

## LA SALLE DE COMMANDE DU PALIER N4 :

### PRINCIPALES CARACTERISTIQUES ET RETOUR D'EXPERIENCE D'EXPLOITATION

JEAN-MICHEL PEYROUTON – DIRECTEUR DELEGUE PRODUITS

JANNICK GUILLAS – ANIMATEUR BRANCHE INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

CHRISTINE NOUGARET – INGENIEUR

EDF-DPN-CAPE SAINT-DENIS

Cette communication présente :

- la conception, les caractéristiques et innovations de la salle de commande du palier N4, en la situant par rapport aux salles de commande des paliers antérieurs français,
- le retour d'expérience d'exploitation acquis.

#### 1- Démarche de conception des salles de commande des centrales REP françaises

##### 1.1 - Introduction

1967 – 1999 : il se sera écoulé un peu plus de 30 ans entre la mise en service du premier réacteur français de la filière à eau sous pression (Chooz A) et le plus récent (Civaux 2). La démarche de conception des salles de commande, les normes et règles applicables, les exigences de sûreté, ont considérablement évolué durant cette période. L'ergonomie et la prise en compte du « facteur humain », peu présentes jusqu'au milieu de la décennie 1970, se sont progressivement développées. Alors que les premières réalisations s'appuyaient sur le savoir faire, sur les habitudes et sur le retour d'expérience, les plus récentes font appel à des méthodes plus rigoureuses.

Concevoir une salle de commande implique une approche globale qui inclut des aspects technologiques, fonctionnels, organisationnels et facteurs humains.

On doit rechercher une répartition optimale des tâches entre l'homme et les systèmes de contrôle-commande (automatismes, traitement de l'information), en vue d'une utilisation maximale des capacités de l'homme et des automates, et ce en prenant en considération l'organisation de l'exploitant, ses habitudes, ses souhaits d'évolution. La conception doit également tenir compte des contraintes liées à la première mise en service et permettre des modifications et la maintenance.

Sur le plan fonctionnel, la conception doit permettre, pour tous les états opérationnels, y compris les situations d'arrêt et les conditions accidentelles, d'optimiser les tâches, de minimiser la charge de travail requise, pour surveiller et conduire la centrale.

Une telle approche globale est relativement récente. C'est l'accident de Three Mile Island (TMI) en 1979 qui a été révélateur du poids du facteur humain dans les situations accidentelles (équipe de conduite, procédures, formation, ergonomie du poste de travail).

Cette évolution de la démarche se retrouve dans la conception des salles de commande des centrales françaises qui a connu trois étapes :

- la conception des salles de commande des centrales du palier 900 MW antérieure à TMI, avec, après TMI, des actions importantes d'amélioration,
- la conception des salles de commande des centrales du palier 1300 MW concomitante avec l'accident de TMI,
- la conception des salles de commande des centrales du palier 1400 MW postérieure à TMI.

## 1.2 - Les salles de commande 900

Excepté les tranches de Fessenheim, dont la salle de commande est pratiquement conforme à celle de la centrale de référence américaine (disposition en fer à cheval), la totalité du parc 900 MW a, à des variantes architecturales près, la même salle de commande (cf. annexe - photo n°1).

Sa conception date de 1972. Le choix d'un pupitre principal où sont rassemblés tous les moyens de commande et d'information nécessaires à la conduite normale (depuis l'état d'arrêt à chaud jusqu'à la pleine puissance), et d'un tableau « arrière » regroupant commandes et informations nécessaires lors des opérations de démarrage depuis l'arrêt à froid et en situation accidentelle ainsi que celles des auxiliaires généraux, résulte de 2 considérations :

- la première est une référence à l'organisation des salles de commande des centrales thermiques à flamme françaises, organisation à laquelle l'exploitant était habitué et dont il était satisfait,
- la seconde est que l'on privilégiait, comme dans une centrale thermique à flamme, la conduite normale.

La répartition des tâches entre l'opérateur et le système de contrôle-commande, plus communément désigné par niveau d'automatisme, est la suivante :

- les actions de protection liées à la sûreté sont automatisées : l'intervention de l'opérateur dans les 10 minutes suivant l'initiation d'une action de protection n'est pas requise d'un point de vue sûreté,
- les actions liées à la protection d'un matériel sont automatiques pour les matériels de coût important,
- les fonctions de réglage nécessaires au maintien de la tranche dans un état stable ou aux variations de charge sont automatisées,
- il n'y a pas d'automatisme séquentiel pour la mise en ou hors service de fonctions, l'opérateur intervenant au niveau de la commande d'un groupement d'actionneurs remplissant une tâche limitée ou au niveau de la commande individuelle d'actionneurs.

Les procédures de conduite, de type événementiel, sont des documents papiers.

Après l'accident de TMI, les actions entreprises se sont traduites par :

- une amélioration notable de l'ergonomie. Les ergonomes sont, pour la première fois, intervenus sur une maquette à l'échelle 1 pour optimiser la disposition des commandes et informations et définir une présentation par panneaux colorés faisant clairement ressortir les ensembles fonctionnels,
- l'adjonction d'un panneau de sûreté, doté de moyens conventionnels et informatiques, pour fournir aux opérateurs, en situation accidentelle, des informations mieux adaptées (signaux d'état, marge à l'ébullition),
- la création du poste d'ingénieur sûreté assurant une redondance humaine par rapport à l'équipe de conduite,
- un examen critique exhaustif des procédures accidentelles et incidentelles et la refonte complète de la présentation des consignes de conduite accidentelles (identification claire des tâches de chaque opérateur,...),
- une application progressive d'une conduite par états physiques de l'installation pour les situations incidentelles/accidentelles avec l'introduction en 1982/1983 sur le palier 900 MW d'une conduite par états des systèmes liés à la sauvegarde, et d'une procédure « filet » destinée à l'ingénieur sûreté.

### 1.3 – Les salles de commande 1300

Les premiers retours d'expérience d'exploitation du palier 900 MW mirent en évidence que la disposition « pupitre principal et tableau arrière » ne présentait pas, pour les installations nucléaires, les avantages rencontrés dans le thermique à flammes. Le nombre important de commandes et d'informations nécessaires pour la conduite normale conduit à un pupitre principal de grande taille et les allées et venues entre tableau arrière et pupitre principal en situation de démarrage ou perturbées ne sont pas satisfaisantes.

La disposition en fer à cheval adoptée à Fessenheim est apparue comme une bonne base à condition d'améliorer l'ergonomie et les fonctionnalités (cf. annexe - photo n°2).

Le choix effectué par ailleurs d'un contrôle-commande mettant en œuvre des automates programmables en lieu et place d'un relayage électromagnétique, a permis d'améliorer le traitement des alarmes (filtrage et inhibition prenant en compte les situations d'arrêt), et leur présentation (seules les alarmes nécessitant une intervention rapide de l'opérateur sont sur verrines, les autres sont sur écrans).

Le niveau d'automatisation du palier 900 MW n'a pas été notablement remis en cause. Le nombre de commandes individuelles a été réduit mais il n'a pas été jugé nécessaire de développer des automatismes séquentiels.

La disposition des commandes et informations sur les pupitres a été étudiée de façon à obtenir une zone de conduite en situations normale et accidentelle de dimensions relativement réduites.

Une matérialisation des circuits (synoptiques actifs), complétée par quelques synoptiques muraux, a été réalisée.

L'accident de TMI survenant au moment de la conception de la salle de commande, les évolutions en matière d'organisation de la conduite, de constitution des procédures et de formation des opérateurs décidées suite à cet accident ont été appliquées. Des procédures de conduite par état généralisée (APE) ont remplacé les procédures événementielles sur le palier 1300 à partir de 1990.

### 1.4 – Les salles de commande N4

Tirant les enseignements de l'accident de TMI, EDF a pris la décision, au début de la décennie 80, d'engager l'étude d'un nouveau concept de salle de commande. Le but recherché est de réduire les risques dus aux facteurs humains par une amélioration de la qualité de la conduite, dans toutes les situations de tranche, en agissant sur la conception de la salle de commande.

Les objectifs retenus dès le début du projet ont été les suivants :

- recherche d'une réduction du nombre d'informations présentées à l'opérateur (les informations accessibles par l'opérateur étant toutefois beaucoup plus nombreuses), avec une meilleure qualité et une meilleure pertinence de ces informations,
- développement des traitements d'élaboration et de présentation des informations et, en particulier, du traitement d'alarmes, de façon à faciliter la compréhension de ces informations et à les adapter à la situation d'exploitation,
- renforcement des échanges entre conduite et maintenance de façon à mieux prendre en compte, dans les opérations de conduite, les actions engagées par les équipes d'entretien de la centrale,
- développement des traitements d'aide à la conduite et intégration optimale de ces traitements dans les opérations de conduite.

Pour atteindre ces objectifs, les principales options suivantes ont été prises :

- traitement systématique de validation de toutes les informations en provenance de la centrale,
- utilisation de moyens informatiques pour la présentation des informations et l'émission des ordres, afin de pouvoir associer commandes et informations relatives à une même action de conduite, que cette action concerne des mises en ou hors service de matériels, des réglages, l'application d'une procédure ou le traitement d'une fiche d'alarme,
- surveillance informatique des choix faits par les opérateurs dans les consignes de conduite.

Ces dernières options ont permis de retenir une conduite en position assise depuis des postes informatisés dans toutes les situations d'exploitation. Ce choix résulte des volontés suivantes :

- disposer des mêmes moyens de conduite en toutes situations (refus d'un poste de conduite « normale » et d'un poste de conduite « accidentelle »),
- mettre à disposition de l'opérateur des moyens d'information et de commande très puissants quant à la qualité des informations fournies et à celle de leur présentation,
- éviter un mélange de moyens conventionnels et informatiques (salle de commande hybride) pour lesquels, outre l'inconvénient d'une présentation hétérogène des moyens, une frontière claire entre les commandes informatisées et celles conventionnelles est difficile à définir.

Des procédures de conduite par état généralisée (APE) ont été introduites sur le N4 dès le démarrage.

La salle de commande N4 représente une telle innovation en matière de conduite qu'il n'était pas réaliste de s'engager dans cette réalisation sans s'assurer de la pertinence des choix effectués. Une maquette statique, telle que celles réalisées sur les paliers précédents pour décider de l'implantation des moyens de commande et d'information, s'avérait insuffisante. Il était indispensable de réaliser une validation dynamique, dans des conditions les plus proches possibles de la réalité.

Il a donc été décidé de réaliser un simulateur de représentation intégrale dénommé « simulateur S3C » constitué :

- d'un simulateur de processus identique au système informatique d'un simulateur de formation 1300 MW, contenant le modèle physique et les automatismes de commande et de protection d'une centrale 1300 MW,
- d'un système informatique se substituant à la salle de commande conventionnelle et gérant les postes opérateurs de la nouvelle salle de commande.

Cinq campagnes d'évaluation successives ont été réalisées sur ce simulateur entre 1987 et 1996. Ces évaluations sont fondées sur l'observation de l'activité des opérateurs durant différents scénarios définis préalablement pour couvrir toutes les situations de conduite : situations normales depuis l'arrêt à froid jusqu'à la pleine puissance, grand transitoires, situations accidentelles, conduite la nuit.

Des ergonomes de différentes directions d'EDF, des spécialistes de la conduite ont suivi le déroulement de chaque scénario. L'IRSN a été associé à ces évaluations ainsi que la Médecine du travail d'EDF.

Les thèmes traités ont été les suivants :

- aménagement de la salle de commande et des postes de conduite,
- organisation des équipes et formation,
- informatisation de l'information et des documents de conduite,
- passage au panneau auxiliaire en cas de défaillance du système informatique de conduite (KIC).

## **2- Descriptif de la Salle de Commande N4**

Quatre postes de travail, ont été retenus en salle de commande. Ceux-ci sont identiques, accèdent à la même base de données et permettent donc le secours mutuel de l'un par l'autre. Ils sont verrouillables par clef en mode observation seul (pas d'actions sur le process). Deux d'entre eux sont des postes de conduite destinés aux opérateurs de conduite, les deux autres sont des postes d'observation à usage du cadre technique (superviseur), du chef d'exploitation ou de l'ingénieur sûreté.

Par ailleurs, un synoptique mural, présentant les principaux paramètres de l'installation, l'état des principaux actionneurs et l'état des circuits de sûreté et de sauvegarde, est installé en salle de commande. Ces éléments interactifs sont lisibles depuis les postes opérateurs. Ce synoptique permet :

- de donner aux opérateurs une vision globale et rapide de l'installation et de remédier à la vision parcellaire fournie par les écrans de visualisation,
- de fournir une référence commune de l'état de l'installation aux différents membres de l'équipe de conduite et contribuer ainsi à la coordination de leurs actions en constituant un support de raisonnement commun.

Enfin, des moyens diversifiés de conduite, sous forme d'un panneau doté de moyens de conduite conventionnels, indépendant du système informatique qui pilote les postes opérateurs, et, depuis lequel, il est possible de ramener la centrale dans un état sûr et de maîtriser les situations accidentelles, ont été implantés. Ces moyens diversifiés, appelés « panneau auxiliaire », ne sont utilisés que lors de l'indisponibilité du système informatique (défaillance ou arrêt programmé).

En pratique, il existe deux configurations de conduite selon que le KIC est ou non disponible :

- KIC disponible : toute l'équipe au KIC avec des consignes informatisées,
- KIC indisponible (conduite normale : perte des 4 postes opérateurs ; conduite accidentelle : perte de 3 postes opérateurs) : toute l'équipe au panneau auxiliaire avec des consignes papier.

Un descriptif de la salle de commande N4 est donné en annexe (photos n°3 et n°4).

Le panneau de repli, situé en dehors de la salle de commande et à un autre étage du bâtiment, permet aux opérateurs, en cas d'incendie de la salle de commande, d'amener la tranche dans un état sûr. Afin de garder l'homogénéité avec la salle de commande, le panneau de repli présente la même interface opérateur que le panneau auxiliaire.

Chaque poste de travail informatisé (cf. annexe - photo n°5) comprend :

- une zone de commande : 3 écrans graphiques, 3 écrans sensitifs, 1 boule roulante et 1 clavier,
- et une zone alarme : 4 écrans et 1 clavier.

Depuis son poste, l'opérateur a accès rapidement à toutes les informations, ce qui lui évite la recherche et la manipulation de documents.

Deux postes opérateurs « minimum » ou POM, offrant les mêmes fonctionnalités que le poste de travail informatisé mais à partir d'une interface physique réduite à 3 écrans graphiques, sont installés respectivement en salle de commande et dans le local technique de crise.

Par rapport aux paliers précédents, les dispositions suivantes n'ont pas été remises en cause :

- composition et organisation de l'équipe de conduite,
- niveau d'automatisme, qui reste voisin de celui du palier 1300 MW.

Par rapport aux salles de commande conventionnelles, une partie importante des tâches de conduite est transférée au niveau de la conception qui intègre dans les images de conduite le REX des 54 tranches REP précédentes en exploitation :

- le regroupement fonctionnel des commandes et informations sur une image résulte d'un fort investissement de conception des images (nombre et contenu fonctionnel),
- les consignes, en plus des logigrammes équivalents à ceux des consignes papier, comportent des traitements de vérification d'actions opérateur et de guidage,
- le traitement automatique des alarmes résulte d'analyses détaillées en bureau d'études.

Les principes de l'imagerie du système informatique de conduite N4 sont les suivants :

- la banalisation et l'accès à l'ensemble de l'imagerie pour tous les membres de l'équipe (il existe toutefois des consignes cadre technique ou superviseur différentes des consignes opérateurs),
- l'accès direct et rapide, à partir d'une image, aux informations qui lui sont associées (par exemple, accès à la fiche technique d'un actionneur représenté sur une image),
- la validation et l'homogénéité des informations dont l'affichage change de forme ou de couleur en fonction de l'état (par exemples, pour un actionneur, l'état et non la commande opérateur est représentée et, pour un capteur en défaut, la mesure est affichée en rouge),
- l'adaptation de l'image à la tâche de l'opérateur (supervision/commande), ce qui permet de réduire le nombre d'images manipulées par celui-ci pour une action donnée (par exemple, une seule image pour faire la bulle au pressuriseur).

Cette imagerie est constituée :

- des images de conduite (images de commande, de suivi de réglage, de régulation,... ; environ 800 images ; cf. annexe – photo n°6). Elles permettent une conduite assez comparable à celle effectuée depuis une salle de commande traditionnelle, si l'on assimile le choix d'une image donnée au déplacement d'un opérateur devant le panneau adéquat. Toutes les informations nécessaires à une tâche donnée sont regroupées sur l'image afin d'éviter les changements d'images ou des oublis.  
Toutes les informations affichées en temps réel sont validées et leur statut est défini par un code couleur.
- des fiches techniques (environ 10000 images ; cf. annexe – photo n°7). Elles sont accessibles directement à partir de chaque objet. Chaque actionneur, chaque capteur fait l'objet d'une fiche technique créée en ligne automatiquement à partir de la base de données. Celles-ci comprennent des informations temps réel et des informations liées à la maintenance (opérationnalité, disponibilité, états, défauts,...). Elles permettent à l'opérateur de comprendre pourquoi un actionneur n'a pas manœuvré (verrouillage, indisponibilité, défaut, perte d'alimentation,...), ou pourquoi un capteur est en défaut et quelles sont les valeurs de seuil associées.
- des fiches d'alarmes (environ 4300 ; 1 fiche au moins par alarme ; cf. annexe – photo n°8). Elles sont directement accessibles sur écran et présentent les causes, les conséquences et les actions à réaliser. Les fiches d'alarmes permettent un accès direct aux images et aux consignes de conduite mais contiennent aussi toutes les commandes nécessaires pour que l'opérateur fasse le nécessaire sans avoir à changer d'image.
- des consignes de conduite (environ 2000 images procédure pour la conduite normale, 2000 images procédure pour la conduite APE ; cf. annexe – photo n°9). Elles sont consacrées à la réalisation, sous contrôle de l'opérateur, d'un enchaînement d'opérations de conduite. Elles permettent de simplifier les gestes de l'opérateur en lui proposant une présélection des ordres à transmettre et en ne lui demandant par la suite que l'action manuelle de validation sur le pupitre.

Les consignes sont des organigrammes interactifs présentant les actions élémentaires de conduite. Chaque action ou décision de l'opérateur demandée par un pas du logigramme peut être contrôlée par le système informatique de conduite. Le chemin parcouru est caractérisé par une animation (couleur). Toutes les informations et commandes nécessaires sont présentées en regard de la procédure de façon à la rendre auto-portante. Les ordres à destination du process sont envoyés directement depuis la page de procédure avec contrôle en retour du process.

Avec l'utilisation de ce type de consignes, l'opérateur est guidé dans ses choix et ses actions. Il peut forcer une consigne en cas de nécessité, par exemple, s'il dispose d'une information que le système ne peut pas acquérir. Ceci est cohérent avec le principe selon lequel l'opérateur doit rester maître en toute situation de l'installation. Le forçage est repéré par un changement de couleur du lien reliant le pas forcé vers le pas suivant du logigramme (passage en rouge).

Afin de ne pas perturber l'opérateur par un changement de formalisme, les logigrammes des consignes de conduite normale ou accidentelle ont la même présentation sur écran.

Les consignes de conduite accidentelle se différencient cependant sur deux points :

- o elles sont fondées sur une surveillance permanente de l'état de la tranche lors de leur application. Dans une salle de commande conventionnelle avec procédures papier, l'opérateur doit boucler en permanence dans les logigrammes pour détecter un changement d'état. Sur le N4, l'innovation consiste, après une première application de la consigne par l'opérateur, à faire surveiller le chemin parcouru dans les logigrammes par le calculateur qui avertit l'opérateur en cas de changement d'état. Ceci décharge l'opérateur et lui permet de prendre du recul favorisant ainsi la vision d'ensemble de la conduite en cours.
- o chaque consigne est couplée à une image de synthèse, appelée image mère. Cette image assure le suivi d'état, la surveillance systèmes et les orientations ou réorientations nécessaires pour la séquence de conduite en cours.

### **3- Retour d'expérience de l'exploitation de la salle de commande N4**

Les phases de démarrage des tranches N4 ont permis la collecte d'un premier REX et la prise en compte de manière précoce, au travers de nouvelles versions du système et des jeux de données, des points issus de cette première phase d'exploitation.

Aujourd'hui, la durée effective d'exploitation des salles de commande N4 représente plus de 20 années réacteurs, essais d'ensemble inclus. Un large champ du domaine d'exploitation a été exploré sur site (fonctionnement normal, arrêt de tranche, incidentel).

Compte-tenu de la nouveauté du concept de cette salle de commande, EDF a mis en œuvre, pour collecter et exploiter le REX de ces premières années d'exploitation, d'importants moyens spécifiques, à savoir :

- De 1996 à 2001, EDF a procédé à 4 étapes d'évaluation de la salle de commande N4 sur les sites de Chooz et Civaux.

L'objectif de ces évaluations est de s'assurer de l'adéquation entre les besoins des utilisateurs de la salle de commande N4 (conduite, maintenance,...) et les caractéristiques des postes informatisés.

Les thèmes traités ont été les suivants :

- facteurs d'ambiance,
  - activités de conduite,
  - présentation et utilisation des informations (alarmes, imagerie de conduite, journaux de bord, enregistrements analogiques, synoptique,...),
  - modalités d'utilisation conjointe des différents outils de la salle de commande dans différentes activités de conduite.
- Dans la continuité des campagnes d'évaluation réalisées sur S3C, des observations spécifiques sur la conduite incidentelle et accidentelle ont été réalisées sur le simulateur N4 de 2000 à 2002 lors des essais de mise en situation recrée et des stages de recyclage APE.
  - Deux revues techniques, qui ont été organisées en mai 1999 et juin 2001.

Le point majeur qui ressort de ces observations et analyses, qui couvrent la totalité du domaine d'exploitation des tranches, est que le concept et les fonctionnalités et apports de la salle de commande N4 sont très appréciés des opérateurs. Les objectifs et principes retenus à la conception sont validés par le REX :

- la conduite assise, permettant un accès simultané aux informations et aux commandes, est appréciée de tous ainsi que l'homogénéité de l'interface opérateur et de la présentation des informations (cf. §1.4).
- le synoptique remplit parfaitement le rôle défini à la conception (cf. §2 - vue globale et rapide, support commun). C'est un des outils des plus plébiscités tant en situation normale qu'en situation perturbée. La vision synthétique immédiate d'informations géographiquement stables et pertinentes facilite la relève, la surveillance de la tranche, la préparation et le suivi des interventions, guide l'élaboration d'un pré-diagnostic en situation perturbée. Il permet à toute personne ne pouvant accéder aux postes opérateurs d'obtenir des informations sur l'état de l'installation sans perturber le travail des opérateurs.
- la présentation simultanée des informations et des commandes sur les fiches d'alarme et sur les consignes informatisées (cf. §2) apporte un vrai gain de temps (par exemple, réalisation plus rapide du diagnostic et des actions correctrices suite à l'apparition d'une alarme) et permet d'éviter des erreurs (par exemple, manœuvre d'un mauvais matériel). Les fiches d'alarmes, intégrant informations, conduite à tenir et commandes sur la même image, sont particulièrement appréciées.

- comme pour le point précédent, l'accès rapide et direct à l'information (cf. §2 – appel direct de la fiche d'alarme sur apparition de l'alarme, appel direct de la fiche technique à partir du matériel, renvois fléchés pour passer d'une image à une autre, d'une consigne à une autre, possibilité de mémoriser des images) est une source de gain de temps et permet d'éviter les erreurs (par exemple, application d'une fiche d'alarme qui ne correspondrait pas à l'alarme apparue).
- les fiches techniques (cf. §2) sont très utilisées (gestion des alarmes, suivi d'intervention, réalisation des essais périodiques). Les informations qu'elles fournissent permettent d'augmenter la rapidité de diagnostic et donc de dépannage.
- le guidage et le contrôle des actions dans les consignes informatisées (cf. §2) est une sécurité appréciée vis-à-vis des erreurs d'interprétation de libellés de pas, voire même des erreurs de touche.

L'exploitation de ce REX a également permis d'identifier et spécifier quelques points nécessitant un solde d'amélioration (ou mise au point) à savoir :

- le nombre d'alarmes trop important en arrêt de tranche dû aux alarmes défaut matériel,
- le manque de souplesse de certains dialogues opérateur et de certaines fonctionnalités (par exemple : enregistrements analogiques, consignes de conduite normale)
- la construction par l'opérateur d'une vision globale de l'installation et de son positionnement dans les consignes de conduite vis-à-vis des objectifs de conduite,
- la manipulation d'un nombre important d'images pour certaines opérations spécifiques (par exemple : relève de quart, essais périodiques).

Ces difficultés ont été analysées dans différents groupes de travail dédiés. Ces analyses ont débouché sur la définition d'évolutions systèmes ou données qui seront mises en œuvre lors de la finalisation du palier qui est prévue à partir de 2005 (augmentation des possibilités d'inhibition d'alarme, améliorations de certains dialogues et fonctionnalités (enregistrements analogiques, journaux de bord)).

Au même horizon (2005/2007), l'informatisation des consignes APE sera étendue aux états ouverts, seule partie non encore informatisée. Les fiches d'actions incendie opérateur seront également informatisées.

En ce qui concerne la vision globale, des évolutions ont déjà été réalisées, notamment la création d'images d'aide à la conduite (images de synthèse) introduites en 2001 sur les tranches.

A noter enfin que pour la définition et la mise en œuvre de ces évolutions, EDF a mis en œuvre une démarche formalisée de prise en compte des facteurs humains s'appuyant sur des standards et normes internationales reconnues, et insistant sur la participation systématique des utilisateurs à toutes les étapes du processus de conception et de mise en œuvre.

#### **4- Conclusion**

Du REX d'exploitation des salles de commande N4, qui représente à ce jour plus de 20 années réacteur, il ressort que la salle de commande N4 constitue pour les opérateurs un outil performant et apprécié qui permet de répondre aux exigences de sûreté et de conduite des installations.

Pour l'essentiel, ce REX significatif a permis de valider ce concept ambitieux qui présente des innovations à fort potentiel dans l'interface homme-machine (conduite assise, accès rapide à l'information, intégration d'informations, de commandes et de contrôles dans les documents de conduite, vision synthétique et globale accessible depuis le synoptique,...).

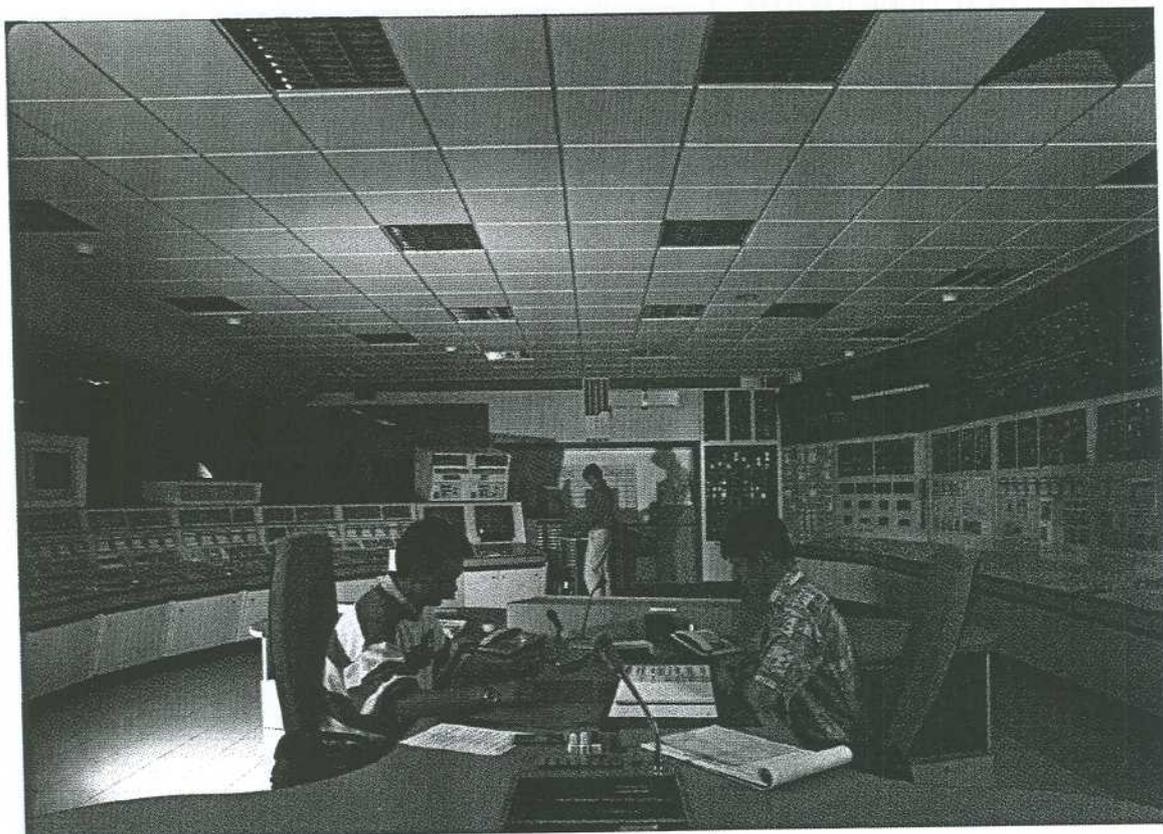
Ce résultat positif résulte d'une démarche de conception et de mise en œuvre :

- intégrant dans la structure même de la salle de commande et de l'imagerie de conduite le REX d'exploitation EDF sur un parc de 54 réacteurs (soit aujourd'hui plus de 1000 années réacteurs),
- et associant l'exploitant très tôt dans le projet notamment au travers la démarche de validation sur simulateur.

## **Bibliographie**

- Document SEPTEN : La démarche de conception des salles de commande des centrales REP françaises
- RGN 1987 : La structure de contrôle-commande des tranches du palier N4
- ENSIFC/9901687 A - Evolution du cahier des charges des moyens de conduite informatisés
- Rapports des campagnes d'essais S3C
- Rapports des évaluations ergonomiques de l'utilisation de la salle de commande N4
- ENSCC/97080 A - Retour d'expérience de la salle de commande N4 - Premier rapport - Centrale de Chooz B
- ENSCC/98 074 A - Retour d'expérience de la salle de commande N4 - Second rapport - Centrale de Civaux
- D4008.27.10.PLE/VHD-02/00240 - Bilan des campagnes d'observations sur simulateur N4 2000/2001/2002
- Dossiers techniques des revues salle de commande de mai 1999 et juin 2001
- D4008.27.08.TCT/GDN.02/00216 - Présentation de la démarche pour la prise en compte des facteurs humains dans les évolutions de l'IHM N4 pour l'EFP et le PTD 2006

**ANNEXE : ILLUSTRATIONS**



**Photo n° 1 : Salle de commande 900**

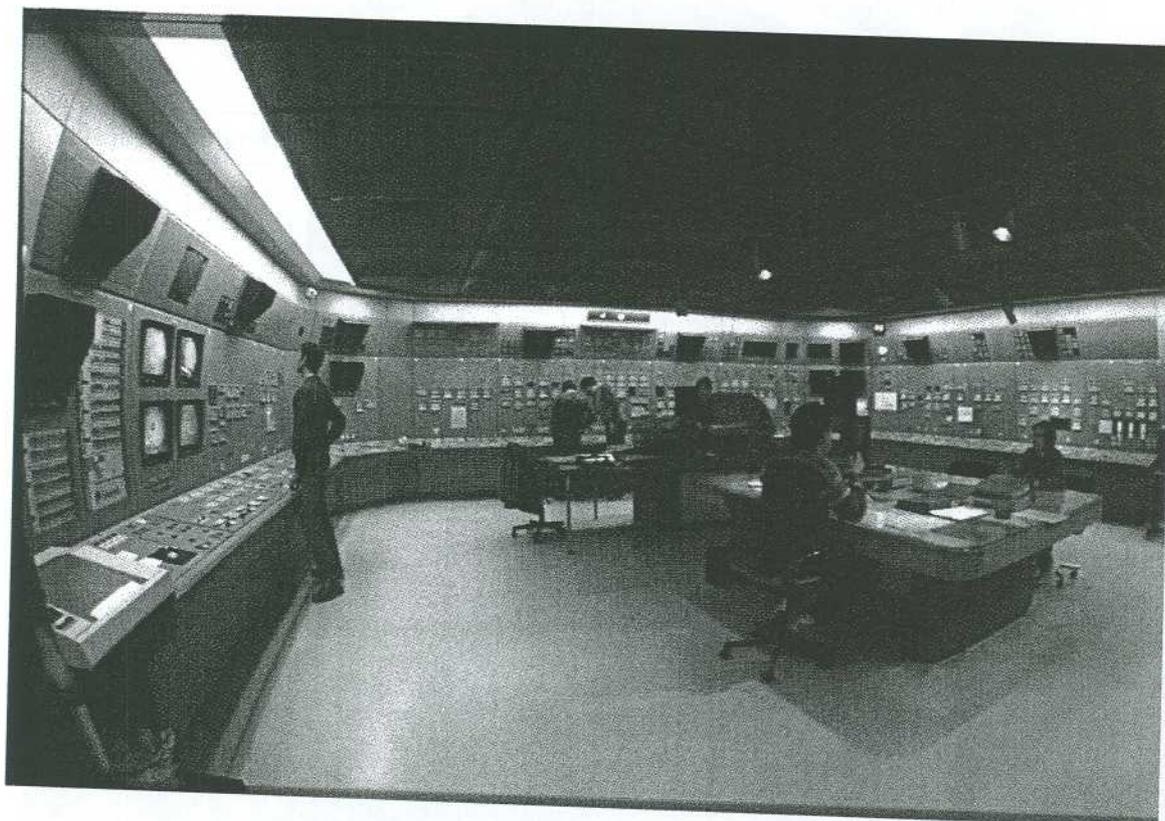
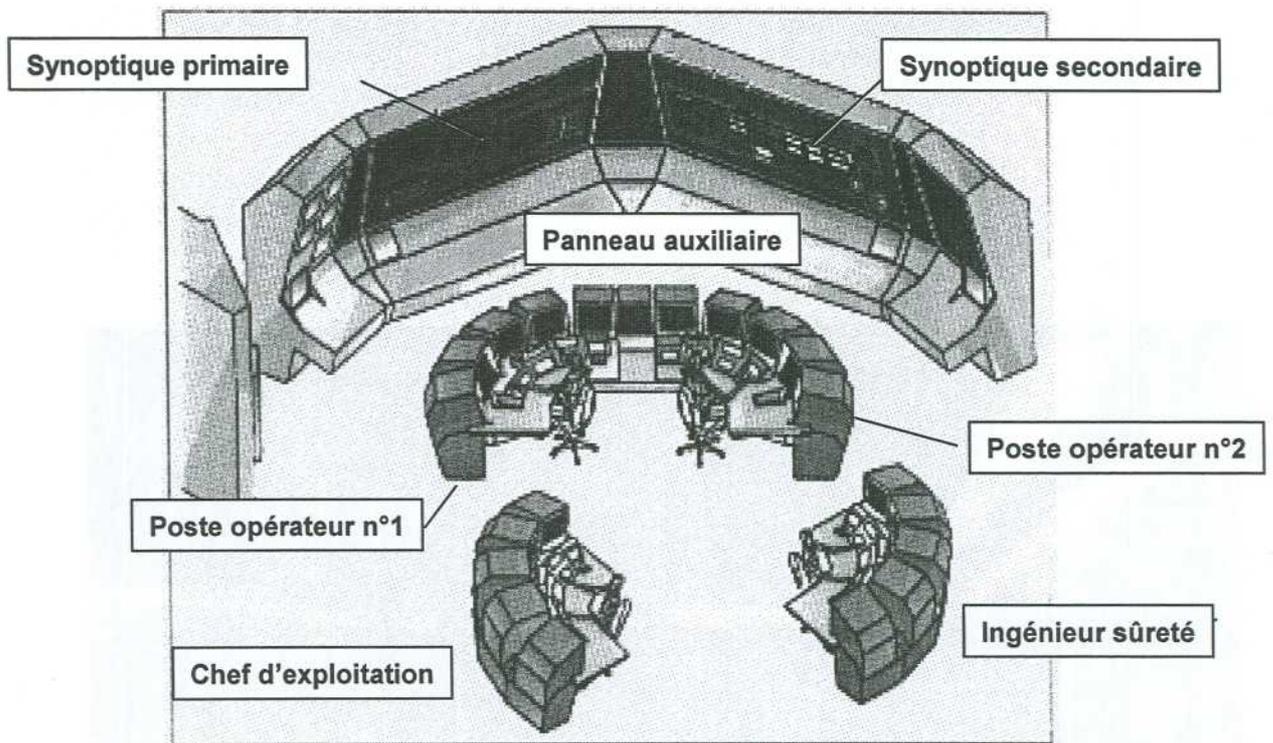


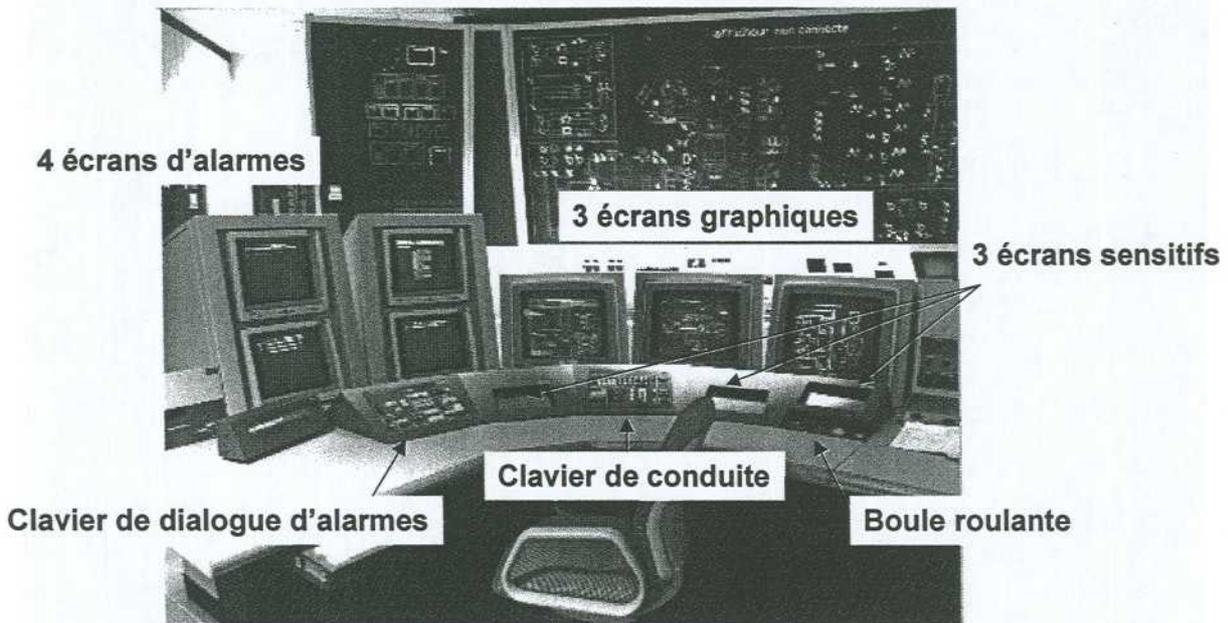
Photo n°2 : Salle de commande 1300



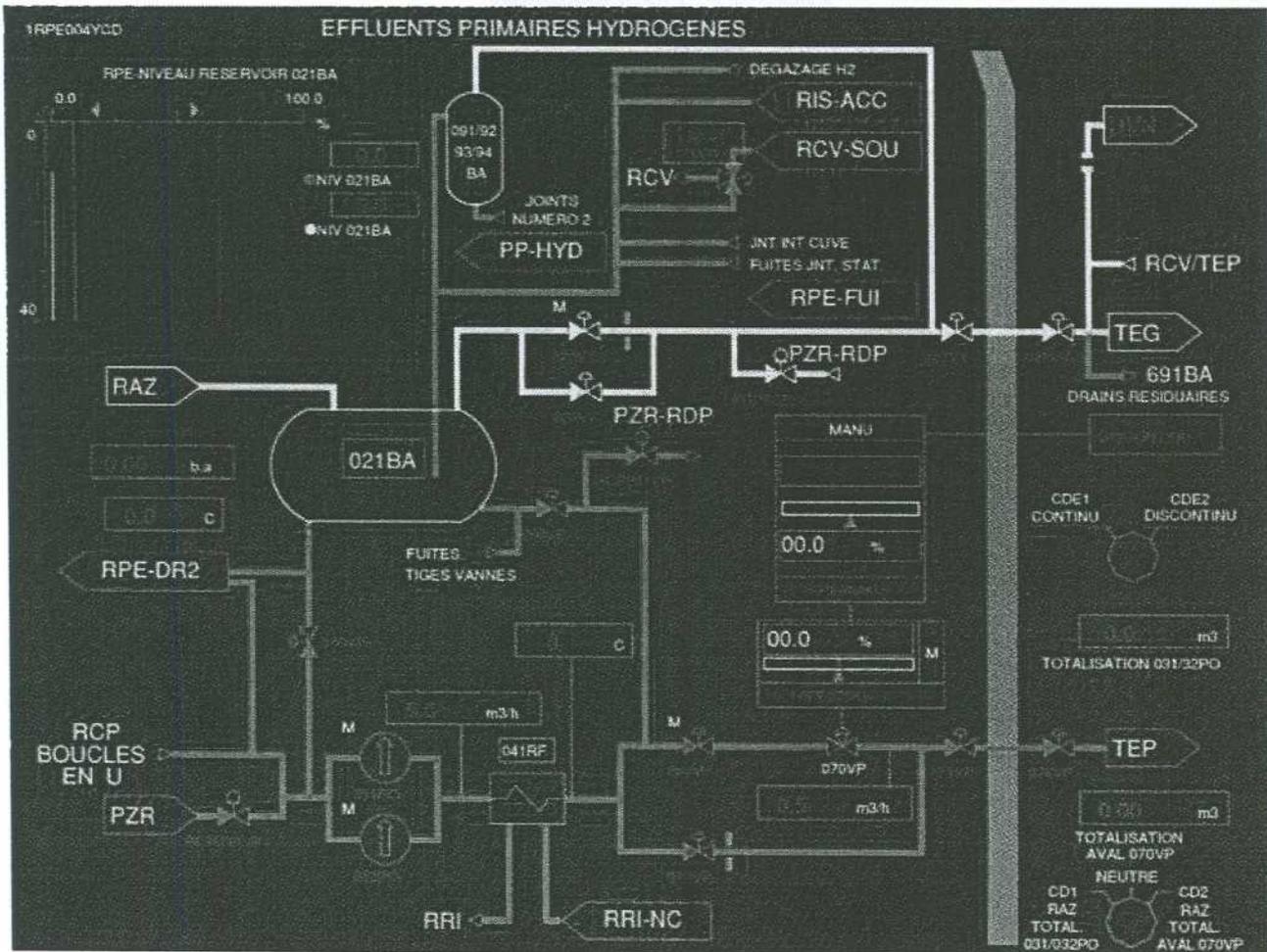
**Photo n°3 : Aménagement de la salle de commande N4**



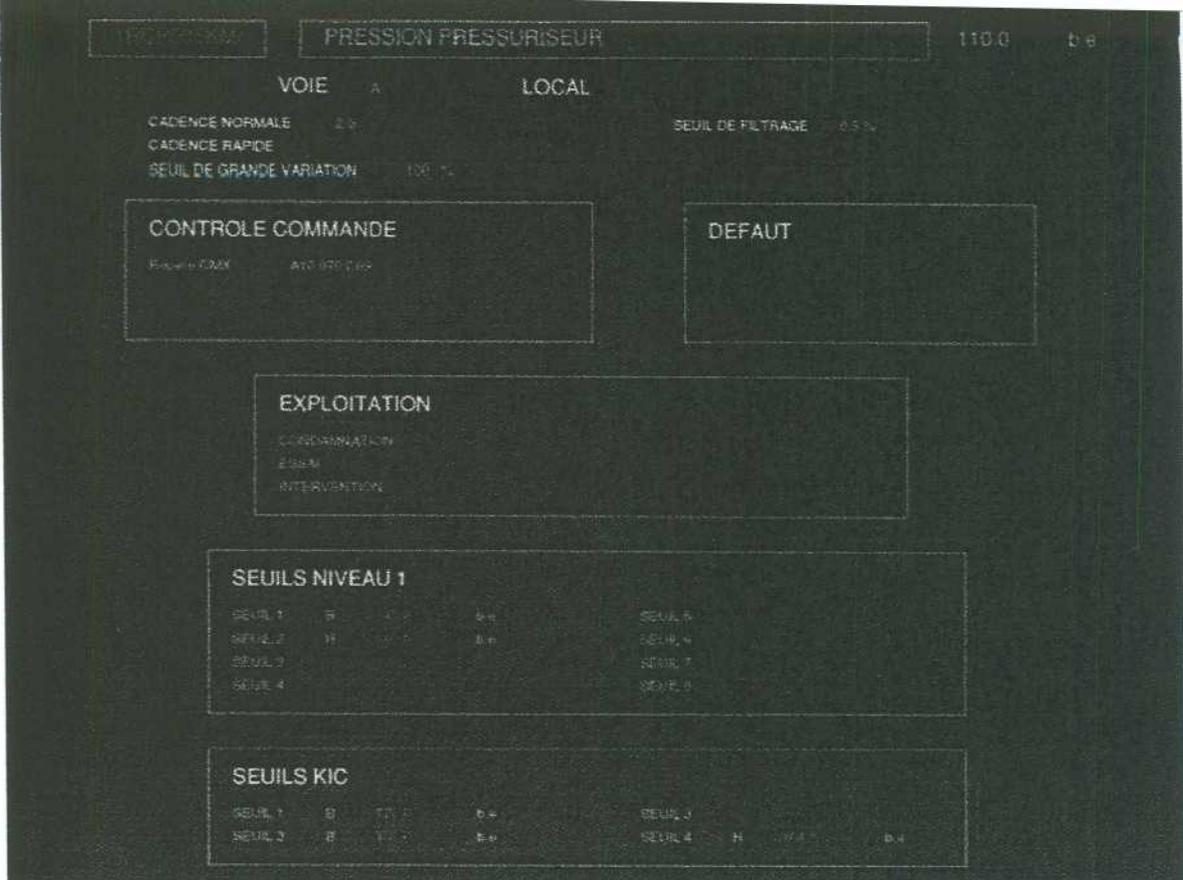
**Photo n°4 : Salle de commande N4**



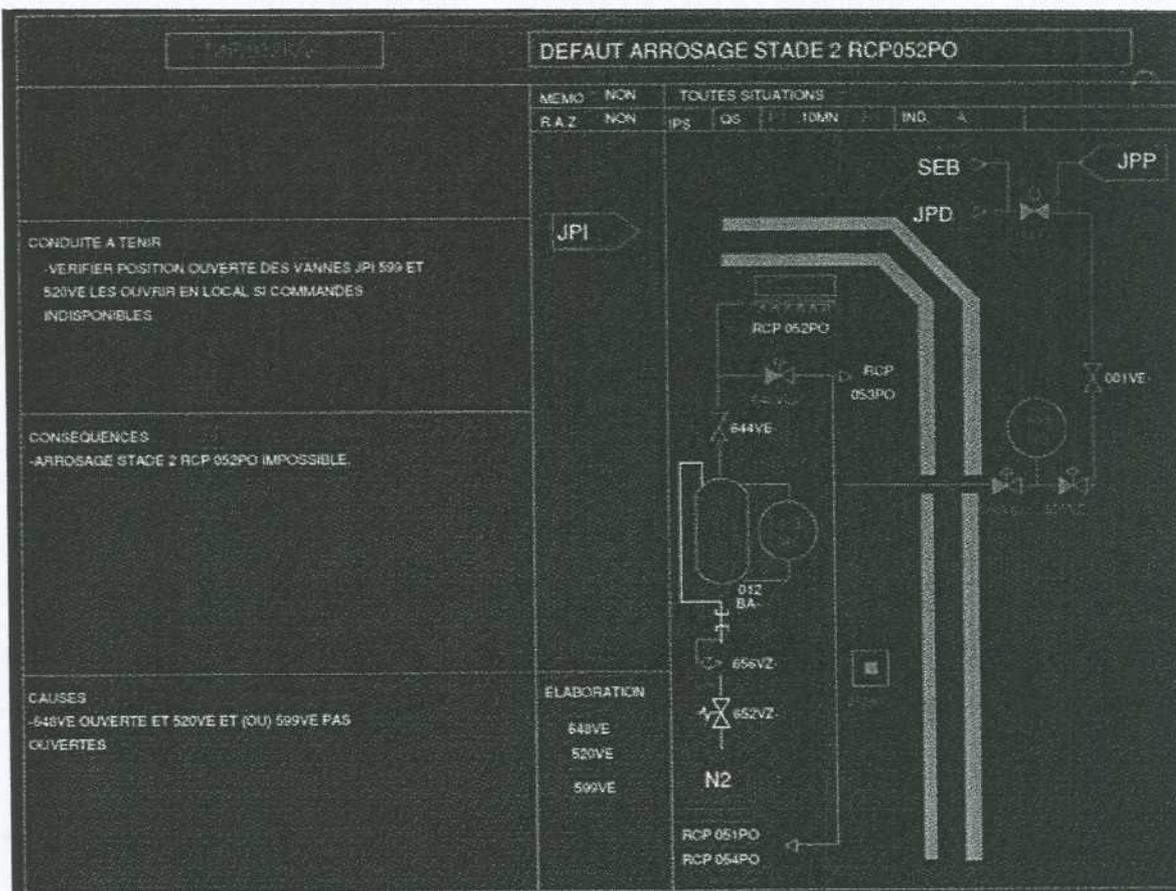
**Photo n°5 : Poste opérateur**



**Photo n°6 : Image de commande**



**Photo n°7 : Fiche technique**



**Photo n°8 : Fiche d'alarme**

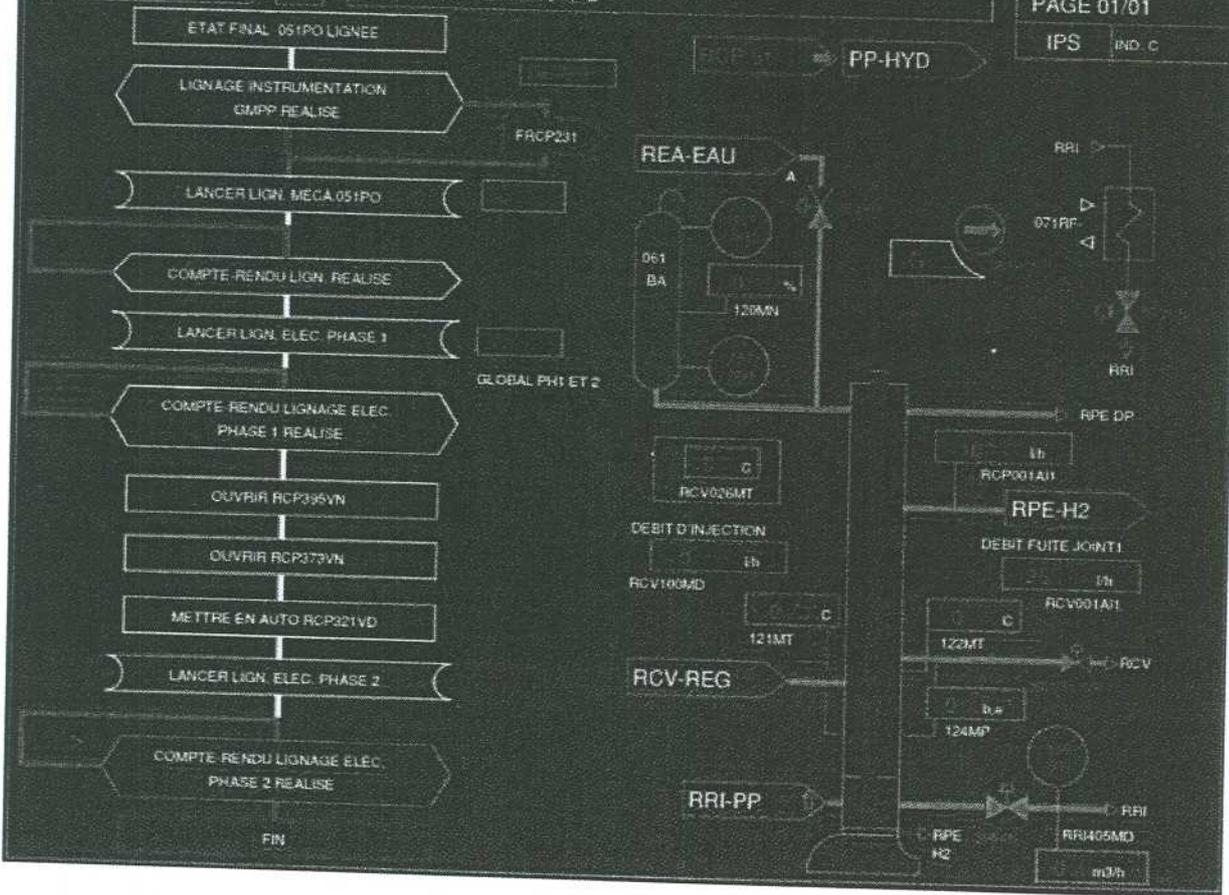


Photo n°9 : Consigne de conduite

