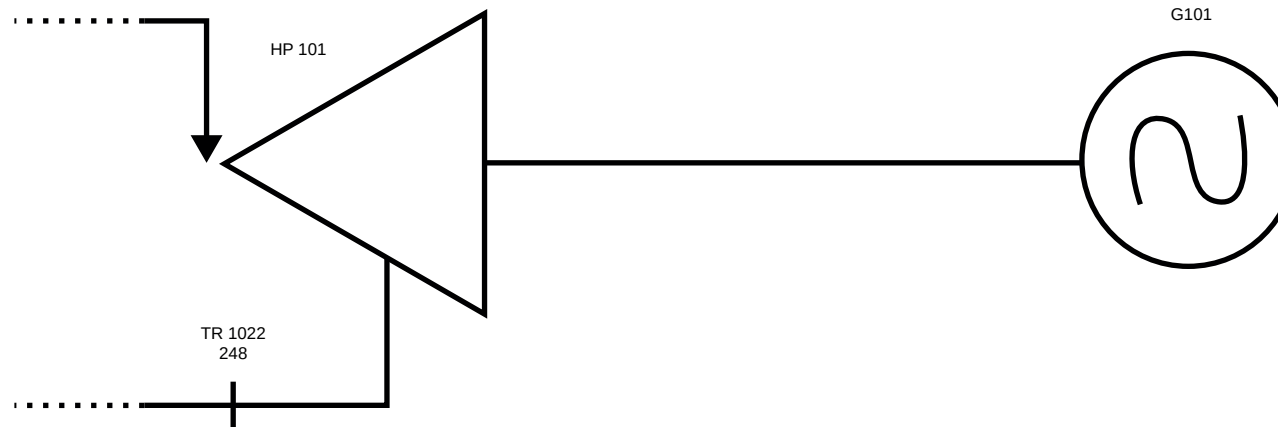


Code: ω (omega)

Vannes:
V1001

Les barres de contrôle sont des dispositifs essentiels pour la gestion de la réaction nucléaire à l'intérieur du réacteur. Elles sont composées de matériaux capables d'absorber les neutrons libres, comme le bore, l'argent, le cadmium ou des alliages spéciaux. En les insérant dans le cœur, les barres réduisent le nombre de neutrons disponibles pour la fission, ralentissant ou arrêtant la réaction en chaîne. En les retirant, on laisse passer un plus grand nombre de neutrons, ce qui augmente la réactivité. Leur mouvement vertical est contrôlé avec une extrême précision par des systèmes automatiques ou manuels, et il est crucial à chaque étape : démarrage, fonctionnement, variations de charge et arrêt d'urgence. En cas de conditions anormales, une insertion complète et rapide des barres permet l'arrêt immédiat du réacteur (SCRAM), garantissant la sécurité de l'installation.

PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ



Code: β (beta)

Vannes:

Compteurs:

R1021, TR1022

Turbine:

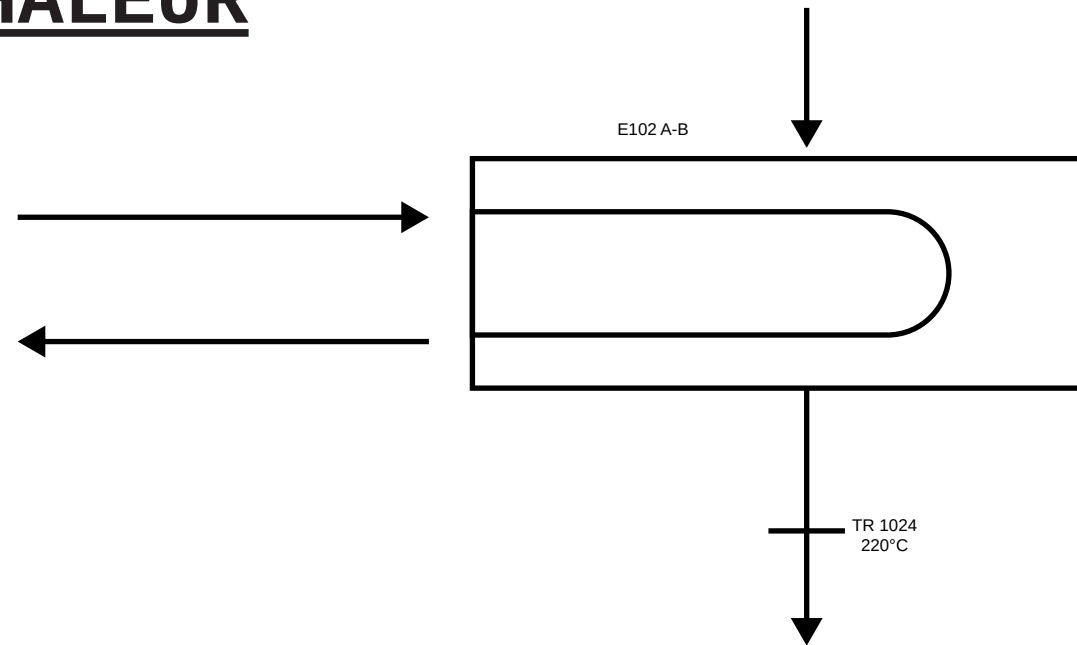
HP101

Generateur:

G101

La zone de production d'électricité est l'endroit où l'énergie thermique est convertie en énergie électrique. La vapeur à haute température, environ 250 °C, en provenance du réacteur entre dans la turbine et fait tourner ses pales, transformant l'énergie de la vapeur en énergie mécanique. La turbine est solidement couplée à un alternateur, qui génère de l'électricité grâce au principe de l'induction électromagnétique. Après avoir traversé la turbine, la vapeur, encore très chaude (environ 248 °C), est dirigée vers le circuit de pompage de l'eau de circulation, où commence un nouveau cycle de transfert et de récupération d'énergie. L'efficacité du système dépend du bon équilibre entre la pression, la température et le débit de la vapeur.

RÉCUPÉRATION DE CHALEUR



Code: **Y** (gamma)

Vannes:

Compteurs:

TR1025 , TR1023, FR1020, TR1020

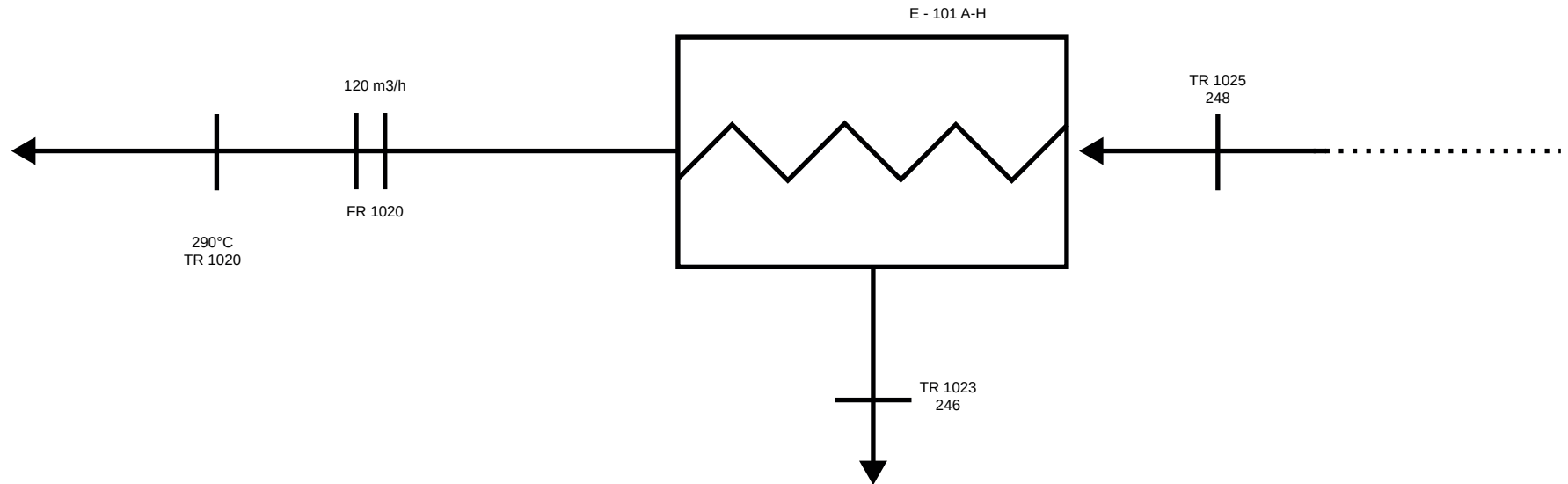
Pompes:

Installations:

E101

L'installation de récupération de chaleur a pour mission d'optimiser l'utilisation de l'énergie thermique résiduelle de la vapeur en sortie de turbine. Elle reçoit la vapeur à environ 248 °C et la sépare en fonction de la température. La partie la plus chaude, qui reste proche de 248 °C, est réinjectée directement dans le réacteur pour alimenter son circuit interne, contribuant ainsi au maintien de la température du cœur et à la réduction du besoin énergétique initial. La vapeur qui descend en dessous de 246 °C est déviée vers le système de condensation, où commence le processus de refroidissement et de conversion en eau. Ce système permet une récupération efficace de l'énergie thermique résiduelle et un contrôle dynamique des conditions de fonctionnement du réacteur.

CONDENSATION



Code: ϵ (epsilon)

Vannes:

V111, V112

Compteurs:

TR1025, TR1023, FR1020, TR1020

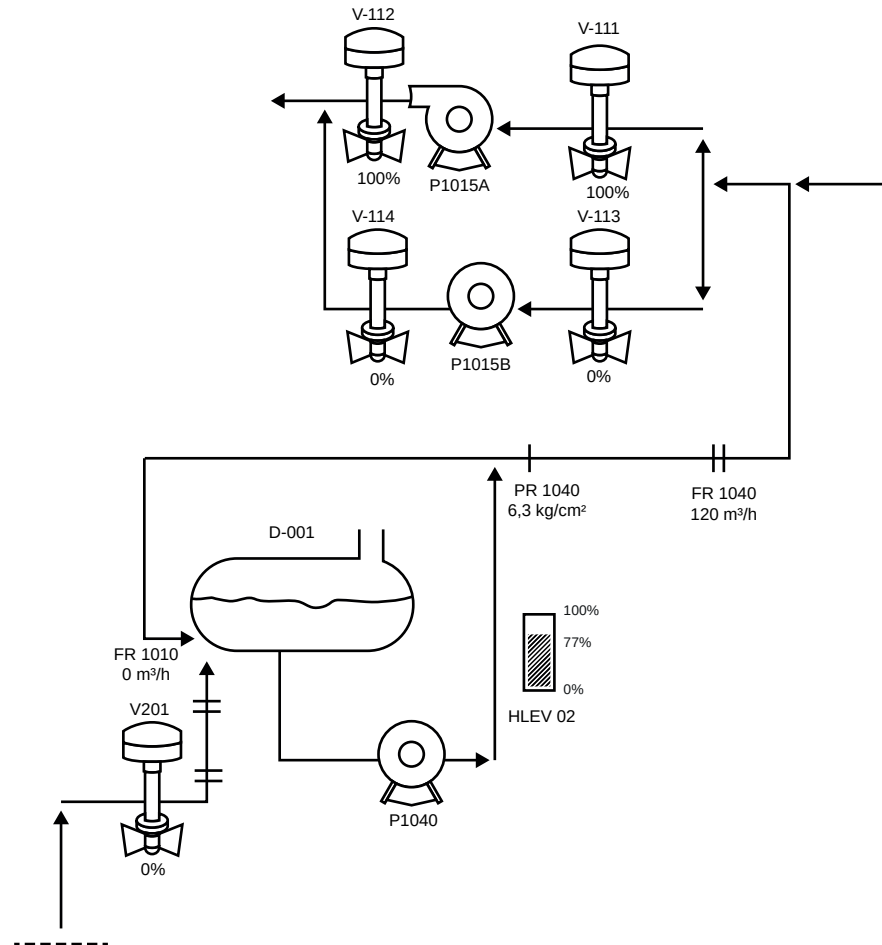
Pompes:

Installations:

E101

L'installation de condensation a pour fonction de refroidir la vapeur résiduelle provenant du système de récupération de chaleur, en réduisant sa température jusqu'à sa transition complète à l'état liquide. La vapeur à une température inférieure à 246 °C est dirigée vers des échangeurs thermiques ou des condenseurs de surface, où elle cède sa chaleur à un fluide plus froid, souvent de l'eau technique ou de l'eau issue de tours de refroidissement. La vapeur se condense et revient à l'état liquide, prête à être réinjectée dans le circuit via le système de pompage. Le processus de condensation est essentiel pour maintenir le cycle fermé, économiser l'énergie et réduire les pertes thermiques. Le contrôle de la température et de la pression à cette étape est crucial pour la stabilité de l'ensemble de l'installation.

CIRCUIT DE POMPAGE EAU DE CIRCULATION



Code: ζ (zeta)

Vannes:

V111, V112, V114, V115, XV107, V201

Compteurs:

FR1030, FR1040, PR1030, HLEV02

Pompes:

P1040, P1015A, P1015B

accumulateur:

D001

Le circuit de pompage de l'eau de circulation a pour rôle d'assurer le mouvement continu du fluide caloporteur à l'intérieur de l'installation. Dans une centrale nucléaire, ce circuit est essentiel pour transférer la chaleur produite dans le réacteur vers le système de récupération, en garantissant un passage constant du liquide à travers le cœur, les générateurs de vapeur et les autres échangeurs thermiques. Les pompes utilisées doivent maintenir un débit élevé sous pression, avec une fiabilité continue même dans des conditions variables de température et de charge. Le système est redondant, surveillé par des capteurs et intégré à des dispositifs de sécurité afin de garantir la stabilité thermohydraulique de l'installation.

CAPTEURS DE TEMPÉRATURE

- TR1020

Mesure la température de la vapeur entrant dans le circuit du réacteur depuis le circuit de pompage.

- Température normale : 230°C
- 235°C : Le réacteur génère trop de chaleur - vérifier.
- <220°C : Température de fonctionnement trop basse - vérifier.

- TR1030

Mesure la température d'entrée de la vapeur dans le cœur du réacteur.

- Température normale : 250°C
- 255°C : Le réacteur génère trop de chaleur - intervenir sur les barres de commande.
- <245°C : Température trop basse - intervenir sur les barres de commande.

- TR1021

Mesure la température de la vapeur sortant du réacteur vers la turbine.

- Température normale : 250°C
- 255°C : Le réacteur génère trop de chaleur - intervenir sur les barres de commande.
- <245°C : Température trop basse - intervenir sur les barres de commande.

- TR1022

Mesure la température de la vapeur sortant de la turbine.

- Température normale : 248°C
- 250°C : Le réacteur génère trop de chaleur - vérifier.
- <245°C : Température trop basse - vérifier.

- TR1023

Mesure la température de la vapeur sortant du système de récupération de chaleur.

- Température normale : 246°C
- 248°C : Le réacteur génère trop de chaleur ou le système de récupération oriente mal la vapeur - vérifier.
- <240°C : Température trop basse - vérifier.

- TR1024

Mesure la température de l'eau sortant du système de condensation.

- Température normale : 220°C
- 248°C : Le réacteur génère trop de chaleur ou le système de récupération oriente mal la vapeur - vérifier.
- <240°C : Température trop basse - vérifier.

- TR1025

Mesure la température de la vapeur à la sortie du circuit de pompage vers le système de récupération de chaleur.

- Température normale : 210°C
- 248°C : Le réacteur génère trop de chaleur ou le système de récupération oriente mal la vapeur - vérifier.
- <240°C : Température trop basse - vérifier.

CAPTEURS **DE PRESSION**

- **PR1030**

Mesure la pression dans le circuit interne du réacteur. Si la valeur est anormale, vérifier aussi PR1025 et PR1026. Si ces deux sont normaux, le capteur est probablement défectueux.

Inspection sur site nécessaire.

- Pression normale : 8,1kg/cm²
- 9,5kg/cm²
- <7,5kg/cm²

- **PR1025**

Mesure la pression sur la paroi du cœur du réacteur.

- Pression normale : 7,3kg/cm²
- 9,0kg/cm² : Vérifier aussi PR1026. Si les deux sont cohérents, le réacteur est en surchauffe ou n'évacue pas correctement la vapeur - vérifier si V1021 est ouvert.
- <6,5kg/cm² : Le réacteur est trop froid - intervenir sur les barres de commande.

- **PR1026**

Même fonction que PR1025.

- Pression normale : 7,3kg/cm²
- 9,0kg/cm² : Vérifier aussi PR1025. Si les deux sont cohérents, le réacteur est en surchauffe ou n'évacue pas correctement la vapeur - vérifier si V1021 est ouvert.
- <6,5kg/cm² : Le réacteur est trop froid - intervenir sur les barres de commande.

- **PR1040**

Mesure la pression à la sortie du réservoir.

- Pression normale : 6,3kg/cm²
- 8,0kg/cm² : Vérifier aussi FR1040.
 - Si valeur anormale : diminuer la puissance de P1040.
 - Si valeur normale : inspection sur site.
 - Si valeur sur le terrain anormale : diminuer la puissance de P1040.
- <5,5kg/cm² : Le niveau dans le réservoir peut être bas - vérifier HLEV02 sur site.
- Si <60% : ouvrir V201.

CAPTEURS DE DÉBIT

- FR1030

Mesure le débit d'eau dans le circuit interne du réacteur. Si la valeur est anormale, vérifier aussi PR1035. Si celui-ci est normal, le capteur est probablement défectueux.

- Débit normal : 75m³/h
- 80m³/h : Vérifier aussi PR1035.
 - Si cohérent : diminuer la puissance de P1030.
 - Si normal : inspection sur site.
- Si valeur sur le terrain anormale : diminuer la puissance de P1030.
- <5,5m³/h : Risque de surchauffe du cœur - augmenter la puissance de P1020A.

- FR1035

Même fonction que FR1030.

- Débit normal : 75m³/h
- 80m³/h : Vérifier aussi PR1030.
 - Si cohérent : diminuer la puissance de P1030.
 - Si normal : inspection sur site.
- Si valeur sur le terrain anormale : diminuer la puissance de P1030.
- <5,5m³/h : Risque de surchauffe du cœur - augmenter la puissance de P1020A.

- FR1020

Mesure le débit de l'eau en sortie du système de récupération de chaleur.

- Débit normal : 120m³/h

- 135m³/h : Vérifier aussi TR1030.
 - Si anormal : diminuer la puissance de P1015A.
 - Si normal : inspection sur site.

• Si valeur sur le terrain anormale : diminuer la puissance de P1015A.

- <110m³/h : Possible défaut de P1015A - activer le circuit auxiliaire P1015B et ouvrir V114 et V115.

- FR1010

Mesure l'apport d'eau neuve au réservoir. L'alimentation en eau ne doit avoir lieu qu'en cas de fuite. En fonctionnement normal, le débit doit être de 0,0m³/h.

- Débit normal : 0,0m³/h
- 0m³/h : Vérifier sur site si V201 est fermé.
 - Si ouvert : fermer immédiatement.
 - Si fermé : ignorer l'anomalie.

- FR1040

Mesure le débit d'eau dans le circuit de pompage de recirculation.

- Débit normal : 120m³/h
- 130m³/h : Vérifier aussi PR1040.
 - Si anormal : diminuer la puissance de P1040.
 - Si normal : inspection sur site.
- Si valeur sur le terrain anormale : diminuer la puissance de P1040.
- <100m³/h : Le niveau du réservoir peut être bas - vérifier HLEV02.
 - Si <60% : ouvrir V201.

DÉTECTEURS DE NIVEAU

- HLEV01

Mesure le niveau d'eau dans le cœur du réacteur.

- Niveau normal : 73%
- 75% : Trop de liquide - risque de surpression - vérifier.
- <65% : Trop peu de liquide - possible fuite - vérifier.

- HLEV02

Mesure le niveau d'eau dans le réservoir.

- Niveau normal : 71%
- 77% : Trop de liquide - augmenter la puissance de P1040.
- <60% : Trop peu de liquide - diminuer la puissance de P1040.

POMPES

- P1020A

Pompe principale du circuit interne du réacteur. Maintient le débit constant dans le cœur.

- État de fonctionnement : 70%

- P1020B

Pompe auxiliaire de 1020A. Soutient le débit du circuit du réacteur.

- État de fonctionnement : 0%

- P1015A

Pompe principale du circuit de recirculation.

- Soupape d'entrée : V-111
- Soupape de sortie : V-112
- État de fonctionnement : 70%

- P1015B

Pompe auxiliaire du circuit de recirculation.

- Soupape d'entrée : V-113
- Soupape de sortie : V-114
- État de fonctionnement : 70%

- P1040

Pompe de recirculation en sortie du réservoir.

- État de fonctionnement : 70%

VANNES

- V-111

Vanne d'entrée du circuit principal de recirculation. Ouvrir avec V-112 si P1015A est désactivée.

- État : 100%

- V-112

Vanne de sortie du circuit principal de recirculation. Ouvrir avec V-111 si P1015A est désactivée.

- État : 100%

- V-113

Vanne d'entrée du circuit auxiliaire de recirculation. Ouvrir avec V-114 si P1015B est activée.

- État : 0%

- V-114

Vanne de sortie du circuit auxiliaire de recirculation. Ouvrir avec V-113 si P1015B est activée.

- État : 0%

- V-201

Vanne d'alimentation en eau neuve. À ouvrir si le niveau du réservoir chute en cas de fuite.

- État : 0%