

## sous chapitre 13.1

## INTRODUCTION

La centrale doit être exploitée de manière sûre dans les situations normales de production d'électricité et en situation accidentelle. Pour cela, compte tenu d'exigences ou de contraintes à satisfaire différentes selon les diverses situations et pour faciliter la mise en œuvre des moyens et organisations correspondants, la conduite de la tranche a été différenciée en conduite normale, conduite en incident/accident et conduite en accident grave.

À ces différentes « conduites » sont associées des procédures de conduite adaptées présentées au sous-chapitre 17.3 sous l'aspect IHM.

La conduite normale, présentée à la section 13.2.1, couvre principalement les situations de production d'électricité et les transitoires d'arrêt et de démarrage de la centrale.

Elle permet la mise en œuvre des principes de maintenance préventive présentés à la section 13.2.2, en particulier ceux, relatifs à la réalisation de la maintenance tranche en puissance, qui permettent l'optimisation de la durée des arrêts de tranche.

La conduite en incident ou en accident, présentée au sous-chapitre 13.3, couvre les incidents et les accidents pris en compte dans la démonstration de sûreté et relatifs aux conditions PCC 2 à PCC 4 et aux conditions RRC-A. Elle est conçue sur la base d'une approche par états de l'installation.

La conduite en accident grave, présentée au sous-chapitre 13.4, couvre les conditions RRC-B.

## sous chapitre 13.2

## PRINCIPE D'EXPLOITATION

## 1. PRINCIPES DE CONDUITE NORMALE

## 1.1. GENERALITES

La conduite normale comprend :

- le fonctionnement en puissance et ses transitoires normaux d'exploitation programmés tels que montée de charge, baisse de charge, suivi de charge, arrêt ou démarrage de la tranche,
- les fonctionnements particuliers dus à des événements non programmés (exemple : îlotage, pertes de sources, ...).

Hormis pour les arrêts pour rechargement, la tranche peut être arrêtée pour des arrêts de plus ou moins courte durée pour des opérations de maintenance ou de réparation, d'économie de combustible ou de gestion du réseau électrique. L'état d'arrêt, arrêt à chaud ou arrêt sur RIS-RA, dépendra alors de la nature de l'intervention et de la durée d'arrêt. En cas de maintien en arrêt à chaud, la concentration en bore du circuit primaire permettant d'assurer la marge d'antiréactivité est adaptée et dépend de l'épuisement du combustible ainsi que de la durée de cet arrêt.

Le passage en arrêt à froid est réalisé afin d'effectuer le rechargement du combustible ou de permettre des opérations de maintenance ou de réparation nécessitant cet état de tranche.

Les principales opérations de conduite sont décrites ci-dessous de manière chronologique, depuis l'arrêt du réacteur en fin de cycle combustible jusqu'au fonctionnement en puissance au début du cycle suivant. Le fonctionnement en prolongation de cycle est également présenté.

## 1.2. ARRET DU REACTEUR

L'état initial considéré est l'état de réacteur en puissance à la fin d'un cycle combustible. L'arrêt de la tranche commence par une réduction de la charge turbine. Le niveau de puissance pour le découplage du réseau dépendra du groupe turbo-alternateur retenu. La régulation de la température moyenne est basculée du mode automatique au mode « régulation du niveau de flux ». Dès le découplage du réseau, la charge est automatiquement transférée au contournement du condenseur (GCT). La régulation du niveau de flux est basculée en mode manuel et la turbine est déclenchée. Des essais turbine sont réalisés si besoin lors de cette phase.

Les grappes sont insérées manuellement pour arrêter le réacteur. La température du fluide primaire est réglée par le système de contournement au condenseur. Les générateurs de vapeur sont alimentés et leur niveau d'eau réglé par les systèmes de

démarrage et d'arrêt (AAD) et d'alimentation normale des GV (ARE). Le primaire est boriqué afin de respecter la marge d'antiréactivité requise. Les différents essais et contrôles en arrêt à chaud sont effectués.

La turbine est en refroidissement sur vireur.

Le primaire est ensuite refroidi jusqu'à environ 120 °C par le GCT, avec les quatre pompes primaires en service. Le gradient de refroidissement maximal est de 50 °C/h. En parallèle, la pression primaire est réduite par l'aspersion normale jusqu'à environ 25 bars, tout en conservant une marge à la saturation suffisante. Une séquence automatique assure le refroidissement et la dépressurisation simultanés du circuit primaire ; parallèlement, une borication est effectuée. A 120°C et 25 bars, deux trains RIS sont connectés et mis en service en mode RA afin de poursuivre le refroidissement du RCP. Le contournement au condenseur peut être isolé et le poste d'eau arrêté et refroidi en préparation aux opérations de maintenance. Deux pompes primaires sont mises à l'arrêt.

Les dalles de la piscine réacteur sont déposées à partir de 120 °C.

Lorsque la température primaire est inférieure à 100 °C, les trains 2 et 3 du RIS peuvent être connectés et mis en service en mode RA afin d'accroître la capacité de refroidissement du circuit primaire. La ligne de décharge RCV est connectée au circuit RIS/RA.

A 90 °C, le tampon matériel peut être ouvert pour rentrer les outils et les matériels.

Le nombre de pompes primaires en service est ajusté afin de permettre un refroidissement efficace, ainsi qu'un palier d'oxygénation à 80 °C requis après l'injection de peroxyde d'hydrogène dans le RCP. La dernière pompe (la n°3 afin de conserver l'aspersion normale disponible aussi longtemps que possible) est arrêtée lorsque les critères radio-chimiques sont corrects et que la température du couvercle cuve est inférieure à 70 °C. Le primaire est à 55°C.

Tout au long du refroidissement du primaire, sa contraction est compensée par les pompes de charge RCV et les pompes REA qui aspirent dans les réservoirs de stockage d'acide borique et d'eau déminéralisée. La borication vers la concentration de bore requise en arrêt à froid pour rechargement est effectuée en parallèle.

Après l'arrêt du dernier GMPP, la pression primaire est réduite à 5 bars par l'aspersion auxiliaire et cette valeur de pression est maintenue par appoint d'azote pendant le refroidissement final. Le pressuriseur est ainsi maintenu en mode diphasique.

### 1.3. VIDANGE ET OUVERTURE DU CIRCUIT PRIMAIRE

Un train RIS en mode RA est arrêté en préalable à la vidange du circuit primaire.

Le primaire est vidangé jusqu'au niveau  $\frac{3}{4}$  de boucle par la ligne de décharge RCV (via la liaison RIS/RCV) et le volume de fluide primaire est transféré vers les réservoirs de stockage du TEP pour recyclage. Une régulation du niveau d'eau à  $\frac{3}{4}$  des boucles primaires permet de prévenir un découverture du cœur et de garantir un fonctionnement sûr du RIS en mode RA.

Avant rupture de l'intégrité du primaire, un balayage du RCP est effectué par injection d'azote via les corps des pompes primaires et l'évent du couvercle de la cuve, l'évacuation étant réalisée par la pompe à vide reliée à l'évent du pressuriseur. Un balayage en air du RCP est ensuite effectué. Le niveau d'eau du RCP sera maintenu et régulé en automatique au niveau  $\frac{3}{4}$  de boucle avant l'ouverture de la cuve du RCP.

Les connexions électriques des mécanismes de commande des grappes et de l'instrumentation du cœur sont déposées. Les étanchéités mécaniques sont déposées et l'intégrité du primaire est alors rompue. Après la dépose du calorifuge du couvercle cuve, la machine de serrage et desserrage des goujons (MSDG) est mise en place pour les opérations d'ouverture du couvercle cuve.

### 1.4. DECHARGEMENT DU CŒUR

Pendant la dépose du couvercle cuve, les compartiments de la piscine du bâtiment réacteur sont remplis avec de l'eau borée provenant de l'IRWST par une pompe ISBP. Lorsque la piscine est pleine, l'instrumentation du cœur, dont les lances du système de mesure du flux neutronique par balles propulsées (aeroballs), est déposée et les mécanismes de commande des grappes sont déconnectés. Les équipements internes supérieurs sont alors retirés et positionnés dans leur piscine de stockage, les opérations de déchargement combustible peuvent commencer (environ 70 heures, voire moins, après le découplage). La température du fluide primaire est maintenue inférieure à 50 °C par le RIS en mode RA. Le déchargement du combustible dure environ 40 heures. Durant cette phase, une division de sauvegarde peut être rendue indisponible pour maintenance.

La puissance résiduelle des éléments combustibles déchargés vient s'ajouter à celle des éléments combustibles déjà stockés dans la piscine de désactivation du bâtiment combustible. Aussi, le second train de refroidissement de la piscine de désactivation (PTR) doit être démarré afin de maintenir la température de la piscine de désactivation inférieure à 50 °C (du début du déchargement du cœur jusqu'à la fin du rechargement).

Cœur déchargé, deux trains de sauvegarde peuvent être rendus indisponibles pour maintenance. En fonction des travaux programmés, le batardeau entre le compartiment cuve et le compartiment de stockage des internes est mis en place. Le RCP est vidangé jusqu'au niveau de la génératrice inférieure (GI) vers l'IRWST par les pompes de purification PTR. Des travaux de maintenance sont réalisés dans cet état de 'Réacteur Complètement Déchargé' : contrôles des tubes des générateurs de vapeur et travaux en GI. Côté BK, les permutations de grappes de commande et contrôles des éléments combustibles, si nécessaire, sont réalisés.

### 1.5. RECHARGEMENT DU CŒUR

Après fermeture des composants primaires (i.e. trous d'homme GV), le compartiment cuve est rempli en eau borée provenant de l'IRWST à l'aide des pompes ISBP. Les batardeaux sont alors retirés, le tube de transfert est ouvert et le combustible est chargé en cuve au moyen des dispositifs de manutention (pont de manutention combustible, tube de transfert, machine de chargement). La température du primaire est maintenue inférieure à 50 °C par le RIS en mode RA. Les opérations de chargement et de cartographie du cœur durent environ 45 heures.

Une fois le chargement effectué, le tube de transfert est fermé. Les internes supérieures sont remises en position, les grappes de commande sont reconnectées, les lances aéroballs sont insérées et l'instrumentation du cœur installée.

### 1.6. FERMETURE ET REMPLISSAGE DU CIRCUIT PRIMAIRE

Les compartiments piscines du bâtiment réacteur sont vidangés vers l'IRWST via les pompes de purification, les déminéraliseurs et les filtres PTR jusqu'à ce qu'au niveau du plan de joint cuve.

Le fond de la piscine cuve et le plan de joint cuve sont nettoyés. La cuve du réacteur est fermée à l'aide de la machine à serrer et desserrer les goujons (MSDG), qui pourra être évacuée du bâtiment réacteur après utilisation. Les étanchéités des pénétrations couvercle sont remontées et l'évent du couvercle cuve est fermé. Lorsque le circuit primaire est pressurisable, le circuit RIS en mode RA est protégé par les soupapes du pressuriseur. Les connexions électriques des mécanismes de commande des grappes et de l'instrumentation du cœur sont installées.

Au cours de ces opérations, la température du réfrigérant primaire est régulée par le circuit RIS en mode RA.

La vidange du primaire est ensuite reprise jusqu'au niveau  $\frac{3}{4}$  de boucle par la ligne de décharge RCV (via la liaison RIS/RCV) afin de mettre en communication les phases gazeuses de la cuve, du pressuriseur et des tubes GV. Le niveau RCP est réglé automatiquement par le RCV afin de prévenir tout découverture du cœur et garantir un fonctionnement sûr du RIS en mode RA.

La mise sous vide du circuit primaire est assurée par la pompe à vide. La pression obtenue est d'environ 200 mbar absolus afin de minimiser la teneur en oxygène du fluide primaire. La température est maintenue inférieure à 40°C durant cette phase afin d'assurer une marge à la saturation suffisante du circuit primaire.

Le circuit primaire est ensuite rempli par un appoint REA via les pompes RCV. Le dégazage à grand débit du fluide primaire est réalisé via le RCV et les systèmes connexes. Le remplissage du RCP est arrêté lorsque le niveau pressuriseur atteint 7 m. Le démarrage de la tranche est réalisé directement en diphasique.

Concernant l'îlot conventionnel, les interventions sur la turbine, l'alternateur et le poste d'évacuation sont terminées. Le groupe turbo-alternateur est sur vireur. Deux GV sont requis et sont remplis à leur niveau à charge nulle. Le circuit de décharge de la vapeur principale à l'atmosphère (VDA) est disponible. Le poste d'eau est rempli, la mise sous vide du condenseur et le conditionnement thermique et chimique du poste d'eau sont commencés.

### 1.7. CHAUFFAGE DU FLUIDE PRIMAIRE

Après l'arrêt du dispositif de mise sous vide, la pression primaire est augmentée par la mise en marche des chaufferettes du pressuriseur, sans dépasser 30 bars, le RIS/RA étant connecté. Le gradient maximal de montée en température du pressuriseur est de 100 °C/h. Il n'y a pas de passage du RCP en monophasique. Lorsque la pression du RCP atteint 20 bars, la liaison RIS/RCV est isolée : la pression est suffisante pour permettre le fonctionnement de la décharge RCP/RCV. Les pompes primaires sont démarrées à une pression minimale de 25 bars. La première pompe (GMPP n°3 en premier pour l'aspersion normale) est démarrée avant l'atteinte de 65 °C au primaire. Après le démarrage des GMPP, la pression du RCP est placée sous régulation automatique (par les chaufferettes et l'aspersion normale). La puissance fournie par les quatre pompes primaires et la puissance résiduelle du combustible permettent le réchauffage du fluide primaire. Le gradient de chauffe est limité à 50°C/h (valeur maximale, si la puissance ainsi fournie le permet). Un seul train du RIS en mode RA suffit à assurer le contrôle de la température lors de cette chauffe du primaire ; Les autres trains sont disponibles.

En parallèle des opérations décrites ci-dessus relatives à la partie primaire de l'installation, la partie secondaire est également rendue disponible. En particulier, au-dessus de 120 °C, les quatre générateurs de vapeur sont remplis jusqu'à leur niveau de consigne à charge nulle et peuvent être alimentés par AAD. Le condenseur est sous vide et le GCT est disponible. Le poste d'eau est conditionné thermiquement et chimiquement. Le conditionnement thermique des lignes vapeur est entrepris.

Lorsque la température du RCP atteint 120 °C, les deux derniers trains du RIS encore connectés en mode RA sont isolés. Le contrôle de la température est alors assuré par les générateurs de vapeur (GCT et AAD).

Durant la chauffe, le volume excédentaire dû à la dilatation du primaire est évacué par la ligne de décharge RCV (régulation automatique du niveau pressuriseur) vers les réservoirs de stockage TEP. Parallèlement, la pression est progressivement et automatiquement augmentée jusqu'à l'atteinte des conditions d'arrêt à chaud.

Dans le même temps, aux valeurs requises de pression et de température, des essais peuvent être réalisés.

Le RCP est en état d'arrêt à chaud. Le niveau pressuriseur est réglé à son point de consigne à charge nulle par la décharge RCV. La pression est réglée par les chaufferettes du pressuriseur et l'aspersion normale, la température par les générateurs de vapeur. Les générateurs de vapeur sont maintenus à leur niveau à charge nulle à l'aide des vannes ARE, et à leur pression à charge nulle par la régulation du GCT.

Le poste d'eau est disponible et en service. Le GTA tourne sur vireur.

## 1.8. DE L'ARRÊT A CHAUD AU FONCTIONNEMENT EN PUISSANCE

A ce stade, en préalable à la recherche de criticité, toutes les fonctions de sûreté doivent être disponibles. En arrêt à chaud, divers essais sont réalisés tels que le temps de chute des grappes par exemple. La température du primaire est réglée automatiquement par le GCT. Les essais à puissance nulle sont réalisés et le primaire est dilué par injection d'eau déminéralisée depuis le REA via les pompes de charge RCV. La puissance est ensuite augmentée par la régulation du niveau de flux. Les générateurs de vapeur sont alimentés par la pompe de démarrage et d'arrêt (AAD), puis par les pompes alimentaires (APA) via l'alimentation normale des générateurs de vapeur (ARE).

La turbine est lancée et l'alternateur est couplé au réseau principal, la puissance est alors progressivement augmentée. Le mode normal de régulation chaudière (priorité à la turbine) est substitué à la régulation du niveau de flux. A ce niveau de puissance, toutes les régulations du RCP sont en automatique (voir sous-chapitre 5.1) et la puissance est progressivement augmentée jusqu'à 100 %.

## 1.9. FONCTIONNEMENT EN PUISSANCE - SUIVI DE CHARGE

En fonctionnement en base, seuls les effets de réactivité à très long terme (épuisement du combustible, accumulation de samarium) doivent être compensés par une dilution progressive du réfrigérant primaire jusqu'à pratiquement 5 à 10 ppm de concentration en bore à la fin de cycle combustible.

Si l'équilibre production-consommation du réseau le requiert, la centrale peut être amenée à réduire sa puissance, puis à revenir à pleine puissance quelques heures plus tard (voir chapitre 1.2.6 et suivi de charge et variation de puissance au chapitre 3.6). Comme

mentionné ci-dessus, toutes les régulations chaudière sont en automatique. Les grappes de commande sont insérées ou extraites par les régulations de température et de distribution de puissance pour compenser les variations rapides de réactivité. Les variations lentes (évolution Xénon) sont compensées par une modification de la concentration en bore ou par un mouvement des grappes de commande.

En plus des besoins en borication et dilution, le fluide primaire est traité afin de respecter les critères chimiques ou d'activité primaire. Les volumes correspondants peuvent être recyclés, notamment les concentrats (acide borique). Une partie des distillats (eau déminéralisée) peut être envoyée vers le traitement des effluents primaires afin d'éviter l'accumulation de tritium dans le circuit primaire (voir terme source au chapitre 12).

## 1.10. FONCTIONNEMENT EN PROLONGATION DE CYCLE

En fonctionnement en puissance, la réactivité disponible est compensée par la borication du primaire. Avec l'augmentation de l'épuisement, la concentration en bore est continuellement réduite. La fin du cycle est atteinte lorsque la concentration en bore atteint une valeur minimale proche de zéro.

Afin de poursuivre le fonctionnement en puissance au-delà de la fin naturelle du cycle, la baisse de réactivité due à l'usure du combustible est compensée par la réduction de la température primaire.

Avec les grappes de commande presque totalement extraites et les vannes d'admission turbine ouvertes en grand, le niveau de puissance de l'installation est fixé par le bilan de réactivité du cœur et les caractéristiques de la turbine.

Comme il n'y a plus de réserve de réactivité disponible pour assurer une température moyenne primaire constante, la température moyenne primaire et la puissance du réacteur ainsi que la pression vapeur décroissent régulièrement. La masse de fluide primaire est maintenue constante pendant le fonctionnement en puissance. La baisse de la température du primaire entraîne donc un réajustement des principaux paramètres (niveau du pressuriseur, température de référence, signal de protection, etc.).

Le fonctionnement en prolongation de cycle, basé sur des ajustements répétés de points de consigne, consomme les réserves de réactivité jusqu'à épuisement.

Les études de démonstration d'une prolongation de cycle d'un maximum 70 JEPP (ou a contrario d'une anticipation d'arrêt d'une valeur typique de 30 JEPP) seront fournies au titre du rapport provisoire de sûreté.

## 1.11. FONCTIONNEMENTS PARTICULIERS

En cas d'événement non redevable de la conduite accidentelle ou accidentelle et lorsque les consignes normales ne sont pas adaptées à la conduite de cet événement, des consignes particulières de conduite seront alors appliquées par l'équipe de conduite en remplacement ou en support des consignes normales, afin de gérer cet événement (exemples : îlotage, pertes de sources, ...).

# 2. PRINCIPES DE MAINTENANCE PREVENTIVE

## 2.0. EXIGENCES DE SURETE

### 2.0.1. Objectifs et définition

La maintenance préventive comprend les contrôles, les essais, les entretiens, les réparations et les remplacements destinés à réduire la fréquence et l'incidence des défaillances d'un matériel. Ces opérations induisent une indisponibilité programmée des matériels pour entretien, indépendamment de l'occurrence des défaillances durant le fonctionnement de la tranche ou en arrêt.

La maintenance préventive sera considérée de manière appropriée dans les analyses de sûreté.

### 2.0.2. Cadre réglementaire

Les Directives Techniques (**voir chapitre 3.1.2**) au chapitre C.2.1 (critère de défaillance unique et maintenance préventive), traitent des prescriptions liées à la maintenance préventive. Par ailleurs, les principes de maintenance préventive doivent être cohérents avec chapitres C.2.2 (Etudes Probabilistes de Sûreté et diversification), C.3 (Facteurs Humains), C.4 (Radioprotection des travailleurs et du public) et D.2.1 (Règles d'analyses de sûreté).

### 2.0.3. Exigences résultant de l'approche déterministe de sûreté

La fonction assurée par un matériel mis hors service pour maintenance préventive est considérée comme indisponible. Si la nature de la maintenance préventive est telle que le système peut être remis dans un état opérationnel dans un délai approprié permettant la réalisation de la fonction de sûreté en cas de demande, la partie du système doit être considérée comme disponible.

En ce qui concerne les analyses de sûreté des événements PCC, RRC-A ou RRC-B ainsi que des agressions internes, l'indisponibilité du système inhérente à la maintenance préventive et les hypothèses associées des analyses de sûreté à appliquer sont développées respectivement aux sous-sections 15.0, 19.1.0, 19.2.0 et 3.4.0 du Rapport Préliminaire de Sûreté (RPS).

Tranche en puissance, la maintenance préventive ne peut pas être réalisée sur plus d'un train à la fois.

Les essais périodiques RGE, sauf cas particulier justifié, sont conçus pour ne pas rendre indisponibles les fonctions de sûreté testées.

### 2.0.4. Exigences résultant de l'approche radioprotection

Les conditions de réalisation de la maintenance préventive devront prendre en compte les dispositions de radioprotection définies au chapitre 12 du RPS.

### 2.0.5. Exigences résultant de l'approche déterministe de sûreté facteurs humains

Les activités de maintenance préventive devront prendre en considération les facteurs humains décrits au chapitre 17.

## 2.1. DEFINITION DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE

### 2.1.1. Objectifs de la maintenance préventive

Par définition, la maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. La maintenance préventive est l'ensemble des actions effectuées sur un matériel en vue d'en réduire la probabilité de défaillance fonctionnelle.

Le but d'un tel procédé est de garantir, sur la durée de vie de l'installation, la réalisation des objectifs de sûreté, de disponibilité et de coûts tout en se conformant aux règles de protection de l'environnement, de sécurité du personnel, de radioprotection et aux autres réglementations en vigueur :

- le niveau de sûreté défini en phase d'étude de conception est garanti en maintenant la fiabilité du matériel au niveau requis,
- la disponibilité de l'installation est optimisée à travers :
  - la réalisation d'une partie de la maintenance préventive tranche en puissance en cohérence avec les hypothèses des analyses de sûreté,
  - l'amélioration de la qualité de la conception et de la fabrication afin de minimiser les indisponibilités fortuites de la tranche et de respecter les durées prescrites lors des arrêts de tranche.
- les coûts de la maintenance sont maîtrisés :
  - en améliorant la qualité de la conception par l'intégration du retour d'expérience d'exploitation français et allemand,
  - en optimisant l'arbitrage entre la maintenance préventive et la maintenance corrective,
  - en optimisant l'arbitrage entre une maintenance préventive systématique et conditionnelle,
  - en anticipant, par la définition d'un planning prévisionnel d'alternance des différents types d'arrêts de tranche, avec ou sans maintenance, entre deux visites décennales,

- par l'étude, en phase de conception, de la maintenance exceptionnelle (fréquence supérieure à 10 ans ou occurrence hypothétique).

Des essais de requalification sont réalisés à la fin de toute intervention de maintenance. Les essais de requalification après intervention de maintenance préventive sur un matériel permettent de vérifier qu'il a conservé les performances qu'il avait avant l'intervention de maintenance préventive. Par conséquent, ils suffisent pour prononcer la disponibilité du matériel après une intervention de maintenance.

Les essais et les critères à vérifier sont propres à l'intervention effectuée. Ces essais comprennent généralement deux parties complémentaires :

- la requalification intrinsèque : ces essais sont toujours exigés. Ils sont limités à l'objet de l'intervention,
- la requalification fonctionnelle : elle porte sur le matériel dans son environnement, sous-ensemble fonctionnel et circuit comprenant le matériel. Elle est réalisée dans une configuration courante d'exploitation ou représentative de celle-ci.

Pour les activités de maintenance préventive réalisées tranche en puissance, la cohérence entre les moyens et contenus de requalification et l'activité de maintenance doit être recherchée. A ce titre, le niveau de maintenance préventive réalisée en puissance sera adapté aux possibilités de requalification offertes par l'installation. De même, le contenu de la requalification sera adapté au niveau des opérations de maintenance réalisées.

### 2.1.2. Objectifs liés à la maintenance préventive

Afin d'atteindre les objectifs de compétitivité de l'EPR et de préserver les objectifs de sûreté, il est nécessaire de prendre en compte les aspects liés à la disponibilité, aux coûts d'exploitation et à la radioprotection dès la phase de conception de l'installation.

Dans le cadre de la définition des principes de maintenance préventive, il est donc nécessaire de tenir compte :

- des objectifs des Etudes Probabilistes de Sûreté (EPS) de réduction de la fréquence de fusion du cœur (voir chapitre 18),
- de la dosimétrie (inférieure à 0,35 H.Sv/an),
- de coûts directs de maintenance optimisés,
- de l'objectif global de disponibilité de 91,1% pour une durée de cycle de 18 mois, sur une durée de vie de la tranche de 60 ans, qui se décline en sous-objectifs suivants :
  - indisponibilité fortuite inférieure à 2%,
  - arrêt pour rechargement et visite partielle en 16 jours,
  - arrêt pour simple rechargement en 11 jours,
  - visite décennale pour révision complète en 40 jours.

Ces sous-objectifs se traduisent par des exigences de conception définies dans la section 13.2.3.1. L'atteinte des objectifs de durée d'arrêt s'appuie sur les exigences suivantes :

- la limitation des activités de maintenance pendant les arrêts de tranche, par la réalisation de maintenance préventive tranche en fonctionnement (voir section 13.2.2.3 pour sa mise en œuvre). La réalisation de la maintenance préventive en puissance sur les systèmes de sauvegarde est possible grâce à la conception de l'EPR à quatre trains notamment ;
- la possibilité d'accéder au BR en puissance pour les interventions de préparation de l'arrêt de tranche (pont polaire, machine de chargement...) et de repli en fin d'arrêt, ainsi que pour certaines interventions de maintenance préventive durant le cycle ;
- la limitation du nombre d'essais périodiques au redémarrage et leur impact sur le chemin critique du redémarrage.

De plus, des objectifs concernant les facteurs humains, la protection de l'environnement, la propreté radiologique et la sécurité du travail sont également pris en compte lors de la définition des tâches de maintenance.

## 2.2. CHOIX DE MAINTENANCE PREVENTIVE

### 2.2.1. Stratégie de maintenance

Une stratégie de maintenance adaptée à l'EPR doit permettre d'assurer une exploitation sûre de l'installation ayant la confiance du public, et d'atteindre une performance économique par l'obtention d'une excellente disponibilité et la maîtrise des coûts de maintenance.

La qualité de la conception et de la réalisation (fabrication et montage) doit permettre de limiter les écarts constatés entre l'état de fin de réalisation et le référentiel de sûreté défini à la conception. Pour cela, on mettra en œuvre une démarche s'inspirant du Projet « Conformité », développé sur le Parc Nucléaire français, pour corriger tous les écarts jugés critiques et dont le maintien conduirait à prévoir un programme supplémentaire de Surveillance en Service.

La stratégie de maintenance mise en œuvre pour l'EPR est conforme à la stratégie déjà en vigueur sur les CNPE français en exploitation, mais intégrée dès la conception.

La démarche d'Optimisation de la Maintenance par la Fiabilité (OMF) est un des instruments permettant de structurer les choix technico-économiques qui vont constituer un des fondements de la politique de maintenance en apportant de la rigueur, de la rationalité, de l'efficacité, ainsi que la traçabilité des choix de maintenance. Les données de fiabilité utilisées dans les études OMF seront le plus souvent possible fournies par les constructeurs des matériels, et validées par EDF en s'appuyant sur sa propre connaissance du comportement des matériels.

Cependant, cette stratégie de maintenance n'est pas entièrement basée sur la méthode OMF. En effet, pour certaines applications, elle n'est pas développée. Il s'agit des ensembles suivants :

- familles de matériels identiques dont la stratégie de maintenance, par échantillonnage notamment, justifie un programme de maintenance préventive spécifique,
- matériels soumis à la réglementation CPP / CSP (arrêté « exploitation » du 10/11/99) et à la réglementation relative aux Enceintes Sous Pression Nucléaires (ESPN),
- gros composants primaires ou secondaires, ou matériels particuliers pour lesquels la méthode OMF n'est pas pertinente,
- structures de génie civil.

Les programmes de maintenance préventive concernent essentiellement les matériels jugés critiques, d'un point de vue OMF, pour la sûreté, la disponibilité ou la maintenance. Pour les matériels considérés non critiques, la maintenance préventive se limitera aux petites interventions telles que le petit entretien et le graissage indispensables à leur bon fonctionnement. Sur ces matériels, il est fondé d'attendre la défaillance avant d'intervenir. Bien évidemment, la maintenance doit prendre en compte également toutes les prescriptions réglementaires.

Des études technico-économiques sont réalisées afin d'optimiser le choix entre la maintenance préventive systématique et la maintenance préventive conditionnelle.

En conclusion, la stratégie de maintenance contribue à l'atteinte de l'objectif de disponibilité de la tranche et au maintien de son niveau de sûreté tout en maîtrisant les coûts de la maintenance.

### 2.2.2. Indisponibilisations pour maintenance préventive

En raison de la conception de l'EPR disposant de quatre trains de sauvegarde, une partie de la maintenance préventive sera réalisée tranche en puissance. Ceci permet d'alléger la charge de travail lors des arrêts de tranche et de respecter les objectifs de durée d'arrêt de tranche cités au §13.2.1.2.

Les opérations de maintenance préventive doivent être réalisées en conformité avec les Spécifications Techniques d'Exploitation (STE) afin de respecter les hypothèses des études de sûreté.

Les indisponibilités dues à la maintenance préventive tranche en puissance ne doivent pas induire une part importante de la

fréquence globale de fusion du cœur. L'acceptabilité de durées d'indisponibilité générées par la maintenance préventive est validée au travers des études EPS.

Une Etude Probabiliste de Sûreté (EPS) de l'EPR intégrant une durée d'indisponibilité annuelle pour maintenance préventive tranche en puissance d'un train de sauvegarde de 28 jours a été réalisée. Le risque de fusion du cœur obtenu avec ce scénario respecte les exigences de sûreté. Les résultats montrent que des durées sensiblement plus importantes seraient compatibles avec l'objectif global probabiliste de sûreté de la tranche. Les études probabilistes de sûreté sont détaillées dans le chapitre 18.

Cette donnée de découplage de 28 jours pourra être revue dans le cadre des études détaillées en respectant l'objectif global de sûreté.

Une indisponibilisation de l'EVU tranche en puissance est également nécessaire pour la réalisation de la maintenance préventive sur le troisième train PTR refroidi par celui-ci. Sa maintenance préventive sera réalisée durant cette période. Une allocation de durée de 14 jours est prise en compte dans les études EPS.

Tranche en puissance, la maintenance préventive n'est envisagée sur un système de sûreté qu'aux 9 conditions suivantes :

- 1) Les équipements sont isolables du process tranche en puissance.
  - 2) Les activités de maintenance conduisant à l'indisponibilité d'un équipement classé F1 ou F2, sont prises en compte dans les études PCC 2 à 4 faisant appel à ces systèmes. Les règles de conception des conditions de fonctionnement PCC 2 à 4 demandent le cumul de l'indisponibilité provoquée par l'activité de maintenance, de la défaillance unique, et de la perte des alimentations électriques externes au moment le plus défavorable.
  - 3) Les activités de maintenance considérées en puissance ne remettent pas en cause les exigences de confinement radioactif de l'enceinte énoncées au paragraphe 6.0 du RPS.
  - 4) Les indisponibilités dues à la maintenance préventive ne doivent pas induire une part importante de la fréquence globale de fusion du cœur. L'acceptabilité des durées d'indisponibilité générées par la maintenance préventive est validée au travers des études EPS.
  - 5) Les dispositions constructives doivent être prises au stade de la conception de manière à réduire les risques induits par les erreurs humaines pendant les interventions de maintenance. Des scénarios réalistes d'erreur humaine seront définis et feront l'objet d'une analyse sûreté.
  - 6) Les règles de cumul d'indisponibilités programmées doivent être prescrites par les STE. Les scénarios de cumuls prévus seront identifiés et seront validés :
    - a) par une analyse déterministe (voir condition de réalisation N°2) en vérifiant en particulier les activités qui devraient constituer un ensemble cohérent de condamnation entre fonctions de sûreté et fonctions support,
    - b) par une analyse probabiliste pour en évaluer l'impact sur la fréquence globale de fusion, si besoin.
  - 7) L'équipement doit être accessible et son environnement doit permettre sa maintenance préventive en puissance (espace, logistique ...), incluant une visite complète ou un échange standard. L'activité de maintenance ne doit pas conduire à un risque d'agression susceptible d'entraîner :
    - un initiateur de transitoire accidentel,
    - la dégradation d'équipements dans l'environnement de l'intervention de maintenance.
  - 8) Les réalimentations électriques mises en place pendant les activités de maintenance en puissance ne mettent pas en danger la sélectivité des protections électriques.
  - 9) Tout équipement qui a fait l'objet d'activité de maintenance ou dont la disponibilité est potentiellement affectée par l'intervention sera requalifié afin de prononcer sa disponibilité.
- Pour l'état E<sup>1</sup> du réacteur, il est prévu de réaliser de la maintenance préventive uniquement sur une division électrique à la fois.

<sup>1</sup> Etat E : arrêt à froid pour rechargement

Pour l'état F<sup>2</sup> du réacteur, il est prévu de réaliser de la maintenance préventive sur deux divisions électrique simultanément. Néanmoins, eu égard à la conception des divisions de sauvegarde d'une part, et des auxiliaires alimentés par ces divisions de sauvegarde de l'autre, il ne sera pas possible de consigner les divisions électriques 1 et 2 ou les divisions électriques 3 et 4 simultanément et ce afin de conserver la disponibilité des deux trains PTR principaux L'EPS présentée au chapitre 18 intègre ces hypothèses d'indisponibilité de divisions électriques durant ces phases d'arrêt. Durant les phases d'arrêt, les systèmes de sauvegarde pourront être indisponibilisés pour maintenance préventive en respectant le nombre de trains requis par les STE dans les divers états de tranche.

Pour les systèmes classés F2 et non classés, la maintenance préventive est en général autorisée à tout moment. Cependant, des restrictions seront possibles en raison des contraintes liées à la disponibilité de la tranche et aux exigences des STE.

### 2.2.3. Mise en oeuvre de la maintenance préventive des systèmes

Le présent sous-chapitre traite des principales caractéristiques de la maintenance préventive des systèmes élémentaires. Pour tout complément d'information, il est nécessaire de se référer aux chapitres du rapport de sûreté relatifs à chaque système élémentaire.

A l'issue d'un examen initial des différents systèmes et matériels, les principales conclusions suivantes ont été établies (liste non exhaustive) :

- Pour les systèmes du bâtiment combustible :
  - PTR : La maintenance préventive du système PTR (refroidissement de la piscine de désactivation) est programmée tranche en puissance lorsque la chaleur résiduelle dégagée par le combustible usé situé dans la piscine de stockage est plus faible, en fin de cycle. En pratique, une puissance résiduelle plus élevée pourrait également être envisagée dans la mesure où l'on disposerait d'une température de source froide plus basse. Les interventions de maintenance ne peuvent être réalisées uniquement que sur un train à la fois (un train principal ou le troisième train).
  - DWK : En ce qui concerne la ventilation du bâtiment combustible, la maintenance préventive est programmée tranche en puissance, en dehors des périodes de manutention combustible, pendant lesquelles elle est requise.
- Pour les systèmes situés hors bâtiment réacteur, et lorsque ceci est permis par la conception et les exigences de sûreté, la maintenance préventive sera réalisée tranche en puissance. La maintenance est réalisée sur un train de sauvegarde à la fois.
  - RIS - Injection de sécurité & évacuation de puissance résiduelle: la conception du RIS/MP et du RIS/BP à quatre trains rend possible la réalisation de la maintenance préventive tranche en puissance sur les pompes et les échangeurs essentiellement,
  - ASG - Alimentation de secours des générateurs de vapeur: la conception de l'ASG à quatre trains rend possible la réalisation de la maintenance préventive tranche en puissance, limitée aux pompes essentiellement.

En cas d'accident, le GV du train en maintenance peut être alimenté par tout autre train, ce qui permet de respecter le critère de défaillance unique même en cas d'isolement d'un GV rupté. De même, un barillet passif est utilisé à l'aspiration de chaque pompe ASG afin de permettre l'utilisation de l'inventaire complet de l'ensemble des réservoirs.

  - RRI - circuit de refroidissement intermédiaire: La maintenance d'un train RIS étant possible tranche en puissance, la mise en indisponibilité pour maintenance préventive d'un train RRI est également permise. Elle est réalisée en parallèle de celle du RIS du même train.

Les systèmes qui doivent être refroidis en permanence par le RRI sont alimentés par des tronçons communs qui restent alimentés par le train RRI disponible.

  - SEC – eau brute secourue : la maintenance préventive du SEC indisponibilise le RRI du même train. Sa conception à quatre

trains permet de réaliser la maintenance préventive sur un train. Elle est réalisée en même temps que celle du RRI du train. La maintenance des deux filtres à chaînes alimentant les files 1 et 4 est réalisée tranche en puissance. Le SEC du train concerné peut rester alimenté si nécessaire par la banalisation.

- SRU – source froide ultime : La maintenance préventive du SRU est effectuée train par train, tranche en puissance. Elle indisponibilise l'EVU et de plus pour la file 1, la troisième file PTR. Une allocation de durée pour maintenance préventive sera étudiée et validée par une approche probabiliste.
  - EVU – évacuation de puissance de l'enceinte : La maintenance préventive de l'EVU est possible tranche en puissance et réalisée en parallèle de celle du SRU.
  - LHP/Q/R/S - Diesels principaux de secours : La maintenance des diesels est réalisée tranche en puissance. La conception à quatre trains permet d'indisponibiliser un diesel en respect des exigences déterministes de sûreté. Tout comme les systèmes de sauvegarde, la durée de la maintenance préventive sur les diesels sera validée par les études probabilistes.
  - Tableaux électriques : La maintenance et notamment les contrôles réglementaires sous tension des tableaux sont possibles tranche en puissance. La maintenance avec coupure sur un certain nombre de tableaux est également possible. La liste définitive pourra en être établie après les études détaillées. Les tableaux de contrôle et de protection ne sont pas coupés tranche en puissance ainsi que les fonctions essentielles telles que l'isolement du circuit primaire et du confinement, l'isolement et la décharge du GV, Ils sont réalimentés par les interconnexions de la division voisine prévues à cet usage lors de la maintenance sur les diesels principaux notamment. Les organes d'isolement enceinte sont également réalimentés par une interconnexion.
  - LJP/S – diesels d'ultime secours : La maintenance préventive de ces diesels est possible tranche en puissance sous couvert d'une validation par les études EPS de la durée de celle-ci.
  - DVL - Ventilations des zones radiologiques non-contrôlées : chacune des quatre divisions électriques et de Contrôle-Commande est ventilée par un train DVL classé. Par ailleurs, un train DVL opérationnel, non classé, commun à deux divisions électriques, assure la ventilation durant les phases de maintenance préventive sur un train classé. Tous deux sont refroidis par le circuit de production et de distribution d'eau glacée (DEL). L'analyse de sûreté justifie l'acceptabilité de la perte du DVL en support de deux divisions. La réalisation de la maintenance préventive sur les systèmes DVL classés sûreté dans les zones radiologiques non-contrôlées sera réalisée tranche en puissance.
  - DEL - circuit de production et de distribution d'eau glacée) : puisque la maintenance préventive est autorisée tranche en puissance sur les systèmes DVL, cette maintenance est également possible sur le DEL qui le refroidit. La conception des autres refroidissement assurés par le DEL tels que le DCL, autorisent l'indisponibilisation d'un train DEL.
- La maintenance préventive d'un train DEL sera réalisée en même temps que celle du DVL. Par ailleurs, elle peut être réalisée pendant les périodes de températures extérieures basses afin de limiter les conséquences en cas de défaillance.
- DCL - Ventilation de la salle de commande principale : la conception du DCL rend possible la réalisation de la maintenance préventive d'une file de conditionnement tranche en puissance. Pour les batteries d'un train, leur maintenance sera réalisée en même temps que celle du DEL concerné.
  - Isolement de l'enceinte sous conditions spécifiques :  
Généralement, la maintenance préventive tranche en puissance n'est pas possible sur les moyens d'isolement eux-mêmes de par leur fonction pour le process ou la sauvegarde.  
Sous certaines conditions, la maintenance préventive sur une vanne d'isolement peut être envisagée tranche en puissance

<sup>2</sup> Etat F : arrêt à froid cœur entièrement déchargé

notamment si l'autre vanne peut être verrouillée en position fermée pendant cette maintenance et si la fonction ou partie de fonction à laquelle elle contribue n'est requise tranche en puissance ni pour la sûreté, ni pour le fonctionnement normal de la tranche.

En conformité avec les exigences de sûreté et de conduite, la maintenance préventive de nombreux systèmes et équipements ne peut être réalisée que lors des arrêts. Ceci est vrai pour :

- le circuit primaire et ses lignes connectées et notamment la robinetterie en génératrice inférieure,
- les parties secondaires des GV et les équipements connectés d'isolement vapeur ou de décharge à l'atmosphère,
- les travaux de maintenance préventive avec coupure sur les jeux de barres et appareillages des tableaux électriques notamment de contrôle-commande ne pouvant être coupés tranche en puissance,
- la mise en dépression de l'espace annulaire,
- la maintenance des équipements en limite des consignations nécessaires pour la maintenance tranche en puissance ne peut être réalisée qu'en arrêt,
- les parties de systèmes non requalifiables tranche en puissance,
- en état E, piscine réacteur pleine, les travaux de maintenance et d'inspection sur une division électrique sont possibles, les trois autres divisions restant disponibles,
- en état F, réacteur complètement déchargé, une seconde division peut être condamnée pour intervention de maintenance et inspection. Toutefois, les divisions 1 et 2 ou les divisions 3 et 4 ne doivent pas être condamnées simultanément. En effet, la conception des interconnexions entre divisions et des auxiliaires alimentés par ces divisions de sauvegarde nécessite de respecter cette exigence afin de maintenir la disponibilité des trois trains PTR en permanence.

Ces hypothèses sont prises en compte dans les études probabilistes de sûreté.

- Contrôle des tubes de générateur de vapeur : La réalisation des contrôles de tubes GV coté circuit primaire à l'aide de tapes de protection est prévue, à la conception, uniquement cœur déchargé sur les tranches EPR. Durant ces opérations de contrôle, il est prévu de garantir un double isolement entre la piscine de désactivation et la piscine cuve en s'appuyant sur les vannes d'isolement du tube transfert ou les divers batardeaux et portes.

La mise en place de tapes GV cœur chargé n'est pas autorisée sur EPR à ce stade des études.

Sur une période de 60 ans, pour des besoins d'exploitation, la pose de tape GV cœur chargé n'est pas exclue. Un complément de démonstration vis-à-vis du risque de vidange des piscines serait apporté comme condition préalable à la pose des tapes.

Des compléments seront apportés à cette liste au fur et à mesure de la réalisation des études détaillées, en cohérence avec les exigences inhérentes aux études d'accident.

## 2.3. PRISE EN COMPTE DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE EN PHASE DE CONCEPTION

### 2.3.1. Exigences sur la conception

Les exigences sur la conception ont déjà été prises en compte durant la phase de conception de l'EPR afin de répondre aux objectifs de disponibilité en conformité avec les objectifs de sûreté. Celles-ci sont notamment :

- la conception de l'îlot nucléaire à quatre divisions et trains de sauvegarde avec une séparation totale des quatre divisions mécaniques et électriques, à l'exception de certaines possibilités d'interconnexions électriques facilitant la maintenance préventive à la fois sur les tableaux électriques en arrêt de tranche mais

également lors des travaux de maintenance tranche en puissance sur les trains de sauvegarde,

- une zone de manutention et de stockage des matériels adjacente au tampon matériel, extension du confinement du bâtiment réacteur en arrêt,
- deux trains PTR qui assurent le refroidissement du combustible usé stocké dans la piscine du bâtiment combustible. Un troisième train supplémentaire peut secourir ce refroidissement. L'alimentation électrique des trois trains PTR est possible par une interconnexion électrique dédiée lors des coupures de tableaux durant les arrêts de tranche,
- pendant les opérations d'arrêt et de démarrage, des conditions diphasiques sont maintenues dans le pressuriseur. Ceci est possible grâce à un écart de température ( $\Delta t$ ) supportée par la ligne d'expansion du pressuriseur portée à 180 °C,
- l'instrumentation interne du cœur (système de mesure de type aeroball) ne nécessite pas de longues périodes de stabilisation du cœur au redémarrage avant de pouvoir réaliser la cartographie grâce à sa vitesse d'acquisition rapide,
- une conception des boîtes à eau GV facilitant l'installation côté primaire des tapes d'obturation à l'aide de robots et d'une partie secondaire équipée d'un piège à corps migrants,
- la réalisation de la maintenance côté îlot secondaire est rendue possible tranche en puissance par la redondance de conception de la station de pompage, des motopompes alimentaires APA et des pompes d'extraction CEX notamment,
- par conception, l'enceinte de confinement de l'EPR est accessible en permanence. Les conditions d'intervention dans le BR sont rendues acceptables en terme de température et d'hygrométrie, bruit. Les zones d'accès et d'intervention sont radiologiquement classées zones vertes... Pour les arrêts de tranche, après un balayage préalable de l'atmosphère de l'enceinte, il est prévu d'intervenir dans le bâtiment réacteur durant les sept jours qui précèdent l'arrêt et les trois jours qui lui succèdent. Durant le cycle normal, des travaux à l'intérieur du BR peuvent être à réaliser dans le cadre de la maintenance préventive.

### 2.3.2. Programme de maintenance

L'optimisation de la maintenance (démarche FMD : voir paragraphe 2.1 – stratégies de maintenance) dès la phase de conception permet d'apporter une contribution positive pour l'ensemble des objectifs tels que sûreté de l'installation et disponibilité de la tranche par une adéquation des activités de maintenance avec les enjeux effectifs des systèmes et matériels, environnement par une limitation des effluents suite à un programme de maintenance cohérent et optimisé, radioprotection et facteur humain par une maintenabilité des matériels prise à la conception.

Les programmes de maintenance préventive de l'EPR seront rédigés dès le stade des analyses de conception pour les systèmes qui représentent les enjeux les plus importants. De plus, leur conformité aux objectifs de sûreté, de disponibilité, de dosimétrie et de coûts définis au stade initial du projet sera vérifiée. En outre, ces programmes de maintenance doivent être cohérents avec les programmes d'essais périodiques définis pour les fonctions de sûreté.

La finalité de la démarche FMD est d'optimiser les programmes de maintenance préventive sur les matériels déclarés critiques. Ces programmes de maintenance doivent répondre aux objectifs de sûreté définis lors de la conception. En respect de ces objectifs de sûreté, l'optimisation consiste à améliorer la disponibilité tout en maîtrisant les contraintes liées à la maintenance.

Au stade des études détaillées de conception, des ajustements peuvent intervenir principalement au niveau du choix de la technologie des matériels (en rendant possibles les échanges standard sur les matériels sensibles), sur les systèmes (en améliorant la maintenabilité afin de limiter les durées d'intervention), sur l'instrumentation (en permettant la surveillance des matériels afin de limiter les interventions lourdes de maintenance préventive), et en permettant la mise en œuvre de la maintenance conditionnelle.

Le développement des programmes de maintenance implique de s'assurer de :

1) la compatibilité des durées d'intervention avec les fenêtres de maintenance prévues :

- dans le cadre des arrêts de tranche : ASR en 11 jours, visite partielle en 16 jours, visite décennale en 40 jours,
- dans le cadre de la durée d'indisponibilisation pour maintenance préventive tranche en puissance validée par une approche probabiliste des systèmes de sauvegarde (voir §2.2.2).

2) L'adéquation en terme de faisabilité concernant :

- l'accessibilité des zones d'intervention dont en particulier, réacteur en puissance, la zone de service du bâtiment réacteur,
- la dosimétrie des interventions et la décontamination éventuelle,
- les consignations : lorsque la tranche est en puissance, les matériels sur lesquels une intervention de maintenance est programmée doivent être isolés du système adjacent à l'aide de dispositifs d'isolement adéquats, qui peuvent être commandés à partir de la salle de commande ou par action manuelle en

local si ces organes d'isolement sont accessibles tranche en puissance,

- les durées de consignation et de vidange,
- la requalification après intervention : les interventions réalisées tranche en puissance doivent être requalifiables dans l'état de tranche considéré,
- la mise en service des systèmes (remplissage, éventage, conditionnement chimique et thermique),
- etc.

Cette phase de l'étude vise notamment à différencier, pour chaque système, le matériel pour lequel la maintenance peut être réalisée tranche en puissance de celui pour lequel elle doit être réalisée lors des arrêts de tranche. La prise en compte à la conception permettra d'optimiser les programmes de maintenance en assurant la cohérence avec les exigences de disponibilité, de sûreté, de radioprotection liées à l'installation, des considérations liées aux facteurs humains, à la protection de l'environnement, à la propreté radiologique et à la sécurité du personnel.

sous chapitre **13.3**

## PRINCIPES DE CONDUITE INCIDENTELLE

### ACCIDENTELLE

Les principes de conduite incidentelle/accidentelle de l'EPR ont été définis dans la mesure où ils ont une influence sur la démonstration de sûreté de l'installation (analyses d'accidents aux chapitres 15 et 19). Ils traitent de la conduite de l'installation après l'événement initiateur, lorsque des actions opératoire sont requises, y compris le passage de l'arrêt à chaud à l'arrêt à froid, RIS-BP fonctionnant en mode RRA.

Les règles de conduite incidentelle/accidentelle sont limitées à la définition de la mitigation (réduction des conséquences) d'un point de vue procédé (c'est à dire les actions à réaliser sur l'installation à partir des informations fournies à l'opérateur). Leurs principes généraux sont décrits ci-dessous. Une présentation générale des procédures de conduite sous l'aspect IHM est fournie au sous-chapitre 17.3

## 0. EXIGENCES DE SURETE

### 0.1. DOMAINE D'APPLICATION

Les principes de conduite concernant la conduite incidentelle / accidentelle doivent couvrir les incidents et accidents de l'analyse de sûreté relatifs :

- aux conditions de fonctionnement de dimensionnement PCC-2 à PCC-4,
- aux conditions de fonctionnement complémentaires RRC-A,
- aux situations liées aux agressions si nécessaire.

La conduite incidentelle / accidentelle doit couvrir tous les états initiaux du réacteur, de l'état A à l'état F ; elle doit permettre d'atteindre l'état d'arrêt sûr pour les PCC-2 à 4 et l'état final pour les RRC-A.

Ce domaine d'application doit être délimité par des critères d'entrée et de sortie.

### 0.2. REGLES RELATIVES AUX DOCUMENTS DE CONDUITE

Les documents opératoires détaillant les actions à réaliser (consignes de conduite) seront rédigés à partir de documents amont définissant et justifiant les stratégies de conduite utilisées (règles de conduite).

L'ensemble « règles de conduite » plus « consignes de conduite » est appelé « procédures de conduite ».

Les procédures de conduite décrivent les opérations qui permettent de rejoindre l'état sûr et si possible l'état de repli le plus approprié à la situation.

### 0.3. REGLES RELATIVES AUX ACTIONS DE L'OPERATEUR

La conduite incidentelle/accidentelle doit permettre à l'opérateur d'effectuer les actions manuelles de conduite prévues dans les études d'accident.

Dans les études d'accident relatives aux conditions PCC-2 à PCC-4, l'état contrôlé est atteint en utilisant uniquement les systèmes F1A (à l'exception des systèmes supports comme indiqué au sous-chapitre 3.2). Ensuite, la transition de l'état contrôlé à l'état d'arrêt sûr est effectuée en utilisant uniquement des systèmes F1A et / ou des systèmes F1B et des matériels qualifiés aux conditions d'utilisation.

Dans les études d'accident des séquences RRC-A, l'état final est atteint en utilisant tous les moyens de conduite, à l'exception de ceux dont l'indisponibilité ou la défaillance sert à définir la séquence (y compris défaillances induites). Pour certains cas de transitoires, la conduite fait appel à une disposition spécifique classée F2 nécessaire à la mitigation de l'accident en rendant acceptable la probabilité de dégradation du cœur.

En outre, la conduite incidentelle/accidentelle doit permettre à l'opérateur d'effectuer ces actions manuelles de conduite dans le temps imparti dans les études d'accident (cf. 15.0).

Réglementation applicable :

Directives techniques pour la conception et la construction des installations nucléaires de la prochaine génération avec réacteur à eau pressurisée (**voir sous-chapitre 3.1.2**) : le chapitre G.3 traite de l'utilisation du MCP pour la conduite accidentelle.





# 1. L'APPROCHE PAR ETATS

La conduite incidentelle/accidentelle consiste à rejoindre un état de repli sûr et stable, tout en assurant le contrôle permanent des trois fonctions de sûreté : réactivité, refroidissement et confinement.

L'Approche Par Etats (APE) a été utilisée pour la définition de la conduite incidentelle accidentelle. Elle repose sur la constatation suivante : si les combinaisons possibles d'événements ou de défaillances sont en nombre infini, les états physiques de l'installation peuvent être dénombrés. L'état physique correspond à un ensemble de valeurs de paramètres physiques qui caractérisent le comportement de l'installation à un instant donné.

Ces paramètres physiques ont été regroupés en six fonctions d'état qui peuvent être évaluées grâce à l'instrumentation.

Pour la partie primaire, les fonctions d'état sont :

- la sous-criticité du cœur – Niveau de puissance nucléaire,
- l'inventaire en eau du circuit primaire,
- l'évacuation de la puissance résiduelle du primaire.

Pour la partie secondaire, les fonctions d'état sont :

- l'intégrité des GV,
- l'inventaire en eau des GV,

Enfin, pour l'enclaustré, la seule fonction d'état est :

- l'intégrité enclaustré.

L'Approche Par Etats conduit à l'élaboration d'un jeu limité de stratégies de conduite dépendantes de l'état physique de l'installation, indépendamment de l'enchaînement d'événements ou de défaillances ayant conduit à cet état.

L'Approche Par Etats est fondée sur un processus auto-adaptatif (diagnostic permanent de l'installation). En pratique, l'opérateur, confronté à un accident donné, dispose d'un diagnostic de l'état de l'installation à partir des six fonctions d'état. Cette évaluation permet d'identifier une stratégie et des actions de conduite associées. L'évolution du diagnostic entraîne une réévaluation et l'identification d'une stratégie plus adaptée si nécessaire.

# 2. DOMAINE COUVERT PAR LA CONDUITE INCIDENTELLE ACCIDENTELLE

La conduite incidentelle/accidentelle s'applique à tous les états initiaux du réacteur, de l'état en puissance à l'état Réacteur complètement déchargé; elle couvre :

- tous les événements pris en compte dans la démonstration de sûreté (événements PCC-3 à PCC-4 et les séquences RRC-A),
- les transitoires de référence PCC-2 nécessitant la mise en œuvre d'une stratégie incompatible avec les stratégies du domaine de conduite normale (les autres seront traités dans le domaine de conduite normale).

La conduite accidentelle couvre les dégradations de l'état physique de l'installation. Elle repose donc sur l'analyse physique de l'installation et la mise en œuvre de stratégies prédéfinies. Cette conduite couvre donc un nombre illimité de situations, de façon plus ou moins optimisée selon leur complexité.

La conduite incidentelle couvre les situations, sans dégradation de l'état physique de l'installation, qui requièrent une stratégie de conduite incompatible avec celles existantes dans le domaine de conduite normale.

Enfin, la conduite incidentelle/accidentelle prend également en compte les conséquences des agressions internes et externes, en conformité avec les exigences de sûreté. Les hypothèses et les dispositions de conception sont décrites au chapitre 3.3 pour les agressions externes et au chapitre 3.4 pour les agressions internes. Les principes de protection contre les agressions sont essentiellement des dispositions de conception ne nécessitant pas d'action de conduite au titre de la conduite accidentelle. Il reste néanmoins deux dispositions de conduite à envisager, le cas échéant :

## Disposition 1 :

Si les études fonctionnelles de conséquences des agressions internes devaient valoriser des actions de conduite spécifiques, celles-ci devraient alors être intégrées dans un document de conduite adapté. Les actions de confirmation des automatismes qui seraient jugées nécessaires (sectorisation incendie par exemple), seraient également redevables de ce document.

## Disposition 2 :

Pour faire face à des agressions externes prédictibles, les dispositions mises en place sur le Parc en exploitation (système de pré-alerte, Règle Particulière de Conduite, éventuellement actions spécifiques confiées aux équipes de crise en perte totale source froide ou Manque De Tension Externe long terme conséquence d'une agression externe type inondation, ...) pourront être appliquées en fonction de leur pertinence pour la centrale considérée.

La conduite incidentelle/accidentelle s'applique jusqu'à l'atteinte de l'état de repli si nécessaire, qui tout en étant enveloppe de l'état d'arrêt sûr défini dans les études d'accidents PCC-2 à 4 (ou l'état final pour les séquences RRC-A), peut être différent de ce dernier. L'état de repli sera spécifié au cas par cas et caractérisé par le domaine.

La conduite est optimisée pour les transitoires les plus probables (conduite réaliste). Elle doit permettre de minimiser les conséquences d'un accident tout en respectant les études d'accidents.

# 3. CRITERES D'ENTREE ET DE SORTIE

La liste des critères pour lesquels l'entrée en conduite incidentelle/accidentelle est nécessaire est la suivante :

- arrêt automatique de réacteur, signal d'injection de sécurité,
- alarmes système/matériel repérées,
- demande explicite des procédures de conduite normale (fiches d'alarmes non repérées, Spécifications Techniques d'Exploitation, consigne de conduite normale, consigne de conduite particulière).

Les critères de sortie des procédures de conduite sont de deux types :

- soit la conduite incidentelle/accidentelle a permis d'amener la tranche en état d'arrêt sûr ; les critères de sortie indiqués dans les procédures incidentelle/accidentelles autorisent l'abandon de celles-ci,
- soit la conduite incidentelle/accidentelle a échoué. Cela se traduit par le début de fusion du cœur (critères de sortie vers la gestion des accidents graves).

Les modes de transition de « sortie de la conduite incidentelle accidentelle » sont ramenés à trois scénarios :

- Transition vers la conduite normale.

La conduite incidentelle/accidentelle est un succès. L'état de l'installation est satisfaisant vis-à-vis de la sûreté, et il est possible de reprendre rapidement les procédures de conduite normale pour remettre la tranche à disposition du réseau si nécessaire.

La sortie de la conduite incidentelle/accidentelle passe par une phase caractérisée par une durée limitée et deux objectifs : poursuivre la surveillance de l'installation et résorber les écarts avec un état normal des systèmes. Au-delà de ce délai, la conduite normale et les STE s'appliquent sans réserve.

- Transition vers l'état de réparation.

La conduite accidentelle est un succès. L'état de l'installation ne permet pas l'utilisation des procédures de conduite normale.

L'installation nécessite la recherche et la transition vers un état de réparation, de façon à effectuer les réparations nécessaires. Dans ce cas, les personnels de conduite et la Direction de la tranche accidentée s'entourent de tous les appuis techniques nécessaires, l'Organisation Nationale de Crise par exemple, pour identifier l'état de réparation le plus adapté et les modalités de réalisation du transitoire et de surveillance de l'installation. Une fois les réparations effectuées, le premier scénario s'applique.

• Transition vers le domaine des Accidents Graves.

La transition vers le domaine des Accidents Graves (AG) relève de critères propres à ce domaine. Dans ce cas, les procédures de conduite accidentelle sont abandonnées au profit des documents relatifs aux AG. Le ou les critères d'entrée en AG sont scrutés en conduite accidentelle quand cela est nécessaire. La décision d'abandonner les procédures de conduite accidentelle appartient à la personne dûment habilitée.

## 4. CONTENU DE LA CONDUITE INCIDENTELLE ACCIDENTELLE

Les règles de conduite incidentelle/accidentelle décrivent les actions de conduite nécessaires pour atteindre l'état de repli le plus approprié à l'état de l'installation.

Trois états initiaux de l'installation sont clairement distingués :

- primaire fermé, « RIS-BP en mode RA » non connecté,
- primaire fermé, « RIS-BP en mode RA » connecté,
- primaire non fermé.

Pour chacun de ces états initiaux, la conduite incidentelle/accidentelle fournit plusieurs stratégies de conduite en fonction du niveau de dégradation de l'état de l'installation. Un diagnostic permanent des six fonctions d'état évalue l'état de l'installation et détermine la stratégie de conduite adaptée à cet état.

Il se fonde sur les informations F1B suivantes :

Fonction d'état	Informations utilisées
Sous-criticité du cœur – Puissance nucléaire	Chaînes de mesure de flux neutronique
Inventaire en eau du primaire	Marge à la saturation température sortie cœur et Niveau cuve
Evacuation de la puissance résiduelle du primaire (pression et température du RCP)	Pression primaire et Température sortie cœur ou Marge à la saturation température sortie cœur
Intégrité des GV	Pression secondaire (par GV) et Activité secondaire (par GV)
Inventaire en eau des GV	Niveau d'eau GV
Intégrité enceinte	Pression enceinte et Activité enceinte

L'opérateur utilisera les moyens normaux de conduite, pour lesquels il n'y a pas nécessairement d'exigence de classement, ou les moyens de conduite classés F1A ou F1B.

Une liste non exhaustive des moyens de conduite est fournie ci-dessous :

Actions	Moyens normaux de conduite	Moyens de conduite classés F1
Refroidissement RCP	GCT	VDA
Alimentation GV	ARE, AAD	ASG
Restauration inventaire en eau RCP	RCV	RIS-MP, RIS-BP, Accumulateurs
Borication RCP	RCV	RBS, RIS-MP, RIS-BP
Dépressurisation RCP	Aspersion normale Aspersion auxiliaire RCV Décharge RCV	Soupapes PZR

La conduite incidentelle/accidentelle est réalisée avec l'interface homme-machine informatisée classée F2 (MCP). Cependant, si le MCP est indisponible, la conduite incidentelle/accidentelle peut être

réalisée avec l'interface homme machine conventionnelle classée F1B (MCS) sur laquelle sont implantés les moyens de commande et les informations classés F1 nécessaires à la conduite.

## 5. LIENS ENTRE LA CONDUITE ET LA QUALIFICATION

Les listes des équipements classés et des fonctions élémentaires à qualifier à l'ambiance accidentelle sont des données d'entrée pour l'élaboration des règles et des consignes de conduite accidentelle.

L'élaboration de ces listes s'appuie,

- sur les analyses d'exigences fonctionnelles menées sur la base des études d'accidents du Rapport Préliminaire de Sûreté,
- sur l'analyse des besoins liés à la conduite post-accidentelle : mesures qui seront nécessaires pour le diagnostic de l'état de l'installation, l'orientation initiale, et les réorientations entre stratégies de conduite.

Dans un premier temps, un jeu préliminaire d'informations à retenir pour l'orientation initiale et les réorientations entre stratégies sera établi en se référant au palier N4. Il fera l'objet des ajustements nécessaires au fur et à mesure de l'élaboration des procédures de conduite accidentelle de l'EPR.

Le processus d'élaboration des règles et des consignes de conduite accidentelle intègrera dès leur conception une analyse consistant :

- à s'assurer que la défaillance d'une information ne conduit pas à aggraver la situation accidentelle de manière inacceptable (analyse de type robustesse),
- à s'assurer que les équipements sont bien utilisés dans leur domaine de qualification (durée de mission et ambiances), et que la défaillance de matériels qui seraient utilisés hors de leur domaine de qualification ne conduit pas à aggraver la situation accidentelle de manière inacceptable,
- à amender les stratégies de conduite, ou le cas échéant à revenir sur les exigences de conception, dont celles de qualification, des équipements concernés si les points précédents n'étaient pas respectés.

Enfin, une vérification finale de cohérence entre les procédures accidentelles et les situations accidentelles qu'elles doivent couvrir sera effectuée à l'échéance du Rapport Provisoire de Sûreté.

sous chapitre **13.4**

## PRINCIPES DE CONDUITE EN ACCIDENT GRAVE

### 0. EXIGENCES DE SURETE

#### 0.1. DOMAINE D'APPLICATION

Les principes de conduite concernant les accidents graves doivent couvrir les conditions RRC-B prises en compte dans l'analyse de sûreté. Ces conditions, basées sur des calculs réalistes, couvrent les phénomènes retenus pour la conception des systèmes dédiés aux accidents graves.

Pour chaque phénomène étudié à travers ces calculs, des critères de sûreté spécifiques sont utilisés afin de vérifier la conception (voir §. 19.2.0).

#### 0.2. REGLES

Les systèmes nécessaires pour respecter les critères ci-dessus doivent être classés F2. De la même manière, l'instrumentation nécessaire aux actions des opérateurs doit être classée F2. Contrairement aux études PCC et RRC-A, les états de repli ne sont pas définis pour les accidents graves.

#### 0.3. CADRE REGLEMENTAIRE

Directives Techniques (**voir chapitre 3.1.2**) : le chapitre E 2.3.3 traite de l'instrumentation nécessaire.

### 1. DOMAINE A COUVRIR

Les principales problématiques associées aux accidents graves sont :

- la dépressurisation du circuit primaire,
- le contrôle de l'hydrogène,
- la protection du radier,
- l'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enclinte,
- le terme source.

Des systèmes dédiés ont été conçus pour faire face à ces problématiques. Ils doivent être mis en œuvre lors d'un accident

grave, soit manuellement, soit automatiquement.

Le fonctionnement de la tranche dans ces situations inclut :

- la réalisation des actions nécessaires par l'opérateur,
- la surveillance de l'efficacité du processus de mitigation,
- la surveillance de l'état général de la tranche et des rejets dans l'environnement.

L'analyse de l'instrumentation nécessaire aux actions dédiées est présentée à la section 19.2.2.6.

### 2. DOCUMENTATION ET CRITERES D'ENTREE

Alors que les procédures de conduite accidentelle se focalisent sur la sauvegarde du cœur, les priorités pour les accidents graves sont orientées vers la limitation des rejets dans l'environnement et l'intégrité de l'enclinte, avec la mise en œuvre de systèmes dédiés. Pour de telles situations très improbables, le fonctionnement de la tranche exige des actions de conduite inhabituelles qui peuvent être contraires aux principes de

conduite en situation normale ou accidentelle. Par conséquent, il est nécessaire de faire une distinction nette entre les documents et les principes de conduite dans ces deux situations, et un document spécial sera appliqué à la gestion des accidents graves.

Sur la base des études actuelles, le critère retenu pour passer de la conduite accidentelle à la conduite d'un accident grave est une température de sortie du cœur supérieure à 650°C.

## 3. PRINCIPES DE CONDUITE

Les principes de conduite retenus pour la gestion des accidents graves sont liés aux problématiques identifiées au chapitre 13.4.1.

### 3.1. DEPRESSURISATION DU CIRCUIT PRIMAIRE

Le critère sur la température de sortie du cœur marque la transition entre la conduite accidentelle et la conduite d'un accident grave. En plus des procédures de conduite accidentelle qui requièrent déjà des actions pour dépressuriser le circuit primaire en cas de dégradation de l'inventaire d'eau (refroidissement rapide des GV, ouverture des vannes de décharge du pressuriseur), la gestion des accidents graves nécessite l'ouverture des vannes de la ligne de décharge dédiée aux accidents graves (voir chapitre 5.4.8), afin d'éviter une rupture de la cuve en pression et d'exclure le risque de défaillance de l'enceinte par DCH.

Le processus de dépressurisation peut être contrôlé à l'aide des indications sur la position des vannes de la ligne de décharge dédiée accidents graves et sur la pression du circuit primaire.

### 3.2. CONTROLE DE L'HYDROGENE

Les objectifs en terme de contrôle du risque hydrogène (voir chapitre 6.2.4) sont atteints grâce à l'installation de recombiners catalytiques.

Ces systèmes sont purement passifs et n'ont pas à être activés manuellement.

### 3.3. PROTECTION DU RADIER

Le concept de rétention du corium (voir chapitre 6.2.6) ne nécessite aucune action de l'opérateur dans la mesure où le noyage du corium est automatiquement mis en oeuvre à la suite de son étalement.

La réussite du transfert du corium jusqu'à la chambre d'étalement peut cependant être vérifiée par la détection de rupture de cuve puis par la position des vannes de noyage et le niveau d'eau de l'IRWST.

La réussite de la rétention du corium peut être vérifiée par le suivi du niveau et de la température de l'IRWST, de la pression enceinte et de la puissance extraite par l'EVU. Un échec du refroidissement du corium et la perte d'intégrité du récupérateur de corium seraient également détectés par la mesure de température à l'entrée du canal principal de refroidissement du récupérateur.

### 3.4. EVACUATION DE LA PUISSANCE RESIDUELLE HORS DE L'ENCEINTE

Le système d'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte (EVU), voir chapitre 6.2.7, doit être activé manuellement afin de limiter la pression de l'enceinte (en dessous de la pression de 5,5 bars) et le terme source. Outre un critère de temps, un critère basé sur la pression de l'enceinte est prévu.

En plus de cette mesure, le fonctionnement du système d'évacuation de la puissance résiduelle hors de l'enceinte sera contrôlé à l'aide des informations suivantes : températures et débits dans l'EVU et sa chaîne de refroidissement dédiée, température de l'IRWST. Le niveau des puisards dans les locaux EVU situés dans les bâtiments des auxiliaires de sauvegarde permet en outre de détecter une fuite sur l'EVU.

### 3.5. TERME SOURCE

La limitation des rejets dans l'environnement résulte de l'activation et du fonctionnement des systèmes indiqués ci-dessus.

De plus, la ventilation de l'espace entre enceintes (**voir chapitre 6.2.2**) doit être contrôlée ainsi que les rejets par la cheminée. Pour atteindre cet objectif, le fonctionnement de la ventilation de l'espace entre enceintes est géré manuellement via des critères relatifs à la température de sortie du cœur (arrêt de la ventilation sur signal d'accident grave) et à la pression de l'espace entre enceintes (démarrage de la ventilation sur piège à iode en cas de perte de la dépression).

L'isolement de toutes les lignes pénétrant dans l'enceinte, ainsi que l'évacuation et la fermeture du bâtiment réacteur doivent également être contrôlés (ce contrôle est normalement réalisé pendant la première phase de l'accident, voir chapitre **6.2.3**).

En outre, les rejets peuvent être contrôlés à l'aide des indications sur les débits de dose dans l'enceinte, l'espace entre enceintes et les bâtiments de sauvegarde et sur l'activité à la cheminée.