

## 1. OBJECTIFS DE SURETE

Il convient de prendre en considération les Facteurs Humains (FH) au cours de la phase de conception, en tenant compte des aspects liés à la conduite et à la maintenance (y compris les activités d'essai correspondantes) tout en mettant l'accent sur l'expérience d'exploitation. Le principal objectif vise à tirer avantage des capacités

humaines tout en minimisant les possibilités d'erreurs humaines et en réduisant l'impact de ces erreurs sur la tranche.

Le programme Facteurs Humains se concentre sur les aspects liés à la sûreté. Il contribue par ailleurs aux objectifs de Radioprotection (cf. chapitre 12).

## 2. CADRE REGLEMENTAIRE

Directives techniques (voir chapitre 3.1.2) pour la conception et la construction de la prochaine génération de tranches nucléaires à eau

pressurisée (section A.2.3 – Interface Homme-Machine, section C3. Facteurs Humains).

## 3. EXIGENCES LIEES AU PROGRAMME D'INGENIERIE DES FACTEURS HUMAINS

Une attention appropriée doit être portée aux Facteurs Humains au stade de la conception, en tenant compte des aspects du fonctionnement normal, des tests et de la maintenance, avec une attention toute particulière à l'expérience d'exploitation.

Un programme approprié d'Ingénierie des Facteurs Humains (IFH) doit être préparé et mis en œuvre pour la conception et l'évaluation de la tranche.

Dans le cadre de ce programme pour les futures activités de conduite, les aspects suivants devraient être abordés de manière itérative, si cela est nécessaire et dans la mesure où la sûreté est impliquée :

- la description et l'analyse des tâches,
- l'allocation des fonctions aux équipements et aux hommes,
- la conception des interfaces,
- le choix du niveau de guidage des opérateurs,
- l'organisation des équipes de conduite,
- la vérification et la validation des choix de conception.

Le programme doit également couvrir les activités de maintenance et d'essais afin de garantir la cohérence des choix de conception dans une approche structurée des Facteurs Humains.

Il conviendrait de prévoir l'application des principes de conception ergonomique appropriés et de fournir des délais de réaction suffisamment longs pour les actions des opérateurs, afin de réduire les erreurs des opérateurs et de rendre la tranche moins sensible à ces erreurs.

Des informations suffisantes et appropriées doivent être mises à disposition des opérateurs pour une bonne compréhension de l'état de la tranche, y compris en conditions d'accident grave, et pour une bonne évaluation des effets de leurs interventions.

Une organisation appropriée de mise œuvre du programme IFH doit être prévue.

Les Facteurs Humains doivent également être pris en compte pendant la phase d'exploitation de la tranche en mettant en œuvre un programme et une organisation spécifiques.

## 4. EXIGENCES DE CONCEPTION

Les exigences de conception de l'ingénierie des Facteurs Humains et de l'Interface Homme-Machine sont fournies dans le RCC-E.

## OBJECTIFS DU PROGRAMME D'INGENIERIE DES FACTEURS HUMAINS (IFH)

Atteindre les objectifs de sûreté et de disponibilité adoptés pour un EPR, exige une maîtrise technique de la conception et signifie également l'étude, dès le départ, du rôle joué par les opérateurs humains pendant l'exploitation des installations. En effet, les opérateurs humains, indispensables dans nos installations mais potentiellement faillibles, sont une source essentielle de performance et de sûreté, surtout pour la gestion des situations imprévues et l'optimisation quotidienne, lorsqu'ils sont intégrés à un environnement de travail adapté.

L'ingénierie ne conçoit pas uniquement des dispositifs techniques, mais plus fondamentalement, des situations de travail où agissent des hommes et des femmes. Les sources de progrès en termes de sûreté et de disponibilité ne dépendent pas uniquement de la sophistication de ces dispositifs techniques mais également de la prise en compte anticipée de l'activité humaine qu'ils génèrent.

## 1. OBJECTIFS GENERAUX

Le programme IFH contribue à :

- fournir au personnel d'exploitation les moyens leur permettant de remplir leurs missions de manière à atteindre la performance désirée en termes de sûreté, de qualité, de fiabilité, de disponibilité,
- offrir des conditions de travail minimisant les risques pour la santé (sécurité conventionnelle et risques radiologiques en particulier).

Ce programme s'applique aux futures situations de travail dans lesquelles vont être réalisées les activités d'exploitation (Conduite, Essais, consignations) et de maintenance.

Il contribue à la spécification des moyens (systèmes, outils techniques, documentation d'exploitation et de maintenance,

organisation, compétences) à fournir au personnel de manière à lui permettre de remplir les rôles qui lui sont confiés dans les installations, tout en réduisant les possibilités d'erreurs. Les moyens spécifiés doivent permettre aux métiers de conduite et de

maintenance d'analyser, diagnostiquer et agir, ils doivent favoriser la détection, l'analyse et la récupération des erreurs.

Le programme IFH contribue également à la répartition des tâches entre les opérateurs humains et les systèmes techniques.

## 2. CHAMP COUVERT PAR LE PROGRAMME IFH

Les Facteurs Humains sont pris en compte dans la conception de l'EPR en particulier lorsque les tâches à réaliser sont liées à la sûreté et lorsque l'environnement de travail peut être dangereux pour le personnel. Le programme IFH s'applique par conséquent principalement aux activités de Conduite (incluant consignations et essais), de logistique technique et de maintenance. Les activités d'essais sont couvertes à la fois par les activités de conduite et de maintenance.

### • *Domaine Conduite* :

Un ensemble représentatif des situations de conduite est examiné et évalué sur simulateur, dans la mesure où ces situations concernent la sûreté. Le programme, détaillé dans le sous-chapitre 17.2, traite de la conception des moyens de commande et de surveillance, du niveau d'automatisation, de la définition de l'intervention humaine dans des situations d'accident, de la gestion des transitoires de conduite, de l'installation de la salle de commande.

Concernant spécifiquement l'interface de conduite, la conception du système homme-machine cherche à répondre aux principes suivants :

- tâche exécutable par l'opérateur (allocation d'un temps suffisant, disponibilité des commandes et informations nécessaires),
- possibilité de contrôler le succès de la tâche en fonction des objectifs,
- possibilités de récupération prévues en cas de défaillance des actions,

- redondance humaine (assistance de l'opérateur, superviseur ...) pour permettre un contrôle indépendant pour pallier les erreurs humaines,

- formation adaptée pour permettre de bien connaître la tâche et d'évaluer si l'objectif est atteint ou non.

### • *Domaine Maintenance*

En ce qui concerne les futures interventions de maintenance, une sélection des situations et des activités devant faire l'objet du programme FH a été faite, étant donné le nombre important de ces situations.

Pour ces activités, le programme IFH traite de :

- la disposition des bâtiments de la tranche et des équipements dans les locaux (accessibilité des matériels, espaces de circulation, moyens de manutention nécessaires pour les opérations de maintenance),

- des conditions d'ambiance lumineuse, sonore, thermique.

De façon générale, le programme IFH doit s'appuyer sur :

- une méthodologie fondamentale à appliquer aux principales situations de travail avec des enjeux spécifiques (la sûreté, la sécurité, la radioprotection et la disponibilité),
- les études réalisées pour les aspects spécifiques (p. ex. radioprotection), qu'il complète,
- un ensemble de règles à appliquer lors de la conception.

## 3. FIABILITE HUMAINE

Dans le domaine Facteurs Humains, la fiabilité du processus technique passe par deux types de principes de conception :

- prévenir l'occurrence des « erreurs humaines »,
- rendre l'installation moins sensible aux « erreurs humaines ».

### 3.1. PREVENTION DE L'ERREUR HUMAINE

La prévention de « l'erreur humaine » est une dimension prise en compte dans les études qui sont menées dans le cadre du programme d'ingénierie des Facteurs Humains (IFH).

De façon générale, le programme IFH doit contribuer à prévenir les erreurs humaines, par les moyens décrits ci-dessous :

- l'application des réglementations (p. ex. dans le domaine de l'installation) et des normes ergonomiques internationales ;
- la bonne répartition des activités entre les opérateurs et les systèmes automatiques ;
- la pertinence des informations fournies au personnel d'exploitation ;
- la prise en compte de la maintenance à la conception (par exemple : choix des matériels) ;
- les dispositions d'organisation et d'affectation du personnel (redondance humaine) (**voir sous chapitre 17.3**).

### 3.2. SENSIBILITE DE LA TRANCHE AUX ERREURS HUMAINES

Rendre la tranche moins sensible aux erreurs humaines est un des objectifs EPR. Des dispositions de conception permettent ainsi de limiter les conséquences en cas d'oubli d'action ou d'erreur dans la réalisation d'actions :

- l'autonomie de la tranche en situation d'accident telle que décrite au sous-chapitre 15.0, c'est à dire 30 minutes sans actions humaines requises après apparition d'une information significative,
- la conduite APE décrite en sous-chapitre 13.3 permet de ramener la tranche en état sûr et de traiter les dégradations de l'état du réacteur.

Dans la suite des études de conception, la contribution de l'erreur humaine au risque général sera analysée et évaluée dans le contexte de l'évaluation probabiliste de sûreté. Ceci nécessite des modèles quantitatifs du comportement humain permettant de fournir une justification quantitative que les mesures de conception sont adaptées au risque général de EPR (voir sous chapitre 18.1).

sous chapitre 17.2

## PROGRAMME D'INGENIERIE DES FACTEURS HUMAINS

Le programme d'Ingénierie des Facteurs Humains est un programme transverse qui développe une méthodologie propre au domaine Facteurs Humains, de manière intégrée aux études générales de conception réalisées par les différents métiers de conception.

Ce sous-chapitre décrit les principes méthodologiques retenus ainsi que leur mise en œuvre concrète dans le programme IFH, mise en œuvre qui requiert nécessairement des adaptations à la réalité d'un programme global de conception.

# 1. METHODOLOGIE

La méthodologie de prise en compte des Facteurs Humains à la conception consiste à intégrer le point de vue du travail dans les choix de conception. Pour établir les choix de conception, il est nécessaire de disposer d'une connaissance du travail des futurs intervenants. Cette référence à l'activité permet de garantir la pertinence des options choisies.

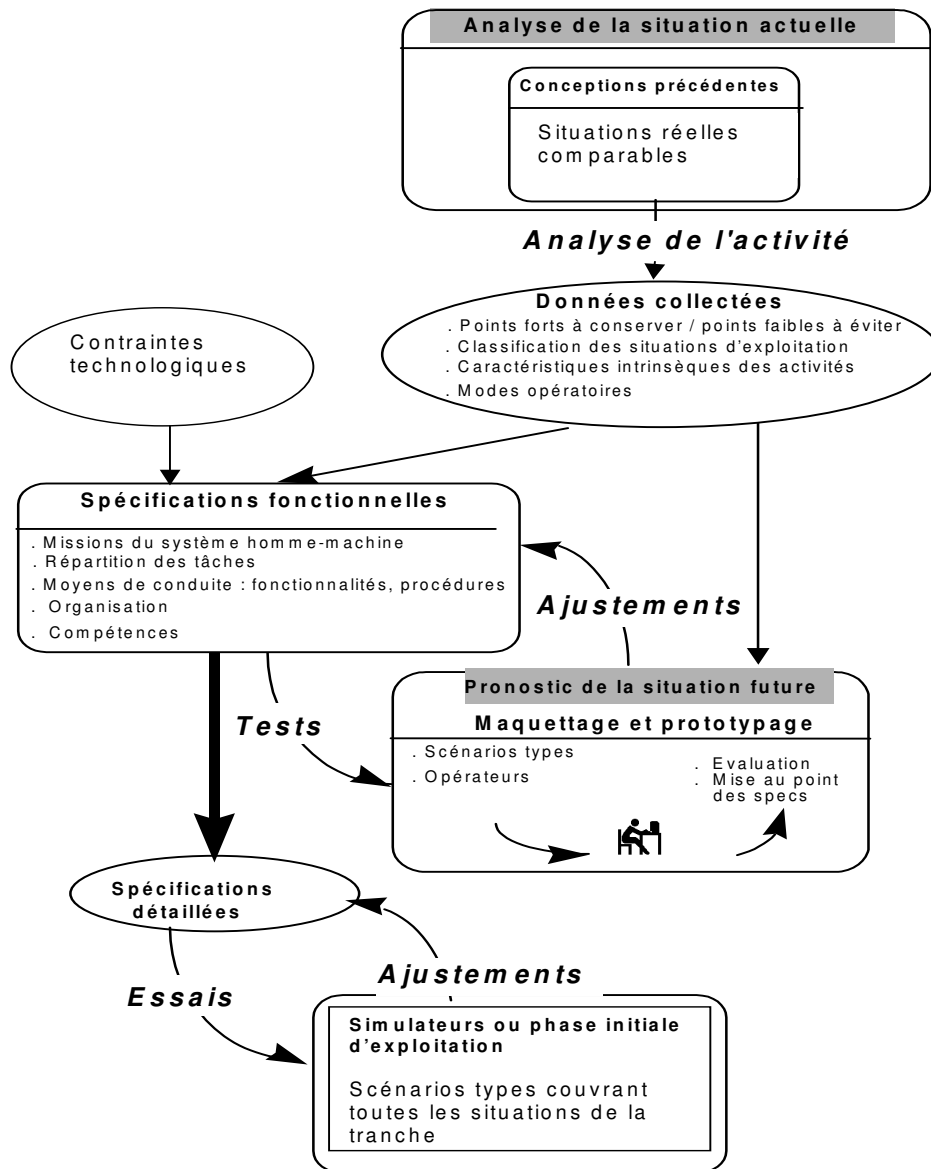
Dans un projet de conception, l'activité doit être prise en compte à travers une approche de conception itérative qui vise à prévoir les activités futures par des approximations successives articulées autour du processus de conception. L'activité future pourra être anticipée par la prise en compte de situations réelles comparables, par des

études de simulation sur des maquettes simples, en réalité virtuelle ou sur simulateurs.

Le pronostic de la situation future sera d'autant plus pertinent qu'il sera basé sur une connaissance de l'activité obtenue par des analyses d'activité réalisées dans des situations réelles comparables.

La figure FIG 1 ci-dessous illustre le principe de l'approche itérative. Les itérations dans ce diagramme montrent que le pronostic ne s'achève pas avec l'analyse des besoins mais qu'il se poursuit tout au long des spécifications. Il est rendu plus fiable grâce à divers outils reconstruisant la situation réelle.

FIG 1 : PRINCIPE DE L'APPROCHE ITERATIVE



## Phase 1 : Analyse de la situation existante

L'analyse de l'activité dans des situations réelles comparables permet d'identifier les caractéristiques intrinsèques du travail, c'est-à-dire les caractéristiques invariables qui seront inévitablement rencontrées quels que soient les outils fournis aux intervenants.

Cela permet de préciser les activités types et leurs exigences en termes d'informations et de moyens d'action.

Cette analyse permet également de faire apparaître les difficultés à dépasser, de même que les points forts à conserver dans les situations existantes. De cette manière, elle contribue à la définition des spécifications fonctionnelles du futur dispositif technique.

Les analyses sur le terrain sont centrées sur l'activité des intervenants et, plus généralement, des équipes de travail. Elles sont menées sur la base d'entretiens et d'observations qui visent une compréhension du travail de manière à en comprendre les déterminants ainsi que "comment ça fonctionne bien" et "comment ça ne fonctionne pas" : points à améliorer et points forts à conserver.

## Phase 2 : Contribution aux spécifications

Afin d'intégrer les Facteurs Humains à la définition des spécifications fonctionnelles, certains principes concernant la position des opérateurs humains dans l'installation ont été définis.

- Les opérateurs humains sont essentiels dans les installations mettant en œuvre un processus dynamique à risque. Ils sont un maillon essentiel dans la sûreté et la disponibilité des installations, grâce à leur adaptabilité et leur capacité d'interrogation et de réaction face aux situations imprévues.

Cependant, cette contribution fondamentale requiert une définition claire de leurs rôles et de leurs relations avec l'installation :

- La répartition des tâches entre les opérateurs humains et les systèmes techniques doit être clairement définie afin de s'assurer que « ce qui agit sur le fonctionnement » lors d'une phase donnée est bien identifié. Pour être optimale, la répartition des tâches entre l'opérateur humain et le dispositif de commande automatique doit être définie sur la base des capacités de l'opérateur humain (car l'opérateur humain et le dispositif de commande automatique n'ont pas de capacités équivalentes) et des activités à réaliser.
- Le critère d'automatisation doit être d'allouer aux dispositifs de commande automatiques des tâches répétitives ou des tâches dépassant les capacités physiologiques, psychologiques et cognitives d'un opérateur (temps de réponse très court, quantité de données excessivement importante). Les choix d'automatisation doivent également permettre l'acquisition et le maintien des connaissances pertinentes du fonctionnement de l'installation de manière à ce que les opérateurs puissent réaliser eux-mêmes les actions d'exploitation dans toutes les situations survenant, qu'elles soient normales ou anormales.
- Les relations entre les opérateurs et les dispositifs de commande automatiques doivent être telles que les opérateurs peuvent avoir confiance dans les dispositifs de commande automatiques et dans les données fournies par l'interface. Si cette confiance n'est pas assurée, les opérateurs risquent de contourner ou bloquer les dispositifs et, à terme, risquent de se considérer moins armés pour conduire les installations. Afin d'établir cette confiance, les opérateurs doivent, au minimum, comprendre ce que réalisent les dispositifs de commande automatiques. Ceci signifie qu'ils doivent savoir ce que font les dispositifs de commande automatiques (évitant un phénomène "boîte noire") en leur fournissant un retour d'informations significatif et suffisant sur le comportement des systèmes automatiques.
- Les relations entre les opérateurs humains, les dispositifs de commande automatiques et le processus doivent permettre aux opérateurs de garder la maîtrise des installations dont ils ont la

responsabilité en leur fournissant les moyens d'actions nécessaires sur le processus et, quand cela est nécessaire, les moyens d'intervention sur le comportement des automatismes.

- Les relations entre les opérateurs et le processus doivent fournir aux opérateurs une connaissance opératoire de l'état en cours du processus et leur permettre de prévoir les états futurs. A cette fin, ils doivent disposer d'un retour d'informations significatif sur le processus pour permettre leur compréhension en temps réel. Cette compréhension est à la base de la supervision et de la réalisation des actions manuelles. Elle n'est pas synonyme d'une connaissance exhaustive en temps réel de l'état de l'installation et du processus, mais plutôt d'une connaissance de la logique du processus.

### Phase 3 : Pronostic des situations futures

Pour que les spécifications de l'installation à concevoir soient satisfaisantes (c'est à dire opérationnelles en terme de tâches à réaliser et compatibles avec les capacités humaines), le travail qu'elles généreront doit être prévu lors de la définition des spécifications.

De ce fait, le pronostic de l'activité future doit être défini en fonction des spécifications déjà adoptées pour le nouveau système socio-technique, à l'aide des moyens suivants :

- l'analyse des situations de référence (analyse des activités réalisées dans des situations comparables réelles) ;
- l'utilisation de moyens de reconstruction de la réalité (simulateurs, outils 3D, maquettes, prototypes, etc.) simulant les spécifications en cours de mise au point, afin de prévoir davantage dans le détail l'activité future. Le principe est de mettre en situation de futurs acteurs. Pour cela des scénarios types sont définis à partir des connaissances de l'activité existante, qui permettent de se rapprocher de ce que seront les futures situations de travail étant données les options techniques et organisationnelles envisagées. Au-delà d'une simple mise au point, ce maquetage/prototypage est également l'occasion d'évaluer des options alternatives.

### Phase 4 : Ajustements en fonction des spécifications

Les résultats des essais d'évaluation sont analysés afin d'évaluer les ajustements nécessaires aux spécifications de conception. Les modifications proposées seront acceptées ou refusées en se fondant sur les différents objectifs à atteindre et sur les contraintes techniques.

## 2. CONTENU DU PROGRAMME D'INGENIERIE DES FACTEURS HUMAINS

### 2.1. DOMAINE D'APPLICATION DU PROGRAMME IFH

Le programme d'ingénierie Facteurs Humains se rapporte aux différents domaines de l'exploitation future : activités de conduite et de maintenance, en salle de commande et en local, incluant les activités d'essais et de consignment. Il s'applique et sera développé par conséquent dans les trois domaines de conception suivants :

- fonctionnement et conduite de la tranche,
- conception des systèmes,
- installation générale.

### 2.2. FIABILITE HUMAINE

Décrits dans le sous chapitre 17.1, les objectifs de fiabilité humaine se déclinent comme exposé ci-dessous.

La question de l'erreur humaine sous-tend en particulier les études de conduite et d'IHM.

Ainsi, pour illustration :

- la conception des documents de conduite « papier » et de l'imagerie : charte graphique (couleurs, lisibilité des caractères, espaces, densité de l'image ou de la page, ...), caractère compréhensible des instructions,
- la conception des systèmes de traitement et de présentation d'alarmes,

doivent intégrer le risque d'erreurs humaines.

Lors des évaluations des interfaces de conduite sur simulateur, l'efficacité de la conduite sera évaluée, en particulier : la performance des actions de conduite, les occurrences d'erreurs de conduite, la détection et la récupération de ces erreurs.

Dans le domaine des études de conception pour la maintenance, lors des études de conception détaillées, des dispositions génériques de l'environnement de travail seront définies : repérage des matériels et des locaux, qualité des documents de maintenance et d'essai, conditions d'ambiance (éclairage, niveau sonore, température) visant à favoriser la qualité du travail et à réduire l'occurrence d'erreurs.

Une vérification du type de celles effectuées sur simulateur de conduite (permettant une relative détection des erreurs de conduite) n'est toutefois pas réalisable pour les activités de maintenance. Cependant la démarche mise en œuvre pour l'étude des activités de maintenance (cf § 2.5.3.) abordera le risque d'erreurs humaines quand cette question est pertinente.

### 2.3. FONCTIONNEMENT ET CONDUITE DE LA TRANCHE

#### 2.3.1. Identification du Retour d'expérience

L'identification et l'analyse du REX des situations existantes est la première étape de prise en compte des FH dans la conception. Elle s'apparente à une étape de diagnostic. Ces analyses, réalisées dans des situations réelles comparables (des situations existantes mettant en œuvre des principes similaires à ceux à appliquer), permettent d'identifier les activités types et leurs exigences associées. De cette

manière, elles contribuent à la définition des concepts de base (spécifications du travail) pour les équipements techniques futurs et, plus tard, à la définition des spécifications détaillées.

#### Fonctionnement normal

Une analyse des activités de conduite des tranches N4 et 1300 MW permet de révéler les caractéristiques invariables de l'activité, c'est à dire les caractéristiques qui seront toujours retrouvées, indépendamment de l'outil technique fourni aux intervenants. Ceci comprend, plus précisément :

- les activités types (c'est à dire des ensembles d'actions ayant une logique d'organisation pour un acteur),
- les exigences en termes d'informations et de moyens d'action, les difficultés à surmonter et, enfin, les points forts à conserver.

Au cours de la phase de conception fonctionnelle et de la phase de conception détaillée, les analyses d'activité permettent de définir les exigences d'interface en termes de fonctions. Ces analyses jouent un rôle dans la définition des scénarios types pour lesquels des points spécifiques doivent être contrôlés et qui sont utilisés pendant l'évaluation de la conception.

#### Fonctionnement incidentel et accidentel

Les situations réelles de tranche pour lesquelles les consignes d'Approche par Etats (APE) ont du être utilisées, seront analysées afin d'obtenir des données pour le projet EPR.

### 2.3.2. Spécification fonctionnelle

L'action FH contribuera à la détermination des compromis les mieux adaptés entre les contraintes techniques et les exigences Facteurs Humains de l'activité de conduite. Ces aspects seront étudiés lors de la réalisation des essais ergonomiques visant à prévoir la situation future.

Divers aspects seront abordés :

#### **Place des opérateurs humains dans le fonctionnement**

Les études de conduite intégreront les principes définis dans le paragraphe 1 à propos du rôle des opérateurs dans la conduite de l'EPR. L'analyse des activités existantes sera prise en compte (REX du palier N4).

#### **Aspects organisationnels et collectifs du travail**

La dimension collective de l'activité de conduite de la tranche est identifiée comme un facteur important de succès des opérations de surveillance et de conduite. Au stade du début des études détaillées de la conception de l'IHM, l'optimisation de la coopération dans l'équipe de conduite est recherchée. La conception des éléments suivants présente par exemple une dimension coopération et travail collectif importante :

- documents de conduite (papier et informatique),
- système d'alarme,
- images synoptiques.

La conception des outils de communication avec l'extérieur de la salle de commande sera examinée dans une phase ultérieure : l'évolution technologique rapide dans le domaine amène à différer au plus près du démarrage de la tranche le choix des outils de communication.

#### **Spécification fonctionnelle de la conduite en conditions normales**

La spécification du fonctionnement normal de la centrale a pour but de fixer un ensemble de règles de fonctionnement qui dépendent des exigences de fonctionnement de la centrale (états standard et transitoires de la centrale), de définir des moyens en termes d'information et de commande pour faciliter la conduite de la tranche et de spécifier les documents de conduite.

La contribution FH prévue à cette étape doit s'assurer que les caractéristiques de l'activité dans la salle de commande sont prises en compte sur la base des analyses d'activités réalisées. Les activités de conduite ne sont pas un simple processus organisé de tâches planifiées se suivant sans problèmes, ce sont diverses activités à gérer en parallèle en fonction des priorités de la situation. Il faut en identifier les conséquences possibles pour la spécification de

l'interface et de la documentation.

La spécification fonctionnelle de la conduite et de l'interface de conduite en conditions normales inclut les activités de consignation et essais en salle de commande.

#### **Spécification fonctionnelle de la conduite en conditions incidentelles et accidentelles**

Comme pour la conduite normale, les spécifications fonctionnelles de la conduite en conditions incidentelles et accidentelles visent à définir les moyens nécessaires d'information et de commande à fournir au personnel d'exploitation afin de réaliser un diagnostic pour déterminer l'état de l'installation, d'identifier les procédures de conduite et de conduire l'installation, en cas d'incident ou d'accident. Il faut notamment définir le mode d'accès et le contenu des procédures de conduite.

#### **Utilisation des différentes IHM**

Comme indiqué dans le sous chapitre 17.4., trois IHM sont prévues (MCP, MCS, SdR) afin de faire fonctionner la tranche dans chaque situation possible (perte de salle de commande principale, perte du MCP).

La conception de chaque équipement de conduite et son adéquation aux exigences de conduite, la documentation et la formation requises pour l'utiliser, seront étudiées et évaluées dans la phase de spécification détaillée.

#### **Aménagement des locaux IHM (salle de commande principale, SdR, ...)**

L'aménagement de la salle de commande et des locaux annexes (dont les locaux de crise) fera l'objet d'une étude spécifique. Cette étude a pour objectif de concevoir une salle de commande et locaux annexes dont l'aménagement soit le plus adapté possible aux activités qui s'y dérouleront. Les besoins des futurs exploitants seront identifiés et des recommandations proposées.

L'étude identifiera notamment les exigences de l'activité : préparation, diagnostic, prise de connaissance de la documentation, communications, coopération. La dimension collective du travail sera particulièrement étudiée, sur les aspects suivants :

- les coopérations et communications avec les services extérieurs à la conduite,
- les préparations collectives d'activité,
- les coopérations entre les différents métiers de l'équipe de conduite.

Cette étude devra intégrer l'activité future dans la conception, identifier les différentes contraintes techniques, trouver les meilleurs compromis.

Une maquette à l'échelle 1 de la salle de commande sera utilisée afin d'évaluer avec des futurs utilisateurs (représentés par des opérateurs de conduite des tranches actuelles) le projet proposé et de le faire évoluer afin de répondre aux mieux aux exigences de l'activité.

### 2.3.3. Evaluation des spécifications = pronostic des activités futures

Les diverses spécifications produites seront placées dans leur contexte pratique lors des essais ergonomiques. Des moyens de simulation adaptés seront mis au point afin d'évaluer les activités d'exploitation résultantes, l'application fournie sera évaluée d'un point de vue ergonomique sur la base suivante :

- son "utilité", c'est à dire le fait qu'elle offre aux futurs utilisateurs l'ensemble des fonctionnalités dont ils ont besoin pour mener à bien les tâches qui leur sont imparties dans le contexte organisationnel défini,
- son utilisabilité ou facilité d'utilisation, c'est à dire qu'en terme de dialogue, les informations et commandes soient présentées de façon significative et non ambiguë, qu'elles soient regroupées et s'enchaînent de façon pertinente et qu'elles soient rapidement accessibles.

Aux principales étapes du processus de conception, des simulations des situations futures sur une maquette d'Interface Homme-Machine (IHM) sont réalisées afin d'examiner la faisabilité des

principes de conduite sous-jacents.

Les essais des différentes IHM (en premier lieu le MCP) sont réalisés avec la participation d'un échantillon représentatif des futurs utilisateurs et en utilisant des scénarios conçus sur la base des analyses de la situation actuelle.

Un programme de validation est défini pour permettre de tester puis faire évoluer et compléter le plus tôt possible les choix de conception.

Pour l'évaluation de l'interface de conduite principale (MCP), quatre étapes majeures sont prévues :

1) Essais des premières options d'IHM et principes de conduite sur maquette d'IHM avec simulateur 900 MW.

Il s'agit à ce stade initial, de valider les principes retenus par le futur exploitant pour la conduite et l'IHM et d'évaluer les premiers choix de déclinaison de ces principes en spécifications des moyens de conduite : choix d'imagerie, procédures, système d'alarmes, dialogues, pour l'IHM EPR.

2) Essais des spécifications complémentaires ou modifiées sur maquette d'IHM avec simulateur 900 MW.

Lors de cette deuxième campagne, les nouvelles spécifications sont testées, ainsi que les évolutions décidées pour prendre en compte les résultats de la première campagne. Ainsi par exemple les évolutions de la structuration des documents de conduite seront testées.

3) Essais sur une IHM simulée incluant au maximum les spécificités de l'IHM fournisseur finale, connectée à un simulateur d'études EPR

Ces essais visent à évaluer le maximum de fonctionnalités de l'IHM de conduite spécifiée pour EPR (à ce stade en développement par le fournisseur), dans la limite de représentativité de l'IHM du simulateur avec la future interface réelle.

4) Essais d'ensemble sur le simulateur pleine-échelle représentatif du processus et de l'IHM EPR

Ce simulateur pleine échelle du procédé EPR présentant une IHM réelle du fournisseur, sera utilisé au terme du processus de conception, avant le démarrage de la tranche afin de vérifier la capacité des équipes à gérer et conduire toutes les situations de la tranche avec l'interface et les moyens de communication conçus.

La performance de sûreté des activités de conduite sera un critère majeur de l'évaluation. Les points suivants seront notamment étudiés en particulier : la surveillance du réacteur dans des régimes de fonctionnement normaux et accidentels, la conduite des transitoires normaux, la réalisation des essais périodiques, le diagnostic et la conduite des situations d'incident et d'accident, la gestion des alarmes.

La conduite au Moyen de Conduite Secondaire (MCS) et la conduite à la Station de Repli (SdR) seront évaluées également.

Lors de chaque phase d'essais, l'analyse de l'activité des équipes de conduite sur maquette ou simulateur doit permettre l'évaluation et l'amélioration de la pertinence des solutions de conception initiales et la détermination d'autres solutions, compte tenu de la mise en évidence de nouvelles caractéristiques de l'activité. Des recommandations seront proposées à partir des résultats des essais afin d'améliorer les spécifications de conception pour l'Interface Homme-Machine et la Conduite.

Des recommandations pour la conception de la documentation et du programme de formation pourront également être proposées compte tenu des difficultés d'apprentissage qui auront pu être observées lors des essais.

## 2.4. CONCEPTION DES SYSTEMES

La prise en compte des Facteurs Humains dans la conception des systèmes fondamentaux requiert l'identification et la mise en œuvre des exigences appropriées en termes de :

- conduite du système (commande, contrôle, essais périodiques),
- opérations de maintenance du système,
- installation des matériels.

Le questionnement est du type :

• quels sont les moyens à fournir aux intervenants pour :

- analyser une situation (traitement d'une information, traitement d'une alarme) ?
- agir sur le fonctionnement du système (identifier et contrôler un équipement) ?
- retirer un équipement de l'exploitation ?
- appliquer les instructions de conduite ?

• quels sont les risques inhérents au système lors d'une interaction humaine (afin de définir les méthodes de prévention des brûlures, de l'irradiation, du risque électrique, du manque d'oxygène) ?

Les exigences correspondantes sont prises en compte au travers de la réglementation, du retour d'expérience et de la méthode d'ingénierie appliquée par les concepteurs des systèmes.

## 2.5. INSTALLATION GENERALE - MAINTENANCE

### 2.5.1. Retour d'expérience

Comme dans la conception des situations de conduite, l'analyse de la situation existante est la première étape pour prendre en compte les Facteurs Humains dans la conception des locaux d'exploitation et maintenance.

Des analyses, réalisées dans des situations actuelles comparables, permettent d'identifier les activités sensibles, les difficultés rencontrées par les différents personnels au cours de leurs actions, ainsi que les points forts des conceptions précédentes à conserver. Les points suivants ont été abordés : accès aux équipements, circulations, moyens de manutention, stockages, outillages, repérage, conditions d'ambiance (sonore, thermique, visuelle), communications, et leurs exigences correspondantes. Cette analyse du retour d'expérience permet de définir des recommandations pour la conception des équipements et de l'installation.

### 2.5.2. Phase de spécification fonctionnelle

Les études d'installation générale concernent les domaines du génie civil des bâtiments et l'installation des équipements qu'ils abritent, pour tous les bâtiments de la centrale (îlot nucléaire et îlot conventionnel).

Avant les études de conception détaillée, les spécifications de bâtiments sont rédigées en énumérant et stipulant les exigences applicables à la construction du bâtiment et à l'installation de l'équipement dans ce bâtiment. Ces exigences sont notamment issues du REX.

### 2.5.3. Phase de spécification détaillée

De façon générale, un ensemble de principes issus des réglementations, du retour d'expérience et des pratiques reconnues applicables au projet EPR, est appliqué aux études d'installation et participe à la prise en compte des FH à la conception.

Les exigences de radioprotection sont également intégrées dès les premières étapes de la phase de conception en appliquant l'approche ALARA (voir chapitre 12).

Lors des revues de bâtiments, la vérification porte entre autres sur les questions d'accès aux équipements, de circulations, de manutention, de conditions d'environnement.

En complément, une analyse est menée pour certaines activités présentant des enjeux forts. Les critères de sélection suivants : sûreté, radioprotection, sécurité, environnement, disponibilité, innovation technique, sont appliqués à une liste de base issue du retour d'expérience des analyses de sûreté, des études d'arrêt de tranche.

En effet, étant donné le nombre de bâtiments et d'activités de maintenance et exploitation en local d'une centrale nucléaire, il est nécessaire de sélectionner les activités qui seront analysées selon la méthode décrite ci-dessous.

Exemples d'activités sélectionnées : manutention du combustible,



préparation des générateurs de vapeur pour contrôle, maintenance du joint de la pompe primaire.

La démarche suivante est retenue pour ces analyses particulières :

1. identification des points délicats de ces activités sur la base du retour d'expérience disponible et de l'analyse des situations réelles, définition des scénarios représentatifs des opérations,
2. pronostic et analyse des futures activités en situation en utilisant si nécessaire la maquette 3D de l'installation, afin de vérifier la faisabilité de ces activités sélectionnées et de détecter les risques d'erreurs.

La grille d'analyse utilisée comporte les thèmes suivants :

- Exploitabilité et maintenabilité :
  - Stockages,
  - Transport et manutention,
  - Circulation de personnes et de matériels,
  - Habitabilité,
  - Urgence – évacuation.

- Sécurité,
- Hygiène et conditions de travail,
- Communications,
- Protection de l'environnement.

3. Proposition si nécessaire d'évolutions :

- de l'installation,
- des différents composants, outils, moyens de communication, repérage,
- des spécifications déterminant les conditions d'environnement (éclairage, bruit, température, conditions radiologiques) qui ont une influence sur le confort et la qualité d'intervention.

Ces évolutions proposées pour les activités analysées doivent contribuer à augmenter la qualité des interventions menées par les personnels de maintenance et d'exploitation et à réduire les risques d'erreurs humaines et d'interventions inadéquates quand la sûreté est concernée.

## 3. POINT INTERMEDIAIRE DE LA MISE EN OEUVRE DU PROGRAMME D'INGENIERIE DES FACTEURS HUMAINS (PHASE D'AVANT PROJET)

Ce paragraphe présente le résultat d'un premier examen des options générales de conception EPR en phase d'avant-projet au regard des principes Facteurs Humains développés dans le programme IFH.

### 3.1. PRISE EN COMPTE DES EXIGENCES D'EXPLOITATION

La participation aux études d'avant projet détaillé de l'exploitant français et de l'exploitant allemand a permis l'expression des exigences de conception pour le futur utilisateur de l'installation.

Durant la totalité du projet, une équipe détachée de la Division Production Nucléaire représente le futur exploitant et porte les exigences de l'exploitation future dans les choix techniques. La présence de ces anciens exploitants permet de transmettre le retour d'expérience, la réalité du terrain et de l'activité, ainsi que de faire un relais avec les exploitants sur site pour affiner ou tester les choix de conception.

La participation de ces anciens exploitants au processus de conception en général et au programme IFH en particulier est un élément important de la prise en compte des Facteurs Humains à la conception.

### 3.2. CONDUITE DE LA TRANCHE

#### 3.2.1. Spécification de l'IHM et des principes de conduite

- Les études de conception des principes de conduite ont débuté par la rédaction par le futur Exploitant de son cahier des charges pour la conduite informatisée sur la base de son propre retour d'expérience, cahier des charges approuvé par des représentants des utilisateurs dans plusieurs centrales nucléaires. Puis ces spécifications ont été revues et complétées par une équipe de conception multidisciplinaire, sur la base des études ergonomiques (analyses de l'activité de conduite) menées sur les paliers N4 et 1300 MW.
- Ces études ergonomiques (analyses de l'activité de conduite), décrites au § 2.3. de ce chapitre, ont permis de décrire les caractéristiques invariables de l'activité de conduite. Les résultats de ces études ont ainsi été intégrés dans les exigences puis dans les spécifications de l'IHM et les principes de conduite, et ont permis de définir les scénarios des essais d'évaluation sur maquette dans un premier temps et sur simulateur ultérieurement.
- Les premières options d'imagerie et de principes de conduite ont été évalués en 2003 au cours d'essais sur maquette réalisés avec la participation de 5 équipes de conduite de tranches actuelles.

- Les résultats de ces essais ont été analysés afin de décider de leur intégration dans le cahier des charges final du contrôle-commande.

#### 3.2.2. Etudes générales de conduite

- Les études de conduite menées dans le Groupe Opérationnel d'Appui des Études de conduite permettent de réunir les points de vue utilisateur, concepteur et Facteurs Humains sur les principes de conduite et en particulier sur les thèmes suivants : structuration fonctionnelle de la conduite, spécification de la conduite au niveau des systèmes élémentaires, niveau d'automatisation, informations de synthèse, principes de conduite accidentelle. Cela contribue à constituer des règles d'ingénierie destinées aux concepteurs qui soient cohérentes entre elles sur ces sujets et prennent en compte le point de vue du travail futur. Ces études seront poursuivies lors des études détaillées.
- Pour se prémunir des délais d'action ou d'erreurs opérateurs lorsqu'un accident se produit, les systèmes sont conçus de façon à ne pas nécessiter d'intervention des opérateurs (après l'apparition d'un événement initiateur, pas d'action opérateur requise dans les 30 min depuis la salle de commande ; 60 min pour les actions en local). Les systèmes sont conçus pour remplacer l'action humaine par des automatismes durant ce temps.
- Les études FH pour la salle de commande (notamment son aménagement) et l'interface de conduite décrites dans le § 2.3. sont parties intégrantes des études d'aménagement qui seront réalisées.

### 3.3. CONCEPTION DES SYSTEMES

Après analyse des besoins, il n'est pas retenu d'intervention spécifique FH dans la conception des systèmes, dans la mesure où les méthodes d'ingénieries définies pour la conception des systèmes intègrent les exigences d'exploitation.

On peut noter une simplification de certains systèmes de par la conception d'un train de circuit de sauvegarde par boucle. Cela devrait simplifier l'exploitation en limitant le nombre de configurations.

### 3.4. INSTALLATION GENERALE - MAINTENANCE

Le retour d'expérience des paliers précédents est une des données d'entrée des études d'installation. En complément, un REX Facteurs Humains des activités d'exploitation en local a été réalisé sur les paliers précédents. Au stade d'avant-projet, il n'est pas possible de vérifier la prise en compte exhaustive de ce REX dans la mesure où les études de détail ne sont pas encore réalisées.

Des choix de conception, d'installation et d'aménagement des locaux, qui contribuent à la prise en compte des FH et intègrent des éléments du REX N4 sont d'ores et déjà identifiés.

### 3.4.1. Plan-masse

Le bâtiment POE (Pôle Opérationnel d'Exploitation, issu d'exigences DPN), apporte notamment les améliorations suivantes :

- regrouper l'ensemble des métiers d'exploitation près de la tranche pour favoriser les communications et la coopération entre les différents métiers de maintenance et logistique, entre eux et avec le service Conduite,
- fournir une large zone de travail.

### 3.4.2. Maintenabilité - Exploitabilité

- Possibilité de faire des échanges standard des matériels pour avoir des durées d'intervention plus courtes. Les moyens de manutention correspondants ont été prévus.
- Une infrastructure permanente, permettant des interconnexions électriques, a été prévue entre les quatre trains pour faciliter, le moment venu, l'alimentation des installations qui doivent fonctionner en permanence pendant l'arrêt (ascenseurs, éclairages). Cela évite d'avoir à ajouter des câbles volants puis de les déplacer.
- Les turbopompes alimentaires (TPA) ont été remplacées par des motopompes, ce qui facilitera leur installation en salle des machines et la maintenance.
- Les équipements (systèmes de sauvegarde, systèmes supports) sont répartis sur 4 divisions indépendantes avec des accès indépendants.
  - cela permet une maintenance préventive «tranche en fonctionnement» qui permettra de lisser les opérations de maintenance sur l'ensemble du cycle ;
  - cela devrait être favorable à la diminution des confusions de locaux et matériels.
  - des dispositions complémentaires visant à réduire le risque de confusion de matériels et de locaux seront étudiées dans le cadre de la maintenance « tranche en fonctionnement ».
- Création d'un local pour les Techniciens d'Exploitation en zone contrôlée (dans la tour d'accès) pour faciliter la préparation des activités dans le BAN, ainsi que la coopération et les communications avec la salle de commande
- Aire d'entreposage à l'extérieur du BK, qui permettra de faire passer les gros composants. Elle a une fonctionnalité équivalente à la « casquette du BAN » qui est très appréciée sur N4
- Transport : 1 ascenseur / division dans le BAS/BL de capacité et de

dimensions supérieures à celles des ascenseurs du N4 (2T : 1m50x2m70) ; le monte-charge du BAN a une charge de 1 tonne.

- Stockage et colisage
  - les plans de colisage pour le BR ont été réalisés à la conception,
  - il y aura davantage de place de dépose sur le plancher de service (N4 : 564 m<sup>2</sup>, EPR : 733 m<sup>2</sup> répartis sur deux niveaux),
  - mise en œuvre de dispositions de test assisté dans les cellules électriques d'alimentation de vannes de sûreté.

### 3.4.3. Radioprotection

La démarche ALARA menée à la conception et les objectifs du programme d'ingénierie des Facteurs Humains sont concordants (cf. section 12), les dispositions de conception favorisant la protection radiologique ayant généralement un impact favorable sur les conditions d'exploitation. On citera pour exemple :

- l'accessibilité au BR en puissance notamment, avant le début de l'arrêt de tranche et au redémarrage a fait l'objet d'un travail d'analyse de façon à vérifier les conditions d'accès pour le personnel. Il en a résulté de nouvelles études et choix de conception techniques (double compartimentage = espace de service, compartiment équipements) pour garantir des conditions d'ambiance thermiques et radiologiques acceptables ;
- la conception prévoit un accès possible tout au long de l'arrêt au compartiment cuve par une porte en fond de piscine, évitant l'accès par une échelle à partir du plancher de service c'est une amélioration importante quand l'accès du personnel doit se faire en tenue Mururoa.

## 3.5. POURSUITE DU PROGRAMME D'INGENIERIE FH

L'état des lieux présenté ci-dessus correspond à l'état d'avant-projet détaillé.

Les activités du programme d'ingénierie Facteurs Humains se poursuivent dans le cadre des études détaillées, principalement sur :

- La conception de l'interface et des principes de conduite,
- La conception des locaux et des matériels pour les activités d'exploitation en local (consignations, essais) et de maintenance.

L'analyse des exigences du REX et l'examen de la pertinence de leur application seront poursuivis. Lorsque les études le nécessiteront, des observations complémentaires sur le terrain seront réalisées.

L'intégration des résultats du programme d'ingénierie FH sera examinée lors de revues spécifiques du thème FH ainsi que lors des différentes revues techniques de conception (Conduite, Installation, systèmes, bâtiments, thèmes transverses).

## 4. ORGANISATION DE L'INGENIERIE DES FACTEURS HUMAINS

### 4.1. PROCESSUS D'INGENIERIE DES FACTEURS HUMAINS

Le programme d'ingénierie FH est décrit dans un document de conception et intégré dans les documents de conception des domaines de conception affectés. Au cours de la phase de conception et pendant la phase de construction, le programme d'ingénierie des Facteurs Humains est défini et mis en place par le maître d'ouvrage qui en est responsable. La responsabilité et la coordination de ce programme d'Ingénierie Facteurs Humains (IFH) sont assurées par le Service Projet EPR du Centre National d'Équipement Nucléaire (CNEN), par le Coordonnateur spécialiste du domaine FH.

La gestion du programme des Facteurs Humains est intégrée dans la gestion du projet EPR. Les objectifs et le programme sont définis conformément à la gestion du projet EPR et en coopération avec les équipes de conception impliquées.

Le coordonnateur FH participe aux revues de conception quand le thème concerne l'exploitation future (Conduite, bâtiments, maintenance en arrêt de tranche, radioprotection). Ceci permet de

proposer des recommandations FH nécessaires.

En complément, des revues spécifiques sont réalisées sur le thème Facteurs Humains afin de faire un état des résultats et de cibler le travail à réaliser.

Le programme IFH comporte plusieurs types de travaux :

- l'intégration des questions et du point de vue Facteurs Humains dans les études techniques de conception,
- les études d'évaluation des choix de conception,
- les études spécifiques FH qui permettent d'approfondir certains points et d'instruire les études de conception.

L'organisation retenue pour ce programme doit permettre de mener à bien ces trois types de travaux et mobiliser les différents métiers concernés.

Les résultats des études FH sont tracés dans les documents de conception.

Pour illustration, en ce qui concerne les essais sur maquette de conduite, des documents spécifiques présentent les résultats



d'analyse des essais, qui sont ensuite intégrés après décision dans les documents de conception (cahier des charges du contrôle-commande par exemple) sous forme de spécifications.

Les résultats d'analyse du REX de maintenance sont tracés dans des documents de recommandations ou intégrés dans les cahiers des charges des équipements.

Des études de conception spécifiques (par exemple choix de processus chimique, analyses de risque criticité) peuvent également intégrer la dimension FH.

## 4.2. COMPOSITION DE L'ÉQUIPE D'INGÉNIEURIE FACTEURS HUMAINS DU PROJET EPR

### 4.2.1. Spécialistes Facteurs Humains

Les spécialistes FH ont pour rôle l'intégration dans la conception :

- du retour d'expérience relatif au travail humain dans les situations existantes,
- du point de vue FH dans les études et choix de conception, c'est à dire le point de vue du travail futur dans la centrale. L'intégration de ce point de vue se fait par un questionnement des études de conception menées par les ingénieurs de conception,
- des exigences issues de normes et principes relatifs au travail humain et applicables en phase de conception,
- des études d'évaluation des choix de conception, au travers notamment de tests auprès de représentants des futurs utilisateurs.

Les ressources FH mobilisées dans le programme FH appartiennent aux entités suivantes :

- CNEN : le programme IFH est animé et coordonné par un spécialiste FH, ergonomiste de formation. Ce coordonnateur FH est rattaché au Directeur Technique du Projet EPR ;
- Direction Recherche et Développement : contribue à ce programme par la participation à la conception de la salle de commande informatisée d'ergonomes spécialisés dans les études FH de pilotage de réacteur nucléaire et de conception d'interface de conduite ;
- Division Production Nucléaire : participe à ce programme en tant que futur utilisateur de l'installation. Pour ce faire, l'équipe FH de CAPE participe à des études spécifiques (expression des besoins DPN en matière d'outils de conduite par exemple) et aux revues techniques qui concernent le programme d'ingénierie Facteurs Humains ou la conception d'éléments-clés comme la salle de commande ;
- Service Central d'Appui en Santé au Travail (SCAST) : de par son expérience d'aménagement et de réaménagement de salles de commande, contribue aux études d'aménagement de la salle de commande et des locaux de conduite annexes. Les participants sont des ergonomes et spécialistes des normes ;
- pour compléter les ressources internes, des cabinets en ergonomie ou Facteurs Humains sont employés ponctuellement (par exemple pour la campagne d'essais d'évaluation de l'interface de conduite) par le Projet EPR sous la responsabilité du coordonnateur FH.

La participation de plusieurs unités d'EDF à ce programme est un principe retenu pour l'ensemble du Projet EPR. Dans ce cadre, chaque Directeur d'Unité assure la mise en place conformément au planning du projet, des moyens humains et matériels ainsi que des compétences nécessaires. L'apport de compétences spécifiques à chaque unité est un enrichissement des études FH qui sont menées. Ainsi :

- l'Équipe FH de R&D/MRI apporte son expertise en matière d'analyse FH des activités de conduite nucléaire ainsi qu'en matière d'évaluation de choix de conception ;
- l'Équipe FH de DPN/CAPE/GMS apporte sa connaissance du retour

d'expérience et la possibilité de travailler en lien avec le réseau FH des CNPE.

### 4.2.2. Ingénieurs de conception des unités d'ingénierie

Les ingénieurs de conception sont partie prenante du programme d'ingénierie Facteurs Humains. En effet, atteindre les objectifs du programme de conception passe nécessairement par l'intégration dans leurs activités de conception, de la dimension Facteurs Humains, du point de vue du travail futur.

Pour intégrer la dimension Facteurs Humains dans les activités des ingénieurs de conception, les moyens suivants sont mis en place dans l'organisation du Projet EPR :

- les documents supports à la conception doivent permettre d'intégrer la dimension FH dans les choix de conception. C'est pourquoi, au même titre que les autres disciplines du projet, le coordonnateur Facteurs Humains peut intervenir dans la rédaction des documents qui organisent l'activité d'ingénierie (Plans Qualité de Conception) et qui décrivent les méthodes à appliquer (Règles d'Ingénierie). Ainsi les documents d'ingénierie relatifs à l'automatisation, à la conception des systèmes, à la conduite des systèmes, intègrent-elles le point de vue Facteurs Humains ;
- des travaux ou études particuliers sont réalisés en collaboration entre ingénieurs et spécialistes Facteurs Humains, qui sont partie intégrante des études de conception. C'est le cas par exemple des travaux de conception de l'interface de conduite, des travaux d'évaluation des options de conduite ou des études relatives aux futures activités de maintenance menées avec les métiers d'Installation ;
- une formation aux Facteurs Humains a été développée pour les ingénieurs de conception des unités d'ingénierie. Cette formation, d'une durée de trois jours, est centrée sur l'ergonomie de conception et l'ingénierie FH à la conception. Elle permet aux ingénieurs d'acquérir des connaissances de base dans le domaine, de comprendre la démarche FH et de « détecter » les sujets d'études qui nécessitent l'intégration d'un point de vue FH car ayant un impact sur l'activité future.

Toutes les entités d'ingénierie intervenant dans le Projet EPR sont susceptibles d'intégrer le point de vue FH dans leurs activités.

### 4.2.3. Exploitants et représentants de l'exploitant DPN

De façon générale dans le projet EPR, l'exploitant DPN est partie prenante en permanence par l'intermédiaire d'une équipe détachée au CNEN. Cette équipe comporte plusieurs spécialistes : maintenance, conduite, radioprotection, fonctionnement général. Ces représentants sont le relais entre les exploitants des CNPE et des services centraux et les services de conception.

Comme les ingénieurs de conception, les représentants de l'exploitant participent à l'ensemble des activités du programme d'ingénierie FH :

- ils contribuent à faire prendre en compte le point de vue de l'exploitant futur, rejoignant par-là la démarche Facteurs Humains ;
- ils font bénéficier l'EPR du Retour d'Expérience acquis tout au long de l'exploitation des tranches du Parc ;
- ils facilitent la représentation de l'activité future probable par la connaissance qu'ils ont de la réalité du travail, dans les études IFH et sollicitent les exploitants sur tranche ;
- ils contribuent à définir les priorités du programme.

Au-delà de cette équipe détachée, les exploitants des réacteurs en exploitation (opérateurs de conduite, de maintenance) sont sollicités dans le recueil du retour d'expérience ainsi que dans les phases d'évaluation des options de conception. Ils font part des points positifs et négatifs des conceptions actuelles, se prononcent sur les options et complètent si besoin les exigences de conception.

### 4.3. POSITIONNEMENT DES SPECIALISTES FH DANS L'ORGANISATION EPR

En terme de positionnement dans l'organisation, le coordonnateur du programme IFH est rattaché au Directeur Technique du Projet EPR, au même titre que les autres coordonnateurs, dans l'unité CNEN.

Cette organisation permet au coordonnateur FH :

- de bénéficier de toutes les informations techniques et managériales relatives au projet EPR, favorisant ainsi son intervention en tant que de besoin dans les revues et instances de choix de conception,
- d'alerter si nécessaire sur la nécessité d'études FH ou sur les conséquences des choix de conception,
- de travailler directement avec les équipes de conception.

Pour faire avancer le programme d'ingénierie FH et par conséquent le point de vue FH dans la conception, les spécialistes FH participent aux études et aux choix de conception (ils sont présents par exemple dans les groupes multidisciplinaires sur l'imagerie, la conduite accidentelle) répondent aux interrogations des concepteurs et alertent sur des conséquences des choix de conception sur le travail futur. Ils instruisent le débat sur les choix de conception, au même titre que les autres métiers.

Ils participent également (en particulier le coordonnateur du programme) à certaines revues techniques qui jalonnent les décisions sur les choix de conception, lorsqu'elles ont un impact sur l'activité future.

### 4.4. PHASE OPERATIONNELLE

L'organisation future n'est pas encore définie à cette étape. L'organisation des Facteurs Humains actuelle est la suivante :

- un spécialiste du Facteur Humain est employé dans chaque CNPE. Il travaille avec les équipes de direction, d'exploitation et de maintenance, afin d'améliorer la sûreté. Ses responsabilités comprennent :
  - l'analyse des événements,
  - le conseil de la direction lors de prises de décisions, de changements d'organisation, dans le domaine du management de la sûreté,
  - la sûreté, la sécurité, la radioprotection et l'amélioration de la qualité dans les activités d'exploitation et de maintenance,
- au niveau central de l'entreprise, une équipe de spécialistes Facteurs Humains est dédiée aux questions Facteur Humain dans l'exploitation des centrales. Cette équipe assiste chaque centrale dans la gestion des Facteurs Humains et de la sûreté.

Pour les tranches futures EPR, les spécialistes Facteur Humains de l'Exploitant fourniront les retours d'expérience de l'exploitation de l'EPR au concepteur afin d'améliorer la future conception.

Nota : Le recrutement et la formation du personnel d'exploitation sont développés dans le sous chapitre 1.9.

sous chapitre **17.3**

## PRINCIPES DE CONCEPTION DE L'INTERFACE HOMME- MACHINE

### 1. ROLE DU PERSONNEL D'EXPLOITATION

#### 1.1. PRINCIPES D'EXPLOITATION

##### Conduite centralisée du procédé

La conduite et la supervision du procédé sont centralisées dans la salle de commande principale qui fournit toutes les informations sur le procédé, les commandes et les moyens de communications nécessaires au contrôle de l'état de la centrale et à son exploitation dans tous les états, y compris la mise en service, la maintenance, le rechargement, le fonctionnement en puissance et les conditions accidentelles.

##### Stations de commande locale

Cependant, des commandes manuelles peuvent être installées en dehors de la Salle de Commande Principale (SdC), en local (et manoeuvrées sur demande par les agents de terrain sur demande des opérateurs) pour des fonctions :

- qui requièrent une indépendance de la salle de commande principale ou,
- qui sont autonomes et ne requièrent que quelques rares actions de commande et aucune coordination ou une coordination très limitée avec la SdC, et
- qui ne requièrent pas d'actions de commande manuelles rapides en cas de défaillances du système ou d'incidents.

Bien que des commandes manuelles ne soient pas prévues dans la SdC pour ces fonctions, une surveillance est prévue en SdC.

##### Station de repli

Une station de repli est prévue pour amener la centrale à l'état sûr et la maintenir dans cet état en cas d'indisponibilité de la SdC. Cependant, l'indisponibilité de la SdC en concomitance avec un accident n'est pas prise en compte.

##### Local Technique de Crise (LTC)

En moyen d'assistance à la conduite post-accidentelle, un local technique de crise fournissant des informations et des moyens de communication est prévu sur tranche. Il peut être utilisé en cas d'accidents par une équipe d'assistance composée d'experts conseillant le personnel d'exploitation.

#### 1.2. COMPOSITION ET ROLE DU PERSONNEL D'EXPLOITATION

La centrale est exploitée par deux opérateurs et un superviseur.

Cette organisation est identique à toutes les autres centrales nucléaires françaises.

Grâce à cette organisation,

- une redondance humaine en cas d'événement est garantie,
- des tâches additionnelles autre que la conduite comme la communication, l'interface avec la maintenance et les essais périodiques sont couvertes,
- un personnel suffisant est disponible en cas de défaillances multiples.

##### 1.2.1. Opérateurs

Les opérateurs ont pour tâche de :

- pendant l'exploitation de la centrale :
  - réaliser (ou demander) les actions manuelles nécessaires pour mettre en / hors service ou modifier la configuration des circuits de la tranche en régime normal ou après un accident,
  - contrôler la sûreté et la disponibilité de la tranche au travers des paramètres et de toutes les informations fournies par les systèmes informatiques,
  - réaliser les contrôles et les essais périodiques afin de garantir que tous les systèmes de sûreté sont entièrement disponibles,
  - lancer toute action corrective en cas de dysfonctionnement d'un équipement ou d'événements imprévus en plus des actions automatiques,
  - demander des actions correctives à des opérateurs locaux ou du personnel de maintenance si des actions depuis la SdC ne sont pas suffisantes,
  - tenir compte de l'indisponibilité de l'équipement pendant la maintenance et le fonctionnement et prendre les dispositions

nécessaires pour configurer les circuits ou faire fonctionner la centrale de manière à respecter les spécifications techniques et à exploiter la tranche en toute sûreté,

- exécuter les actions appropriées en plus ou après la mise en application des actions automatiques suite à un accident.
- exécuter la requalification des matériels en coopération avec les agents de terrain.

- pendant le démarrage de la tranche :
  - réaliser les essais en collaboration avec les ingénieurs de permanence,
  - rester en contact avec les agents de terrain,
  - tenir compte de l'état de la totalité de la tranche et de ses systèmes afin de s'assurer que les essais peuvent être réalisés en toute sécurité.
- pendant l'arrêt de tranche :
  - exécuter les actions de requalification des matériels en coordination avec les opérateurs locaux.
- détection et lutte contre l'incendie  
Les opérateurs sont également compétents pour traiter les alarmes de détection et de lutte contre l'incendie (conjointement avec le superviseur). Ils agissent en première intervention suite aux alarmes de détection d'incendie.

### 1.2.2. Tâches du superviseur

Le chef de l'équipe d'exploitation ou son délégué le cas échéant (en fonction de l'organisation qui sera retenue) assurent la mission de supervision définie comme suit :

- contrôler le fonctionnement et veiller à la cohérence avec les principes de sûreté et de disponibilité de la tranche,
- faire la liaison avec le gestionnaire de réseau, en tenant compte de la disponibilité de la tranche et des systèmes de la centrale ainsi que des exigences du dispatching (à confirmer ultérieurement),
- faire la liaison entre les diagnostics réalisés par les opérateurs et les interventions de l'équipe de maintenance (ou de démarrage). Il décide de la nécessité des interventions, autorise les travaux de maintenance et les essais périodiques, fait réaliser la consignation et délivre les ordres d'exécution,
- informer la direction du site en cas d'incident/accident,
- communiquer avec l'équipe présente dans le LTC en cas d'accident,
- coordonner la lutte contre l'incendie tant qu'une organisation spécifique n'est pas mise en place.

### 1.2.3. Personnel temporairement présent

En fonction de l'état de tranche, le personnel d'exploitation susmentionné est épaulé par du personnel supplémentaire comme des opérateurs additionnels lors du démarrage ou de l'arrêt, des techniciens automaticiens, des agents de terrains et un ingénieur sûreté comme "diversité humaine". Certains d'entre eux ne sont nécessaires que temporairement.

## 1.3. AUTOMATISATION

### 1.3.1. Principes et critères d'automatisation

L'automatisation est mise en place selon des critères généraux prédéfinis dans la mesure où des améliorations importantes sont identifiées en terme de sûreté, de disponibilité ou de coût.

Les tâches requérant une réaction rapide ou hautement fiable doivent nécessairement être automatisées :

- actions de conduite accidentelle requises dans un délai inférieur à 30 mn pour atteindre l'état contrôlé ou l'état d'arrêt sûr,
- actions requises à court terme pour prévenir un danger pour le personnel ou une dégradation irréversible de matériels.

En complément de ces critères, le niveau d'automatisation est

obtenue par l'application de la démarche suivante :

- établissement d'une liste de critères opérationnels (Cf. liste-dessous),
- proposition par les concepteurs d'une liste d'actions de conduite à automatiser, sur la base de l'expérience d'exploitation (N4 en particulier) et au regard des critères retenus (ces critères sont un support de questionnement),
- consultation des équipes opérationnelles des tranches du Parc en exploitation pour proposer une liste d'actions à automatiser,
- analyse technique et confrontation par les concepteurs des propositions, de façon à définir les actions retenues pour automatisation.

Les critères d'automatisation des séquences de conduite servant de guide à l'analyse sont les suivants :

- C1 Tâches monotones ou répétitives, conduisant à une surcharge de travail si elles ne sont pas automatisées.
- C2 Actions sur des composants requises dans un temps très court pour maintenir la disponibilité de la tranche ou pour gérer des transitoires non contrôlables par les régulations.
- C3 Variation des points de consigne des chaînes de régulation.
- C4 Séquences d'arrêt/démarrage de gros composants si jugement de l'opérateur non requis.
- C5 Adaptation des systèmes participant aux changements de puissance de la tranche et nécessaires dans un délai court.
- C6 Fonctions requises pour les changements d'état de tranche et dont l'absence pourrait conduire à des actions compliquées ou longues.
- C7 Fonctions requises pour les changements d'état de tranche et dont la mise en exécution manuelle pourrait allonger le temps de suivi de charge.
- C8 Relevé de seuils de paramètres dans les phases de changement d'état de la tranche.
- C9 Fonctions de changement de paramètres de contrôle commande pour la conduite en prolongation de cycle.
- C10 Fonctions requises lors des phases de démarrage et d'arrêt, et dont chacune, prise séparément est simple, mais dont la réalisation en parallèle peut causer une surcharge de travail aux opérateurs.
- C11 Tâches qui doivent être réalisées fréquemment pendant les phases de démarrage et d'arrêt.
- C12 Tâches qui ont une longue durée pendant les phases de démarrage et d'arrêt
- C13 Tâches qui ont une influence directe sur la disponibilité, particulièrement celles qui réduisent les phases de démarrage et d'arrêt.

Nota : Les lignages sont réalisés manuellement.

### 1.3.2. Modalités d'automatisation

L'automatisation doit être réalisée de telle manière que l'opérateur doit, à chaque instant, rester maître de l'installation afin de faire face :

- d'une part à la diversité et la variabilité des situations de travail que les automatismes ne peuvent prendre en compte de façon exhaustive,
- d'autre part, à la défaillance des automatismes qui suppose de reprendre la conduite en manuel.

### 1.3.3. Automatisation des essais périodiques

Les essais périodiques sont des essais fonctionnels démontrant la disponibilité des fonctions classées de sûreté F1A, F1B et F2. Ils sont réalisés périodiquement selon un programme d'essai.

Les essais périodiques couvrent tous les équipements et tous les composants ainsi que leurs systèmes support permettant de réaliser les Fonctions de Sûreté (contrôle de la réactivité, contrôle de l'évacuation de chaleur, contrôle du confinement) et s'appliquent aux fonctions assurées par les différents systèmes de la tranche.

Les actions permettant de lancer les essais périodiques et d'étudier les conséquences fonctionnelles sur la tranche sont réalisées ou observées depuis la salle de commande principale. Cependant, la mise en configuration préliminaire des circuits, le paramétrage de certaines procédures d'essai et d'équipement, ainsi que la lecture des valeurs physiques peuvent être réalisés en local.

De préférence, un seul essai complet est réalisé pour chaque fonction principale afin de minimiser la durée de l'essai. Si un tel essai n'est pas réalisable, les essais périodiques sont décomposés en fonction de la structure du système élémentaire en plusieurs essais individuels qui sont lancés successivement.

## 2. BESOINS EN INFORMATIONS ET COMMANDES

Des informations sont transmises à l'équipe de conduite afin de lui permettre d'évaluer l'état de la tranche avant d'entreprendre toute action manuelle et de lui fournir les comptes rendus des actions entreprises.

### 2.1. INFORMATIONS PRESENTÉES A L'OPERATEUR

Les informations à présenter à l'opérateur concernent les domaines suivants. Elle lui apporte le support nécessaire pour ses interactions avec le procédé à l'aide des dispositifs de commande informatiques et conventionnels :

- 1) Etat des équipements de la centrale : les systèmes et composants fluides, mécaniques, électriques et de CC (dans la mesure où les opérateurs peuvent interagir dessus ou si des informations les concernant sont nécessaires),
- 2) dynamique des procédés et liens fonctionnels entre les sous-procédés,
- 3) fonctions d'automatisme (boucles de régulation, séquences automatiques, protections, ...) et leur lien avec l'état du procédé.

Les informations sont communiquées aux opérateurs via des informations d'état et des alarmes, indépendamment de la technologie des systèmes IHM :

- comptes rendus d'état des matériels (ouvert, fermé, marche, arrêt, ...),
- comptes rendus d'état sur les systèmes (en marche / à l'arrêt, disponible, indisponible pour maintenance, essai),
- comptes rendus de la mise en service automatique (mise en service d'une limitation, d'un déclenchement, d'une protection...),
- informations analogiques et valeurs limites connexes,
- alarmes indiquant des perturbations et des défaillances de fonctions, des systèmes ou des composants.

### 2.2. ORGANISATION DE LA PRESENTATION DES INFORMATIONS

#### 2.2.1. Vision générale de l'état de la centrale

Une des tâches essentielles des opérateurs est la surveillance de l'état de la tranche afin de s'assurer que tous les systèmes nécessaires sont disponibles, pour réaliser d'éventuelles actions correctives.

Ceci requiert une vision générale de l'état de la tranche et de ses systèmes. Cette vision doit être garantie malgré les propriétés spécifiques de la visualisation sur écran qui est potentiellement réduite par la dimension limitée des formats d'affichage et le nombre limité d'informations affichées au même moment.

Trois méthodes essentielles sont appliquées pour pallier ces problèmes :

- 1) l'utilisation de grands écrans / affichage multi-écrans / grands panneaux offrant une restriction spatiale moins importante,
- 2) une présentation adaptée aux différentes tâches de l'opérateur,
- 3) l'utilisation d'informations calculées, pré-traitées et synthétisées, permettant d'interpréter rapidement l'état d'un système

Dans ce cas, un recouvrement suffisant au niveau des interfaces d'essai est garanti.

Dans tous les cas, l'essai est approuvé par la salle de commande.

La nécessité d'essai périodique est prévue dans les études :

- dans les commandes de l'IHM,
- dans l'étude du procédé, pour les commandes d'exécution et d'inhibition.

(rassemblement de plusieurs signaux de capteurs afin de fournir un seul signal ; résumer les informations d'état et de statut d'un système, pour fournir une information "disponible" ou "en marche").

#### 2.2.2. Organisation et composition des images au MCP

Les images du **MCP** sont organisées en fonction de la tâche de l'opérateur, ainsi qu'en fonction du régime de conduite normal ou accidentel de la tranche.

Les images sont regroupées en deux grandes catégories : les images du procédé et les images de consignes.

Les images du "procédé" sont composées "d'objets" actifs ou interactifs fournissant des informations sur l'état du procédé (capteurs, courbes, états des actionneurs, information de synthèse) ou permettant de passer des commandes (ordre d'actionneurs, choix, réglage de régulation,...), ainsi qu'un moyen de navigation entre les images. Elles permettent, en fonction de leur nature, de visualiser l'état du système ou des actionneurs, de transmettre l'ordre de changement d'état (marche / arrêt, lignage) quand cela est nécessaire.

Les images de Consigne sont des images d'aide aux opérateurs présentées sous forme de texte statique. Elles sont utilisées comme support pour les instructions de conduite (mode opératoire, fiche d'alarmes). Ces dernières sont présentées sous forme de liste ou de logigramme. Pour ce type d'images, l'interactivité à des fins documentaires (cochages, annotations, ...) sera toutefois possible.

D'une façon générale, l'imagerie est conçue pour réduire le nombre d'images utilisées pendant une tâche.

#### **Description des principaux types d'images**

Dans les images de procédé se trouvent :

##### • Les images d'état

Elles sont développées en adéquation avec les objectifs et activités de conduite (normale et accidentelle). Composées de médaillons de courbes, de diagrammes de pilotage, d'informations de synthèse relatives aux systèmes utilisés, elles offrent à l'opérateur les éléments nécessaires à la vision globale de son activité.

##### • Les images de commande

Elles se situent au niveau du système élémentaire, même si les frontières délimitant les images ne sont pas toujours exactement celles des systèmes afin d'être ajustées aux activités de conduite.

##### • Les autres images « procédé »

D'autres images nécessaires à la conduite sont développées pour permettre de fournir des informations sur le procédé :

- Images de décomposition d'informations de synthèse

Elles sont associées à toute information de synthèse affichée à l'écran pour permettre à l'opérateur de comprendre le résultat présenté.

- Images dédiées au synoptique mural

Elles fournissent une vue générale de la tranche adaptée à l'état de tranche.

- Images utiles pour les changements de quart

Ces images regroupent les principaux paramètres de tranche à

transmettre lors d'un changement d'équipe.

- Images utiles pour les membres de l'équipe de conduite autres que les opérateurs

Ces images regroupent les informations nécessaires à l'activité de supervision de la tranche.

Dans les images de consignes se trouvent :

- Les **modes opératoires**

Ils décrivent les actions (manipulation d'actionneurs et de composants, vérification de paramètres), et leur ordre d'enchaînement. Un mode opératoire est constitué d'un enchaînement chronologique d'actions. Il est à la demande de l'opérateur qui peut ainsi moduler le niveau de guidage en fonction de son professionnalisme.

- Les **fiches d'alarmes**

Les fiches d'alarmes sont présentées au 17.3.3.5.

### 2.2.3. Niveau de guidage

En cas d'événement prévu ou imprévu, mais aussi pour le suivi normal de la tranche, les informations présentées doivent :

- permettre l'évaluation de la priorité, de la gravité et de l'impact sur la sûreté et la disponibilité d'un événement dans le contexte de l'état général de la centrale,
- fournir les procédures de conduite guidant l'opérateur lors de changement d'état programmé de la tranche (procédures d'exploitation normales),
- fournir les procédures de conduite accidentelle,
- guider l'opérateur à partir d'informations simplifiées vers une procédure ou une fiche d'alarme, par exemple :
  - pour les alarmes, l'activation du signal dans le bandeau d'écran donne accès à la liste des alarmes qui permet d'obtenir la fiche d'alarme comportant la marche à suivre,
  - pour la conduite accidentelle, le résultat synthétique du diagnostic automatique dans le bandeau d'écran, donne accès

à l'image du diagnostic d'état qui permet d'appeler l'image d'état associée à la stratégie à suivre puis aux images de commande associées.

Le niveau de guidage fourni aux opérateurs (procédures, fiches d'alarme) est en partie intégré dans l'IHM informatisée.

L'information fournie est juste nécessaire, c'est-à-dire qu'elle correspond au plus près au besoin de l'opérateur à l'instant donné, l'utilisation d'information de synthèse ou de voteurs pour éviter l'affichage de capteurs redondants participe à ce principe.

Dans le cas d'un panneau de commande conventionnel, les procédures de commande et les fiches d'alarmes sont disponibles sous forme papier.

Le système de contrôle commande ne supervise pas l'application des consignes de conduite déroulées par l'équipe de conduite. Le respect du suivi du mode opératoire et de la méthode de conduite est uniquement de la responsabilité de l'équipe de conduite.

Le niveau de guidage reste homogène quelle que soit la procédure de conduite (normale, incident, accident).

Nota : Les procédures de conduite sont divisées entre des documents papiers, méthode de conduite donnant la stratégie de conduite et des documents portés sur écran, les modes opératoires.

### 2.2.4. Accès aux informations

La présentation des informations et les moyens de dialogues doivent permettre aux opérateurs d'atteindre des informations ou des commandes par différentes voies d'accès.

Fondamentalement, l'objectif est de fournir toutes les informations et commandes nécessaires pour entreprendre une activité.

### 2.2.5. Codage et présentation des informations

Les règles de présentation des informations à l'écran et sur les tableaux de commande conventionnels, les règles de codage et d'étiquetage des informations sur les différentes IHM, seront fixées en fonction des résultats des activités d'ingénierie Facteur Humain.

## 3. ALARMES

### 3.1. OBJECTIF DES ALARMES

Une alarme est un message d'alerte délivré par le contrôle commande aux opérateurs de conduite pour les avertir d'une anomalie de fonctionnement ou d'état de l'installation et pour leur demander d'engager les actions de traitement appropriées.

Les alarmes sont composées de signaux TOR utilisés pour afficher des défauts de procédé ou d'équipements, et de signaux sonores et optiques qui attirent l'attention des opérateurs sur l'apparition d'une alarme et les guident vers la fiche d'alarme de l'équipement ou du procédé défaillant.

Les alarmes peuvent être générées lorsque des variables de procédé sortent de leurs plages d'exploitation, lorsque l'équipement n'est pas dans le régime d'exploitation correspondant à la situation de tranche en cours ou lors de la défaillance d'un équipement.

Lorsque les actions de traitement correspondent à des actions correctives qui ne supportent pas de délai de réalisation et pour lesquelles une intervention humaine n'apporte pas de plus-value, celles-ci doivent être automatisées. C'est le cas pour les actions de protection et de sauvegarde, les actions liées au dépassement des Conditions limites de Fonctionnement et celles liées à la gestion des normal/secours (cf. 17.3.1.3).

Le lien entre alarme et activité de traitement par l'équipe de conduite est essentiel :

- seuls les défauts matériels qui ont un impact fonctionnel (par exemple la perte de la surveillance d'une fonction) et qui nécessitent une action corrective de la part de l'équipe de conduite doivent être traités comme des alarmes. Les autres défauts ne devront pas être traités par le système de gestion des alarmes. Ils seront cependant accessibles à l'équipe de conduite à partir des

fiches techniques des matériels en défaut sur l'imagerie de conduite ou à partir de listes dédiées.

- L'information sur un changement d'état d'un matériel correspondant à un fonctionnement normal de l'installation pour une situation donnée ne doit pas être traitée comme une alarme. Par exemple on ne délivrera pas d'alarme signalant l'enclenchement d'une pompe sur la position « AUTO » de sa commande. Ce type de retour d'information sur la confirmation d'une action de commande sera directement géré au niveau de l'imagerie de conduite ou dans des listes dédiées.

Les activités de traitement des alarmes réalisées par l'équipe de conduite (après la phase de détection et d'analyse de l'alarme) concernent :

- la réalisation d'actions de conduite correctives (avec ou sans le support d'une consigne),
- la surveillance du bon fonctionnement d'un automatisme intervenant sur l'anomalie,
- l'appel au service technique concerné pour action,
- la surveillance de l'évolution de l'anomalie,
- l'application d'une spécification technique d'exploitation,
- la prise en compte de dispositions demandées par le gestionnaire de réseau prévues dans le cadre des notes inter-unités pour conserver ou retrouver l'équilibre production / transport / consommation.

Les défaillances qui n'ont pas d'impact sur la conduite du procédé, qui laissent disponibles les fonctions nécessaires pour les états présents et futurs de la centrale et qui ne peuvent être compensées

par l'action directe de l'opérateur, ne doivent pas être signalées par des alarmes vers les opérateurs mais vers le personnel responsable des mesures correctrices appropriées (p. ex. : l'équipe de maintenance).

## 3.2. EXIGENCES RELATIVES AU TRAITEMENT D'UNE ALARME

Les opérateurs ne doivent pas être surchargés par de nombreuses alarmes demandant des réactions simultanées. Dans le cas d'alarmes simultanées, les opérateurs doivent être guidés dans la sélection de la bonne priorité de réaction par rapport aux alarmes.

Ce guidage doit fournir :

- la pertinence de l'événement vis à vis de la sûreté (des actions accidentelles sont-elles requises ? Des actions sont-elles requises afin de restaurer la sûreté du système ?),
- la gravité des événements (cela entraîne-t-il la perte d'une fonction, la dégradation d'une fonction ou l'impact n'est-il que mineur ?), il revient aux opérateurs de statuer sur l'urgence d'une alarme, à degré de gravité fixé de conception,
- la situation de tranche est prise en compte dans le déclenchement des alarmes afin de ne valider que les alarmes pertinentes pour la situation courante de la tranche,
- la réduction des redondances est effectuée sur des alarmes indiquant le même événement mais traitées par des moyens différents,
- les alarmes sont conçues en respectant un faible niveau de synthèse afin que les opérateurs puissent les interpréter facilement,
- Les alarmes sont inhibées en cas d'apparition d'une alarme de priorité supérieure pour la même fonction ou le même équipement.

Les alarmes du MCS n'ont pas de traitement de validation selon l'état de tranche. Hormis cette exception, les principes d'élaboration d'alarme, du choix de la gravité d'alarme et de son traitement sont identiques pour chacun des postes MCP, MCS et SdR.

## 3.3. CLASSEMENT DES ALARMES

Afin de simplifier la décision des opérateurs sur la priorité de traitement en cas d'alarmes multiples (voir ci-dessus), un classement de chaque alarme est nécessaire afin de contrôler la présentation des alarmes sur les dispositifs de commande (couleur, clignotement, signal sonore).

Les alarmes sont classées avec un critère unique : la gravité.

La gravité d'une alarme dépend des conséquences du dysfonctionnement de la fonction ou du système sur la conduite de la tranche au moment de son apparition.

Quatre niveaux de gravité sont définis. La gravité est classée dans l'ordre croissant des niveaux. Ceux-ci sont détaillés ci-après.

### 3.3.1. Alarme de gravité 1

Ces alarmes caractérisent de petits défauts précurseurs de la perte d'un matériel important (défaut 1er stade) ou sur l'approche de seuils pouvant enclencher des actions de protection ou de sauvegarde automatiques (seuil niveau haut avant l'atteinte d'un seuil de niveau très haut).

C'est l'avant dernière ligne de défense avant une conséquence réelle pour la sûreté et/ou la disponibilité.

Les défaillances d'un équipement de contrôle-commande suivantes, entrent également dans ce niveau de gravité : porte ouverte, température armoire élevée.

### 3.3.2. Alarme de gravité 2

Ce niveau de gravité correspond à un défaut majeur, à une perte d'une redondance dans une fonction "ou", à l'atteinte d'un seuil avant la sollicitation d'un automatisme.

Il caractérise un défaut nécessitant une action de l'opérateur avant d'atteindre le seuil de déclenchement du matériel ou le seuil de mise en service d'automatisme.

Il existe un risque potentiel pour la sûreté ou la disponibilité liée au défaut. C'est la dernière ligne de défense avant une conséquence réelle pour la sûreté et/ou la disponibilité telle que définie pour les gravités 3 et 4.

Les alarmes de gravité 2 indiquent également une indisponibilité de matériel vis-à-vis des STE, hors indisponibilité de groupe 1.

### 3.3.3. Alarme de gravité 3

Ce niveau de gravité correspond à des conséquences réelles pour la sûreté et/ou la disponibilité liées à une perte totale d'un matériel ou d'une fonction.

Ce niveau de gravité est appliqué en cas de défaut grave : en situations normales ou incidentelles, le défaut risque de provoquer la sollicitation des systèmes de sauvegarde par l'atteinte des seuils correspondant et nécessite une action de l'opérateur pour éviter l'atteinte de ces seuils ; en situations accidentelles, les conséquences du défaut touchent à la sûreté de l'installation ou à la sécurité des personnes.

### 3.3.4. Alarme de gravité 4

Ce niveau de gravité correspond à des conséquences réelles importantes pour la sûreté entraînant une entrée en conduite incidentelle/accidentelle (CIA).

Cette catégorie d'alarme regroupe toutes les alarmes qui nécessitent l'entrée en conduite CIA. L'apparition d'une alarme de gravité 4 entraîne de façon sûre l'application de procédure de conduite CIA.

Ces alarmes permettent à l'équipe de conduite d'avoir une idée de l'initiateur via les seuils de protections déclenchés.

Ces alarmes regroupent aussi les alarmes de mise en service du système de protection et de sauvegarde (AAR, IS, ...), ainsi que des alarmes de perte de source ou de dépassement d'un seuil (ex. : activité GV élevée, bilan de fuite supérieur au seuil des Spécifications Techniques d'Exploitation, ...), nécessitant la prise de consigne CIA.

Les alarmes incendie n'entrent pas dans la catégorie d'alarmes de gravité 4 : le feu doit en effet être confirmé avant l'entrée en CIA. Les alarmes incendies sont donc traitées séparément.

### 3.3.5. Alarme incendie

Les alarmes incendies sont reportées sur les baies d'alarme incendie.

La signalisation sonore habituellement utilisée pour les alarmes incendie sur la baie incendie est suffisamment repérable pour alerter les opérateurs. Cette signalisation sonore sera bien distincte de la signalisation utilisée pour les alarmes conventionnelles.

Des fiches d'alarme incendie avec les actions spécifiques associées seront à prévoir au panneau incendie. Les conséquences fonctionnelles de l'incendie seront traitées par des alarmes fonctionnelles au MCP ou au MCS.

## 3.4. ECRAN D'ALARME, VERRINE D'ALARME, LISTE D'ALARME

Les alarmes sont présentées sur les postes informatisés du Moyen de Conduite Principal (MCP), dont la Station de repli (SdR), ainsi que sur le Moyen de Conduite de Secours (MCS).

En cas d'apparition d'une alarme, l'opérateur est averti par des indicateurs présents dans une zone définie de l'écran de conduite. Chaque niveau de gravité dispose de son propre indicateur coloré.

Le déclenchement d'une alarme est également indiqué par un signal sonore. Pour des événements majeurs (conduisant à une entrée en conduite accidentelle, incendie), leur apparition est également annoncée par des moyens fixes en salle de commande principale, visibles depuis les postes de conduite.

Sur le MCP, en sélectionnant un des indicateurs d'alarme, l'opérateur accèdera à la liste des alarmes se rapportant au niveau de gravité



correspondant à cet indicateur.

Cette liste n'est pas affichée en permanence. Elle apparaît à la demande de l'opérateur, sur l'écran de conduite de son choix pendant la durée appropriée pour ses actions.

Sur le MCS, les alarmes sont relayées par des verrines d'alarme.

### 3.5. FICHES D'ALARME

Chaque alarme est associée à une fiche d'alarme indiquant à l'opérateur une consigne à suivre. La fiche d'alarme doit être limitée à un seul folio.

Aux MCP/SdR, la fiche d'alarme apparaît en cliquant sur la ligne correspondante dans la liste d'alarme.

Les fiches d'alarme fournissent les informations nécessaires pour comprendre les événements inattendus, signalés par une alarme. Elles donnent notamment:

- les causes de l'alarme, c'est à dire le défaut élaborant l'alarme,

- la conduite à tenir

Cette partie de la fiche d'alarme donne à l'opérateur les actions à effectuer (manœuvre sur des organes, appel des services concernés, application des STE, etc.),

- les conséquences fonctionnelles du défaut

Cette partie "Conséquences" liste les conséquences du défaut et les risques associés,

- le renvoi vers les images de commande

Cette partie "images" de la fiche d'alarme permet des renvois vers les images de commande ou d'état qui permettent d'effectuer les vérifications d'actions automatiques et les actions définies dans la conduite à tenir.

Pour le moyen de commande conventionnel, les fiches d'alarme sont rédigées sur papier. Elles comportent les mêmes informations qu'au MCP mais sont adaptées au moyen de commande disponible sur le MCS (pas de renvoi aux images de commande) par exemple.

## 4. PROCEDURE DE CONDUITE

La Procédure de conduite est l'ensemble des règles et des consignes de conduite. Cette terminologie est utilisée pour une exploitation normale, en cas d'incident et en cas d'accident.

La règle de conduite spécifie l'objectif, les principes, la logique, la chronologie et les justifications de la conduite. Les consignes de conduite sont rédigées sur la base d'une ou plusieurs règles de conduite et formalisent le mode opératoire de conduite précis que l'opérateur est tenu de respecter.

Les consignes de conduite sont composées de la "méthode de conduite", présentées sur papier et de modes opératoires présentés à l'écran pour les postes de conduite informatisés (MCP) et sur papier pour le poste conventionnel (MCS).

La méthode de conduite décrit la stratégie des actions à réaliser en fonction de critères prédéterminés d'états physiques ou d'états des composants (les actions sont décrites dans le mode opératoire).

La stratégie est généralement présentée sous forme de diagrammes logiques complétés du repère de l'image d'état du procédé et des "modes opératoires" à utiliser afin de pouvoir suivre les principaux paramètres susceptibles d'évoluer et de permettre l'affichage des images de conduite permettant d'agir sur le procédé.

Un mode opératoire décrit les actions (commande des actionneurs et contrôle des paramètres), et leur ordre de séquence.

Il est affiché à l'écran, sous forme de texte, à la demande de l'opérateur qui peut ainsi moduler le niveau de guidage, en fonction de son professionnalisme.

Lorsque cela est nécessaire l'opérateur peut appeler, dans les images de conduite, la liste des modes opératoires mentionnés dans la méthode de conduite.

sous chapitre 17.4

## SYSTEMES DE L'INTERFACE HOMME-MACHINE

### 0. EXIGENCES DE SURETÉ

#### 0.1. FONCTIONS DE SURETE

Les systèmes de l'interface Homme-Machine doivent fournir aux opérateurs tous les moyens nécessaires au suivi et à la conduite de la tranche dans toutes les situations.

La salle de commande (SdC) centralise les principaux systèmes de l'interface Homme-Machine.

Le MCP (Moyen de Commande Principal) est l'interface principale utilisée par les opérateurs dans toutes les situations de tranches quand il est disponible.

Le MCS (Moyen de commande de secours) est utilisé par les opérateurs en salle de commande quand le MCP n'est pas disponible.

Quand la salle de commande est indisponible (ex: en cas d'incendie), la conduite et la surveillance de la tranche sont transférées sur un moyen de commande situé dans le local "Station de repli" afin de ramener la tranche dans un état sûr.

#### 0.2. TEXTES REGLEMENTAIRES

Directives Techniques pour la conception et la construction de la prochaine génération de tranches nucléaires à eau pressurisée (**voir chapitre 3.1.2**).

- Chapitre G3 " Etude de l'instrumentation et des commandes (design of Instrumentation and Control)" utilisés avec le MCP pour la conduite accidentelle et la station de repli en cas d'indisponibilité de la salle de commande.

#### 0.3. EXIGENCES POUR LES ETUDES DE SURETE

Les exigences pour les études de sûreté de la salle de commande, de la station de repli et du local technique de crise sont données dans le RCC-E (voir chapitre 1.6).

Ces exigences de sûreté concernent:

- les exigences pour la présentation des informations de sûreté,
- les caractéristiques de l'architecture de l'IHM de secours,
- la localisation, le milieu et la protection,
- l'espace et la disposition,
- les informations et les moyens de contrôle (informations, commandes, codification, alarmes, procédures),
- les moyens de commande et de suivi des Postes de travail informatisés et conventionnel,
- les moyens de communication.

# 1. EQUIPEMENTS IHM

## 1.1. SALLE DE COMMANDE (SDC)

La salle de commande est l'endroit de conduite et de suivi de la tranche dans toutes les situations, incluant le démarrage, la maintenance, l'arrêt pour rechargement, la conduite en puissance et en condition accidentelle, et ceci tant qu'elle demeure disponible. De plus, elle doit être pourvue de moyens de communication avec l'extérieur.

La salle de commande doit demeurer disponible en cas de séisme, les équipements de la salle de commande requis pour la démonstration de sûreté doivent être opérationnels en cas de séisme (MCS). Les autres peuvent être en défaut, mais ils ne doivent pas empêcher l'utilisation de la salle de commande ou endommager les installations liées à la sûreté.

En cas d'incendie conduisant à la perte de la SdC, les conséquences (ordre intempestif émis du niveau 2) sont limitées à des événements PCC1 (cela définit la plage des situations couvertes par la conduite à la station de repli).

Les IHM utilisées dans la SdC sont :

- Le MCP (Moyen de Commande Principal)  
Pour davantage de détails sur les exigences du système MCP se reporter au sous-chapitre 7.4.
- Le MCS (Moyen de Commande de Secours)  
Pour davantage de détails sur les exigences du système MCS se reporter au sous-chapitre 7.3.
- le synoptique donnant une vue d'ensemble de la tranche,
- des commandes dédiées pour des ordres F1A.

### 1.1.1. Postes de travail MCP

Il existe 4 postes de travail MCP complets en salle de commande configurés (mode conduite/ supervision) en fonction de la constitution de l'équipe de conduite. Chaque poste de travail possède 5 écrans.

Sur chaque poste de travail une station de travail, un écran (sixième écran) non relié au procédé permet d'avoir accès aux applications informatiques d'exploitation (niveau 3).

Un poste de travail réduit équipé de 4 écrans permet aux autres intervenants en salle de commande (cf. 17.3.1.2.3) d'avoir accès aux informations du procédé.

Le poste de travail de chaque opérateur de conduite permet de conduire et de surveiller la totalité de la tranche dans toutes les situations (excepté, bien sûr, les situations d'indisponibilité du MCP) via les écrans du MCP. Pour cela, il met à disposition sous une forme adaptée, les informations de conduite nécessaires à l'opérateur pour comprendre l'état de la tranche et du procédé, avant qu'il prenne une décision ou lance une action.

#### Non spécialisation (banalisation)

Les écrans ne sont pas spécialisés. Cela signifie que chaque information peut être affichée sur n'importe quel écran et que, sur chaque écran, un dialogue distinct peut être ouvert à un moment donné.

#### Fonctions du MCP

Fonctions fondamentales de commande et d'information :

- report d'informations binaires et analogiques de procédé,
- commandes de tous les actionneurs de la tranche pour lesquels une commande individuelle est prévue depuis la salle de commande,
- affichage des comptes rendus d'action des commandes correspondantes,
- commandes de fonctions de CC (séquences automatiques, boucles de régulation, saisie de points de consigne, bascule entre le mode manuel et le mode automatique, paramétrage et remise à zéro des mémoires) avec les comptes rendus d'actions correspondants,

- indications de présence et affichage d'alarmes concernant les fonctions et les matériels ayant un impact direct sur le contrôle du procédé,
- réglages de paramètres pour des phases spécifiques, dans la mesure où ce réglage de paramètres est lié à l'état du procédé (sinon il est réalisé par le service de maintenance),
- information sur la disponibilité et le statut administratif des actionneurs et capteurs,
- alarmes indiquant les défaillances des équipements, nécessaires à la commande du procédé ou des événements requérant une attention spéciale de l'opérateur ou exigeant de lui des actions manuelles.

#### Information de synthèse :

- Les informations sur l'état, la disponibilité et le statut administratif des systèmes et sous-systèmes mécaniques, électriques,
- Les moyens pour analyser les perturbations et les défaillances des différents équipements qui sont de la responsabilité des opérateurs, ceux permettant de prévoir une évolution future du procédé ainsi que l'effet des actions prévues.

Des moyens sont fournis pour détailler l'origine des défaillances des équipements de CC, des capteurs et des actionneurs ayant un impact sur le contrôle du procédé (via des fiches techniques).

#### Historique des informations :

Affichage de l'historique des informations (vue de courbes de mesures, journaux de bord des informations binaires, actions manuelles et automatiques).

#### Aide à la conduite :

- présentation de la cause potentielle, des conséquences prévues et des mesures correctives potentielles en cas d'alarme (sous forme de fiches d'alarmes),
- présentation des actions à réaliser en cas d'incident et d'accident (sous forme de procédure de conduite incidentelle/accidentelle),
- présentation des actions à réaliser pour le changement d'état de la tranche ou des systèmes (sous forme de procédures), dans la mesure où elles ne sont pas automatisées.

#### Fonction de documentation :

- Impression de copie d'écran de procédures ou autres.

#### Fonctions d'aide à l'exploitation

- Accès aux données de niveau 3 tel que l'état administratif des matériels.

#### Contrôle d'accès aux fonctions du MCP

Un certain nombre de moyens d'exploitation, comprenant la commande individuelle des actionneurs et l'acquiescement des alarmes, peut être interdit d'accès, sur les postes de travail, par des dispositifs administratifs (mot de passe). Certains postes peuvent être désignés soit comme poste de conduite, soit comme poste de supervision.

Cette assignation ne peut être modifiée que par un personnel autorisé (mot de passe).

#### Organisation et composition des images au MCP

Les images du MCP sont organisées en fonction de la tâche de l'opérateur, ainsi qu'en fonction du régime de conduite normal ou accidentel de la tranche.

Les images sont regroupées en deux grandes catégories : les images de procédé et les images de consignes (Cf. 17.3.2.2.3).

En complément des deux catégories ci-dessus, il existe des images spécifiques adaptées aux besoins des équipes de conduite. Ce sont :

- l'image accompagnant le diagnostic d'état,
- les images de décomposition des informations de synthèse explicitant la logique d'élaboration de l'information,



- les images de tour de Bloc qui regroupent des informations générales et des paramètres de la tranche. Elles sont utilisées pour faire un état des lieux rapide de l'état de la tranche en cours de quart ou lors d'un changement d'équipe,
- les images spécifiques destinées au Superviseur regroupant des informations sur la tranche.

Cette approche sera finalisée en fonction du programme FH décrit au sous-chapitre 17.2.

### Fonctions du poste du superviseur

A la base, le poste de travail du superviseur est identique à celui de l'opérateur de conduite, avec les mêmes écrans MCP. La conduite du procédé est possible, mais il est verrouillé par mot de passe. Le poste du superviseur peut être utilisé en secours des autres postes de travail.

### Fonctions des postes POM (Poste Opérateur Minimal)

Ces postes ont les mêmes fonctions qu'un poste opérateur mais comportent un écran de moins. Ils sont utilisés par les personnels amenés à intervenir de façon temporaire en SdC (cf. chap. 17.3 1.2.3).

## 1.1.2. Zone de conduite de secours (MCS)

La zone de conduite de secours procure les moyens de contrôle et de suivi des systèmes de la centrale en cas d'indisponibilité des P.O en SdC. Dans ce cas, le MCS est l'IHM utilisée.

Elle permet aux deux opérateurs, au superviseur et à l'ingénieur sûreté de conduire et surveiller la tranche.

Si, pour atteindre un état contrôlé, les fonctions F1A devaient requérir des actions opérateurs après les trente premières minutes suivant un événement PCC, les informations et les commandes pertinentes seront également disponibles dans cette zone.

Le MCS est un dispositif conventionnel de commandes et de suivi, avec des boutons, des indicateurs lumineux, des verrines d'alarmes, des enregistreurs, etc., disposés en panneaux.

Au MCS, l'opérateur assure les fonctions suivantes :

- le suivi et la conduite de la centrale en état de puissance stable en cas d'indisponibilité du MCP pendant une courte période en régime normal,
- l'arrêt et le maintien de la centrale en état sûr, en cas d'indisponibilité du MCP pendant une période plus longue en régime normal,
- le suivi et la mise en œuvre des fonctions de conduite accidentelle appropriées pour placer et maintenir la centrale en état sûr en cas d'indisponibilité du MCP dans une situation de référence PCC2 à 4,
- pour initier les fonctions de lutte contre l'incendie dans l'îlot nucléaire quand le MCP n'est pas disponible, en cas d'événement PCC2/4,
- le MCS peut aussi être utilisé pour fournir des informations spécifiques en vue de diversifier l'information par rapport au MCP, notamment pour l'évaluation de sûreté de la tranche.

Les principales caractéristiques du MCS sont les suivantes :

- les moyens de conduite fournis pour commander et suivre la centrale sont essentiellement restreints aux fonctions classées F1 utilisées pour une conduite lors d'événements PCC2 à PCC4,
- le MCS est conçu de manière à permettre au maximum l'intégration ergonomique des commandes et des informations. L'opérateur n'a pas besoin de se référer à un autre support (par exemple : le synoptique) pour obtenir les informations nécessaires à sa tâche,
- l'historique est limité à l'historique accessible (24 h ou 72 h, en fonction des règles d'analyse d'accident et du besoin de procédures en cas d'accident),
- les caractéristiques du MCS sont davantage détaillées au sous chapitre 7.3,
- l'ensemble des commandes et informations répond à la démonstration de sûreté pour la transition vers l'état sûr pendant des événements PCC-2 à PCC-4 (respect du chemin sûr).

## 1.1.3. Synoptique général de la tranche

Le synoptique général de la tranche présente l'état général de la tranche en grand format. Il est utilisé pour tous les états de la tranche, tant que les informations du MCP sont disponibles.

Le synoptique est utilisé :

- pour la coordination des équipes de conduite,
- pour servir de référence commune,
- pour s'informer rapidement de l'état de la tranche.

Il présente des informations adaptées permettant de déterminer l'état de la tranche.

Il affiche des images présentant l'état des principaux actionneurs et les principaux paramètres comme des températures, puissances, fréquence, etc., affichés sous forme de courbes ou en valeurs instantanées.

Le synoptique est présenté sous forme de projection d'images grand format sur 4 écrans (rétro ou vidéo projecteur).

Le moyen de dialogue est accessible à partir des postes de travail des opérateurs.

Les images présentées sont choisies par les opérateurs.

**Nota** : de par son rattachement informatique au MCP, il permet également d'afficher toutes les images disponibles sur les postes opérateurs.

Le contenu des images sera finalisé en fonction du programme Facteur Humain (FH) décrit dans le sous-chapitre 17.2.

Le synoptique doit être visible et lisible depuis tous les postes de travail de la SdC.

## 1.1.4. Commandes F1A

Des commandes conventionnelles pour le passage manuel d'ordre F1A seront installées en salle de commande.

## 1.2. STATION DE REPLI (SdR)

L'évacuation de la salle de commande vers le local de la station de repli est nécessitée par la dégradation des conditions d'ambiance suite à un sinistre entraînant son inhabitabilité (incendie, gaz, fumées, etc.).

La station de repli a pour fonction de commander la tranche lorsque la Salle de commande est indisponible, sans défaillance ni accident additionnel autre que la perte des alimentations extérieures.

La zone de la SdR est une zone de travail temporaire. Sa surface est inférieure à la surface consacrée au MCP en salle de commande.

### 1.2.1. Domaine de couverture

La station de repli permet de conduire et de surveiller la tranche dans toutes les situations PCC1.

Il comprend l'instrumentation et les commandes nécessaires pour atteindre et maintenir le réacteur dans un état sûr. En particulier, il est conçu pour :

- pouvoir assurer rapidement le passage à l'état d'arrêt à chaud du réacteur et son maintien dans cet état ;
- permettre le passage ultérieur en arrêt à froid et son maintien dans cet état par l'utilisation de procédures appropriées et de manœuvres effectuées localement si les commandes ne sont pas disponibles depuis la station de repli (l'IHM de la SdR étant similaire à celle des postes informatisés de la salle de commande principale, la nécessité de devoir effectuer des manœuvres en local devrait néanmoins se trouver réduite en comparaison des paliers précédents dont les PdR sont en technologie conventionnelle).

Lors de la conduite à la station de repli, les alimentations électriques extérieures peuvent être indisponibles et nécessiter l'alimentation par les diesels des tableaux secours.

## 1.2.2. IHM de la SdR

La station de repli est constituée de 2 postes opérateurs alimentés respectivement par les divisions 3 et 4, et d'un poste supplémentaire alimenté par la division 1.

Ces 3 postes opérateurs sont implantés dans un seul et même local. Les fonctions de commande et de supervision sont classées au séisme (cf. chapitre 7.2).

Chaque poste opérateur de la SdR comprend 4 écrans (au lieu de 5 écrans sur les postes informatisés de la salle de commande principale).

Le poste supplémentaire est un poste réduit à 2 écrans. Il est uniquement configurable en mode supervision et permet au CE/IS de pouvoir assurer une surveillance de l'état de la tranche sans perturber les deux opérateurs. L'utilisation de ce poste pourra être mutualisée entre le CE/IS et le superviseur selon les besoins de conduite.

Les fonctionnalités des postes de la station de repli sont les mêmes que celles des postes de la salle de commande principale.

Les moyens de communication sont les mêmes qu'en SdC.

Le matériel de détection incendie et équipement de lutte contre l'incendie sont conformes à l'ETC-F version 2005.

Le local de la station de repli ne comporte pas de synoptique.

Les principes d'installation et d'exploitation (basculement SdC vers SdR notamment) sont traités dans le sous-chapitre 7.2.

## 1.3. COMMANDES ET SIGNALISATION LOCALES

Si des commandes et des signalisations devaient être installées en local, à l'extérieur de la SdC, ces dernières seraient composées :

- soit d'un panneau conventionnel (boutons-poussoirs, indicateurs lumineux,...),
- soit d'une interface informatisée.

## 1.4. LOCAL TECHNIQUE DE CRISE (LTC)

En conduite accidentelle, un local technique de crise fournit des informations et des moyens de communication à une équipe d'assistance composée d'experts chargés de conseiller le personnel d'exploitation.

Le LTC est équipé d'un poste de travail identique à celui du superviseur en salle de commande.

Toutes les informations disponibles au MCP le sont aussi sur les écrans du LTC.

En outre, toute la documentation doit être accessible.

## 1.5. AUTRES LOCAUX

Des postes informatisés raccordés au MCP et configurés en mode supervision pourront être installés en dehors de la salle de commande pour fournir des informations aux membres de l'équipe de conduite situés hors de la salle de commande (chargé de consignation, Rondier, ...), ces postes seront installés dans les locaux de ces équipes (local rondier, local consignation, ...).

# 2. EXIGENCES RELATIVES A L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

La conception détaillée de l'environnement de travail de l'équipe de conduite doit respecter des exigences pertinentes d'ergonomie. Conformément à l'état actuel de l'étude de détail, elles sont résumées ci après. Elles seront davantage détaillées dans la phase de conception détaillée de l'EPR, au cours de laquelle une co-étude ergonomique et architecturale sera menée pour définir et optimisée l'aménagement et l'environnement des locaux de conduite (Cf. 17.2).

## 2.1. PROPRIETES MECANIQUES ET DIMENSIONS DE L'ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL

L'agencement préliminaire de la SdC et des autres locaux présentant de l'IHM respectent les exigences fondamentales d'agencement pour la présentation des informations à l'écran et sur les panneaux de commande conventionnels.

Cela est fait sur la base de paramètres spécifiques à la perception visuelle (angle minimum de perception des informations à l'écran et sur les panneaux de commandes conventionnelles; détermination d'un champ visuel principal par opérateur, dimensions typiques des matériels standard, tel que les écrans, les indicateurs conventionnels et les pavés de commande).

## 2.2. ENVIRONNEMENT ACOUSTIQUE

L'environnement acoustique et le niveau sonore principal en SdC et à la SdR sont conçus de telle manière que :

- le suivi et le contrôle du procédé ainsi que les activités connexes peuvent être réalisées dans des conditions confortables,
- la bonne communication entre les membres de l'équipe d'exploitation est garantie,
- que les signaux sonores sont bien perçus.

Ceci requiert un niveau sonore ambiant moyen suffisamment bas, de bonnes propriétés de réverbération dans la SdC, et un niveau adapté des signaux sonores.

Pour permettre une réduction significative des bruits en salle de commande, les mesures suivantes sont mises en place :

- choix de la localisation, suivi de la conception et de la réalisation des matériels sources de bruits solidiens,
- amélioration de l'isolement acoustique des bruits aériens émis par la ventilation de la salle de commande,
- réalisation de la salle de commande suivant le principe de la "boite dans la boite".

Le principe de la "boite dans la boite" consiste à créer un volume fermé désolidarisé du génie-civil principal par l'intermédiaire d'appuis élastiques filtrant les vibrations transmises par les installations voisines.

## 2.3. ECLAIRAGE DES LOCAUX IHM ET DE L'ESPACE DE TRAVAIL

L'éclairage dans la SdC doit garantir des conditions de travail optimales pour l'équipe de conduite. Cela exige :

- un niveau d'éclairage adéquat pour les tâches des opérateurs (bon contraste pour une lisibilité aisée des informations requises),
- d'éviter l'éblouissement et les reflets.

Selon les missions des différentes zones de la SdC, chaque zone disposera de son propre éclairage, qui pourra être réglé afin de fournir un éclairage suffisant aux opérateurs afin qu'ils réalisent leurs tâches.

L'éclairage de la SdC, de la SdR et du LTC est secouru par au moins deux trains. Un niveau d'éclairage minimum est garanti par une alimentation de secours ininterrompue (accumulateurs).

Des éléments de l'éclairage de la SdC sont également ré-alimentés par les dispositions d'alimentation dédiées à la gestion des accidents graves (Cf. section 8.3.5.4).

## 2.4. CONDITIONS AMBIANTES DANS LA SdC ET LES LOCAUX ANNEXES

Les conditions ambiantes de la SdC et des locaux annexes figurent dans les tableaux de la section 9.4.1.