

## **CHAPITRE 8**

### **ALIMENTATION ÉLECTRIQUE**

#### **8.1 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE EXTERNE**

#### **8.2 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL ET DES OUVRAGES DE SITE (BOP)**

#### **8.3 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE**

#### **8.4 PRINCIPES SPÉCIFIQUES**

#### **8.5 INSTALLATION**

## SOMMAIRE

<b>.8.1 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE EXTERNE . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1. RÔLE DES SOURCES EXTERNES . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>2. SCHÉMA GÉNÉRAL . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>3. LIAISON PRINCIPALE . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>3.1. MISSIONS D'EXPLOITATION . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>3.2. BASES DE CONCEPTION . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>3.3. DESCRIPTION DU SYSTÈME . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>3.4. PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DÉTERMINANT LE             FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>3.5. ESSAIS, INSPECTIONS ET MAINTENANCE . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>4. LIAISON AUXILIAIRE . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>4.1. MISSIONS D'EXPLOITATION . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>4.2. BASES DE CONCEPTION . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>4.3. DESCRIPTION DU SYSTÈME . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>4.4. SPÉCIFICITÉS DU SITE DE FLAMANVILLE . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>4.5. PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DÉTERMINANT LE             FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>4.6. ESSAIS, INSPECTIONS ET MAINTENANCE . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>5. BASCULEMENT TS/TA . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>5.1. MISSIONS D'EXPLOITATION . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>5.2. PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DÉTERMINANT LE             FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>7</b>

## .8.1 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE EXTERNE

### 1. RÔLE DES SOURCES EXTERNES

La tranche est reliée au réseau extérieur par l'intermédiaire d'une liaison principale et d'une liaison auxiliaire. Ces deux liaisons externes doivent être aussi indépendantes que possible.

La liaison principale est conçue pour permettre d'évacuer l'énergie produite par le groupe turbo-alternateur vers le réseau général et d'alimenter l'ensemble des auxiliaires de la tranche dans toutes les situations normales de fonctionnement comme dans les situations accidentelles.

La liaison auxiliaire est conçue pour alimenter à partir du réseau général les auxiliaires de la tranche nécessaires à l'arrêt de la tranche dans les situations normales de fonctionnement comme dans les situations accidentelles. Cette liaison vient en secours de la liaison principale lors de sa perte. Dans ce cas, la permutation de source s'effectue au moyen d'un dispositif de basculement de source afin d'assurer une continuité de service pour la fourniture d'énergie électrique au réseau interne de la tranche.

### 2. SCHÉMA GÉNÉRAL

Le schéma général est présenté au sous-chapitre 8.3 figure 8.3 FIG 1. Les éléments fondamentaux côté liaisons externes sont :

- 1) Une liaison principale reliant l'alternateur au réseau général par l'intermédiaire d'un transformateur principal (3 pôles séparés).
- 2) Une connexion à la liaison principale, en aval du transformateur principal qui permet de soutirer l'énergie électrique, soit de l'alternateur si la tranche est couplée soit au réseau général si la tranche est découplée, et d'alimenter l'ensemble des auxiliaires de tranche par l'intermédiaire des transformateurs de soutirage.
- 3) Deux transformateurs de soutirage, abaisseurs de tension, connectés sur la liaison principale. Ils ont chacun deux enroulements secondaires.
- 4) Une distribution électrique dont la répartition vers l'Ilot Nucléaire est effectuée sur quatre trains (un train par enroulement du transformateur de soutirage).
- 5) Une liaison auxiliaire connectée à un réseau général qui permet d'alimenter certains auxiliaires (voir paragraphe 5.2) pendant les phases d'arrêt en conditions normales ou accidentelles.
- 6) Un transformateur auxiliaire, abaisseur de tension à deux enroulements, qui est monté sur la liaison auxiliaire. Chaque enroulement est relié à deux trains permettant ainsi de connecter les quatre trains au TA.
- 7) L'implantation des plates-formes TP – TS et TA est réalisée en périphérie du bâtiment électrique non classé de l'Ilot conventionnel appelé BLNC et de la salle des machines.

### 3. LIAISON PRINCIPALE

#### 3.1. MISSIONS D'EXPLOITATION

La liaison principale est utilisée en priorité sur les autres liaisons et couvre donc tous les états de tranche :

- Tranche en puissance, elle permet d'évacuer l'énergie produite par l'alternateur vers le réseau général et d'alimenter l'ensemble des auxiliaires de la tranche par soutirage d'une fraction de l'énergie produite par l'alternateur.
- Tranche en phase de démarrage ou d'arrêt normal, elle permet d'alimenter l'ensemble des auxiliaires de la tranche à partir du réseau général.

- Tranche en phase d'arrêt en conditions accidentelles et de maintien en état stable de la tranche, elle permet d'alimenter l'ensemble des auxiliaires de la tranche à partir du réseau général.

La liaison principale assure d'autres missions concernant :

- La transition entre les phases tranche en puissance et tranche en démarrage/arrêt, et les phases de couplage/découplage de la tranche au réseau.
- L'intégrité de la tranche vis à vis d'une perturbation du réseau général : îlotage de la tranche.

### **3.2. BASES DE CONCEPTION**

L'incidence des études électriques de l'Ilot Nucléaire amène à prendre en compte les hypothèses suivantes pour l'étude générale de la liaison principale :

- Choix d'un schéma à quatre trains correspondant aux quatre divisions de l'Ilot Nucléaire.
- Alimentation préférentielle des auxiliaires de tranche par la liaison principale connectée au réseau général.
- Adoption de deux transformateurs de soutirage à deux enroulements secondaires afin de conserver une structure à quatre trains sur le plan de l'indépendance électrique.
- Installation des transformateurs de soutirage sur une plate-forme commune TP/TS et séparation des cheminements de chaque TS vers le BLNC. Cette conception permet de minimiser le risque de perte de source externe dans les BL en cas d'incendie.

De plus, le schéma de soutirage HTB contient la liaison d'évacuation d'énergie de l'alternateur pour les besoins d'exploitation normale de tranche. Les hypothèses d'études de cette liaison amènent à définir les exigences suivantes :

- Possibilité de connecter l'alternateur au réseau général pour la phase de production.
- Possibilité de séparer l'alternateur du réseau général en cas d'incident de tranche mais en maintenant alimentés les auxiliaires de tranche par le réseau.
- Possibilité de séparer la tranche du réseau général en cas d'incident réseau ; les auxiliaires sont alimentés par l'alternateur.

Enfin, les dimensionnements des appareils de coupure et des transformateurs du poste de soutirage HTB sont calculés en tenant compte des performances du réseau (Puissances de court circuit minimale et maximale).

Les principaux critères de dimensionnement sont les pouvoirs de coupure et de fermeture des disjoncteurs, ainsi que les réactances et puissance assignées de chaque transformateur.

### **3.3. DESCRIPTION DU SYSTÈME**

Le schéma de soutirage HTB regroupe la liaison d'évacuation d'énergie et la liaison de soutirage. Ces deux liaisons forment la liaison principale.

La liaison d'évacuation d'énergie débute en sortie d'alternateur. Elle est constituée d'un transformateur principal, d'un disjoncteur de couplage et d'un disjoncteur de ligne. Ensuite, elle est connectée au réseau général. Les rôles de chaque élément de la liaison sont respectivement :

Les rôles de chaque élément de la liaison sont respectivement :

- pour le transformateur principal d'adapter la tension alternateur au réseau 400 kV pour évacuer l'énergie électrique,
- pour le disjoncteur de couplage de participer au couplage et découplage de la tranche, d'éliminer des défauts de l'alternateur, d'éliminer des défauts du poste HTB avec le disjoncteur de ligne et d'alimenter les auxiliaires de la tranche en cas d'îlotage,

- pour le disjoncteur de ligne :
  - de participer à l'élimination des défauts du poste HTA avec le disjoncteur de couplage,
  - de participer à l'élimination des défauts de la ligne d'évacuation avec le disjoncteur du poste d'interconnexion du réseau,
  - d'assurer l'îlotage de la tranche et son re-couplage après îlotage,
  - d'alimenter les auxiliaires de la tranche à l'arrêt.

La liaison de soutirage d'énergie est connectée à la liaison principale entre le disjoncteur de couplage et le disjoncteur de ligne.

### **3.4. PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DÉTERMINANT LE FONCTIONNEMENT**

L'alimentation principale sert de source électrique préférentielle pour alimenter la tranche à partir du réseau général. C'est donc une source permanente qui contribue au fonctionnement de la tranche dans la plupart des régimes de fonctionnement de la tranche.

Les phénomènes physiques déterminant les régimes sont décrits ci-dessous :

- Mise en service de la liaison principale : la mise sous tension de la ligne principale s'effectue en fermant le disjoncteur de ligne. Ceci permet d'alimenter les auxiliaires de tranche par l'intermédiaire des transformateurs de soutirage. Le transfert d'énergie est réalisé dans le sens réseau vers centrale.
- Mise hors service : la mise hors tension de la ligne principale s'effectue en ouvrant le disjoncteur de ligne.
- Couplage / découplage de l'alternateur au réseau par la liaison principale : cette opération est réalisée par le disjoncteur de couplage. Quand la tranche est couplée et débite sur le réseau, l'alimentation des auxiliaires est réalisée par l'alternateur.
- Îlotage : en cas de perturbation sur le réseau principal, la tranche doit se séparer du réseau pour éviter un trouble grave de fonctionnement au moyen du disjoncteur de ligne. La tranche réalimente les auxiliaires par l'alternateur. Les critères d'îlotage ont surtout pour origine un défaut électrique sur le réseau qui se manifeste par un minimum de tension ou de fréquence. Le re-couplage au réseau principal de la tranche après îlotage est réalisé par le disjoncteur de ligne dès que le réseau a retrouvé ses paramètres normaux d'exploitation.

### **3.5. ESSAIS, INSPECTIONS ET MAINTENANCE**

Les matériels de la plate-forme d'évacuation d'énergie font l'objet d'un suivi en exploitation consistant en des actions programmées de surveillance (telles que : contrôle visuel externe journalier, analyse périodique de l'huile des transformateurs, suivi de la pression en gaz SF<sub>6</sub> du PSEM...) et des opérations de maintenance préventive ou corrective, généralement programmées lors des arrêts de la tranche pour maintenance et renouvellement du combustible nucléaire.

La consistance et la fréquence de ces activités de surveillance et de maintenance sont déterminées par EDF sur la base des spécifications des constructeurs et de son retour d'expérience (REX Parc).

## **4. LIAISON AUXILIAIRE**

### **4.1. MISSIONS D'EXPLOITATION**

La liaison auxiliaire est utilisée en secours de la liaison principale et doit couvrir les états de tranche suivants :

- tranche initialement en puissance en phase d'arrêt,

- tranche en phase d'arrêt normal, elle permet d'alimenter les auxiliaires de tranche, nécessaires à cet état, à partir du réseau général.

#### **4.2. BASES DE CONCEPTION**

La liaison principale est complétée par une liaison auxiliaire dont les caractéristiques sont les suivantes :

- une identité du transformateur auxiliaire et des transformateurs de soutirage,
- une alimentation du transformateur auxiliaire EPR par une source 400 kV séparée physiquement de la ligne d'alimentation du transformateur de soutirage depuis le poste d'interconnexion au réseau,
- une installation du transformateur auxiliaire sur une plate-forme distante de celle des TS,
- une séparation des cheminements de chaque enroulement TA vers le BLNC.

Des casemates encadrant les différents transformateurs veillent à éviter qu'un incendie sur un transformateur ne vienne détériorer ses voisins.

Cette conception permet de minimiser le risque de perte de source externe dans l'Îlot Nucléaire en cas d'incendie.

Le dimensionnement des appareils de coupure et des transformateurs de la liaison auxiliaire est identique à celui du poste de soutirage HTB.

Les caractéristiques du transformateur auxiliaire sont identiques à celles du transformateur de soutirage, permettant ainsi leur remplacement par un même transformateur de rechange. Le dimensionnement du TA permet la reprise des auxiliaires de tranche nécessaires après un basculement de sources.

#### **4.3. DESCRIPTION DU SYSTÈME**

La liaison auxiliaire est constituée d'un transformateur et d'un disjoncteur. Elle est connectée au réseau 400 kV via un réseau auxiliaire distinct de celui alimentant les transformateurs de soutirage.

#### **4.4. SPÉCIFICITÉS DU SITE DE FLAMANVILLE**

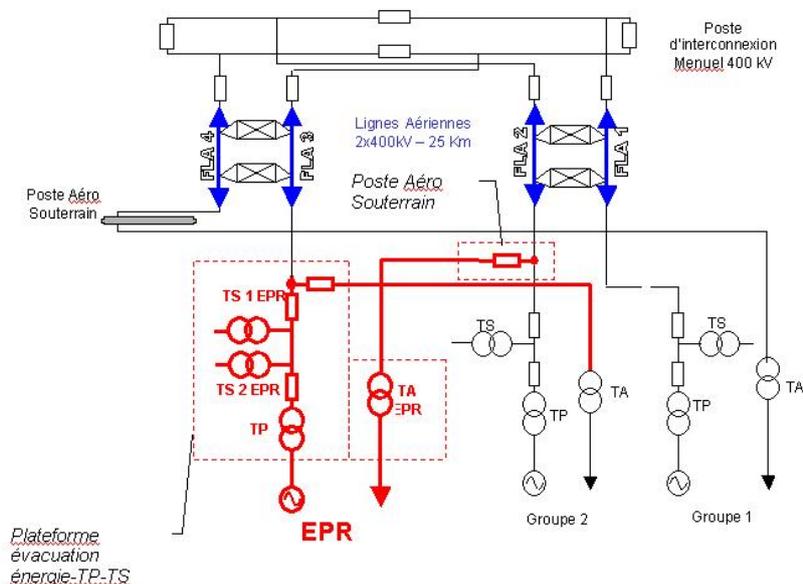
Outre un schéma de raccordement de type ligne longue (liaison à 2 disjoncteurs) au poste d'interconnexion de Manuel, l'implantation de l'EPR sur le site de Flamanville génère un appairage entre la tranche 2 et la tranche EPR au niveau de l'alimentation des transformateurs auxiliaires.

Cet appairage est justifié par les points suivants :

- Séparation physique des lignes d'alimentation 400 kV entre le transformateur de soutirage d'une tranche et le transformateur auxiliaire,
- Nécessité d'avoir 2 disjoncteurs au niveau du poste d'interconnexion au réseau entre le départ alimentant le transformateur de soutirage et celui alimentant le transformateur auxiliaire de cette même tranche.

Du fait du raccordement existant des tranches 1 et 2 au poste de Manuel, le mode d'alimentation du TA EPR ne peut être fait que depuis la ligne 400 kV FLA2. Le raccordement à cette source 400 kV est réalisé au travers d'un Poste Aéro Souterrain distinct physiquement de la plate-forme d'évacuation d'énergie de la tranche 2.

Schéma de principe du raccordement de l'EPR sur le site de Flamanville :



#### **4.5. PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DÉTERMINANT LE FONCTIONNEMENT**

La mise sous tension ou hors tension du transformateur auxiliaire se fait par l'intermédiaire du disjoncteur d'alimentation du transformateur.

La liaison reste toujours sous tension, prête à reprendre en secours l'alimentation des auxiliaires de la tranche sur perte de la liaison principale.

#### **4.6. ESSAIS, INSPECTIONS ET MAINTENANCE**

Les matériels de la plate-forme d'évacuation d'énergie (TA) et du poste aéro-souterrain font l'objet d'un suivi en exploitation consistant en des actions programmées de surveillance (telles que : contrôle visuel externe journalier, analyse périodique de l'huile du transformateur...) et des opérations de maintenance préventive ou corrective, généralement programmées lors des arrêts de la tranche pour maintenance et renouvellement du combustible nucléaire.

La consistance et la fréquence de ces activités de surveillance et de maintenance sont déterminées par EDF sur la base des spécifications des constructeurs et de son retour d'expérience (REX Parc).

### **5. BASCULEMENT TS/TA**

#### **5.1. MISSIONS D'EXPLOITATION**

Comme présenté au paragraphe 1, le basculement automatique TS vers TA a pour but d'assurer une continuité de service de la fourniture d'énergie électrique par le réseau général aux auxiliaires de la tranche. Cette permutation de source est de type lent. Elle entraîne une modification de l'état de tranche dans la mesure où les deux sources TS et TA ne sont pas dimensionnées de la même manière. En effet, il est nécessaire de délester certains auxiliaires pour rester dans le dimensionnement du TA. Ceci conduit donc à un arrêt automatique du réacteur.

Il existe aussi un basculement manuel TS vers TA pour permettre lors d'un arrêt de tranche de mettre hors tension la liaison principale. Les auxiliaires de tranche sont basculés sur le TA avant la mise hors tension de la liaison principale. Dans la mesure où le basculement manuel est volontaire et que la tranche est déjà à l'arrêt, les auxiliaires alimentés restent en service.

**5.2. PHÉNOMÈNES PHYSIQUES DÉTERMINANT LE FONCTIONNEMENT**

Le basculement de source est généralement la conséquence directe d'un échec d'îlotage. La tranche tente sur perturbation réseau de se protéger en se séparant du réseau général. L'îlotage est raté si la turbine ne passe pas le transitoire. L'ouverture du disjoncteur de ligne suivie du déclenchement turbine entraîne le basculement de source et le démarrage préventif des diesels principaux.

L'autre type de transitoire qui amène au basculement automatique TS vers TA est un défaut sur le poste HTB. Ce défaut entraîne l'ouverture simultanée du disjoncteur de ligne et du disjoncteur de couplage qui nécessite le passage sur TA.

A l'issue d'un basculement de source la tranche passe d'un état de production vers un état d'arrêt. Ce transitoire est étudié en prenant en compte les hypothèses d'études suivantes qui déterminent les actionneurs de forte puissance à conserver ou à délester pendant le transitoire :

- maintien de la disponibilité du secondaire pour faire l'appoint aux générateurs de vapeur et permettre de dissiper la puissance résiduelle du cœur. L'exigence fonctionnelle spécifie qu'il faut conserver une pompe d'extraction, une pompe de circulation, et la pompe de démarrage,
- stabilisation du circuit primaire par l'aspersion au pressuriseur, qui nécessite le redémarrage  de la pompe primaire de la boucle N°3.

## SOMMAIRE

<b>.8.2 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL ET DES OUVRAGES DE SITE (BOP) . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0. EXIGENCES DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.1.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.1.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.1.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.1.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ .</b>	<b>4</b>
<b>0.1.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.1.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>0.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ .</b>	<b>5</b>
<b>0.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>0.2.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE .</b>	<b>5</b>
<b>0.5. ESSAIS DE DÉMARRAGE . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>0.6. MAINTENANCE ET SURVEILLANCE EN EXPLOITATION . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>0.7. ESSAIS PÉRIODIQUES . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>1. RÔLE DU SYSTÈME . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>1.1. RÔLE DU SYSTÈME EN FONCTIONNEMENT NORMAL . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>1.1.1. RÔLE DU SYSTÈME DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>1.1.2. RÔLE DU SYSTÈME DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DU BOP . . . . .</b>	<b>6</b>

<b>1.2. RÔLE DU SYSTÈME EN FONCTIONNEMENT PCC2 À PCC4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET AGRESSIONS . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>1.2.1. RÔLE DU SYSTÈME DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2. RÔLE DU SYSTÈME DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DU BOP . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>2. BASES DE CONCEPTION . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>3.1. DESCRIPTION . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME . . . . .</b>	<b>7</b>
<b>3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX . . . . .</b>	<b>8</b>
<b>3.2. FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>4. ANALYSE DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>4.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.2.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.3.3. AGRESSIONS . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.3.4. DIVERSIFICATION . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.3.5. RADIOPROTECTION . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>4.3.6. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>4.3.7. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ . . . . .</b>	<b>11</b>



**RAPPORT DE SURETE**

**— DE FLAMANVILLE 3 —**

**Version Publique**

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 8

SECTION 2

PAGE 3/12

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

**4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE 12**  
**5. SCHÉMA DE PRINCIPE . . . . . 12**

## .8.2 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL ET DES OUVRAGES DE SITE (BOP)

### 0. EXIGENCES DE SÛRETÉ

#### 0.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

L'alimentation en énergie électrique de l'îlot conventionnel ne contribue pas directement à la réalisation des trois fonctions fondamentales de sûreté (contrôle de la réactivité, évacuation de la puissance résiduelle, confinement des substances radioactives).

##### 0.1.1. Contrôle de la réactivité

L'alimentation électrique ne contribue pas à l'accomplissement de la fonction de sûreté de contrôle de la réactivité.

##### 0.1.2. Évacuation de la puissance résiduelle

L'alimentation électrique ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté d'évacuation de la puissance résiduelle. Cependant la distribution électrique de l'îlot conventionnel contient un dispositif de protection contre les agressions internes relatif au risque explosion , afin d'éviter toute agression sur les tuyauteries SEC classées situées dans la galerie à proximité.

##### 0.1.3. Confinement des substances radioactives

La distribution électrique de l'îlot conventionnel et du BOP ne contribuent pas aux confinements des substances radioactives.

##### 0.1.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté

Sans objet.

##### 0.1.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions

La distribution électrique de l'îlot conventionnel contient un dispositif de protection contre les agressions internes relatif au risque explosion .

##### 0.1.6. Contributions à l'élimination pratique

Le système ne contribue pas directement à l'élimination pratique.

#### 0.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

##### 0.2.1. Contrôle de la réactivité

Sans objet.

##### 0.2.2. Évacuation de la puissance résiduelle

Sans objet.

##### 0.2.3. Confinement des substances radioactives

Sans objet.

#### **0.2.4. Contributions indirectes aux fonctions de sûreté**

Sans objet.

#### **0.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions**

Au titre de sa contribution spécifique à la protection contre le risque explosion, les systèmes LAV et LAW doivent satisfaire les critères fonctionnels suivants :

- stopper toute charge des batteries sur atteinte de la Limite Inférieure d'Inflammabilité (LII air/H<sub>2</sub> = 4%).
- stopper toute charge des batteries sur détection d'un séisme.
- stopper toute charge des batteries sur détection d'un incendie □.

#### **0.2.6. Contributions à l'élimination pratique**

- Sans objet.

### **0.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION**

Les parties des systèmes LAV et LAW jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté dans le cadre de la protection contre les agressions internes doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

Les fonctions des systèmes LAV et LAW classées F2 au titre de la protection de l'installation contre les agressions internes doivent être robustes à l'application de la défaillance aléatoire conformément aux règles du paragraphe 3.3 de la section 3.4.0.

### **0.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE**

La distribution électrique doit faire l'objet de programmes d'essais et d'inspections, prévus à la conception, afin de s'assurer du bon fonctionnement du système.

### **0.5. ESSAIS DE DÉMARRAGE**

Les essais pré-opérationnels de la distribution électrique permettent de confirmer que les performances fonctionnelles et matérielles sont conformes à l'attendu. De plus, les systèmes LAV et LAW sont conçus pour permettre la réalisation d'essais de démarrage afin de s'assurer que les différentes configurations de fonctionnement répondent aux critères du [§ 0.2.](#)

### **0.6. MAINTENANCE ET SURVEILLANCE EN EXPLOITATION**

Associés à la maintenance de la distribution électrique de l'îlot conventionnel, les systèmes LAV et LAW sont conçus pour permettre une surveillance en exploitation normale des parties de ces systèmes permettant l'accomplissement de leurs missions de sûreté.

### **0.7. ESSAIS PÉRIODIQUES**

Les parties classées des systèmes LAV et LAW sont conçus pour permettre des essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des règles générales d'exploitation.

## **1. RÔLE DU SYSTÈME**

Le réseau de l'îlot conventionnel et celui du BOP ont pour but d'alimenter l'ensemble des auxiliaires non classés qui participent à la production. Le réseau de l'îlot conventionnel est constitué de 3 niveaux de tension pour les sections 1 et 4 et de 4 niveaux de tension pour les sections 2 et 3, celui du BOP, est constitué de deux niveaux de tension.

## **1.1. RÔLE DU SYSTÈME EN FONCTIONNEMENT NORMAL**

### **1.1.1. RÔLE DU SYSTÈME DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL**

Le schéma général est présenté à la figure 8.3 FIG 1 du sous-chapitre 8.3. Les éléments fondamentaux concernant la distribution de l'îlot conventionnel sont :

- Les tableaux 10 kV normal (□) ont pour rôle l'alimentation électrique de l'îlot nucléaire et des actionneurs de forte puissance essentiellement utilisés pour les phases de production de la tranche. Ces auxiliaires sont alimentés en priorité par le transformateur de soutirage TS.
- Les tableaux 690 V normal (□) ont pour rôle d'alimenter les actionneurs de moyenne puissance utilisés pendant les phases de production et d'arrêt de la tranche.
- Les tableaux 690 V normal (□) ont pour rôle d'alimenter les actionneurs de forte puissance utilisés principalement pour le système de chauffage SEL.
- Les tableaux 400 V normal (□) ont pour rôle d'alimenter les actionneurs de faible puissance, les vannes, l'éclairage et prise de courant, les matériels statiques.
- Une distribution sécurisée du BLNC (□) répartie sur 2 trains (trains n° 2 et n° 3) permettant d'alimenter, pour des raisons de disponibilité, des actionneurs sensibles de l'îlot conventionnel. Les trains 2 et 3 peuvent par ailleurs être secourus par un diesel principal respectivement LHQ et LHR.
- Les actionneurs qui sont importants en tant que support des matériels du secondaire sont alimentés par les tableaux 690 V secourus (□) ou les tableaux 400V secouru (□). Ils peuvent être alimentés chacun par un diesel principal de l'îlot nucléaire en cas de perte des sources électriques externes.
- Les sources électriques alternatives en 400 V sans coupure (□) ont principalement pour rôle d'alimenter les matériels de contrôle commande qui doivent rester insensibles à toute perturbation des sources électriques amont mais aussi certains matériels servant à des fonctions particulières du groupe turbo-alternateur (graissage et étanchéité hydrogène).
- Les sources 220 V DC (□) servent à alimenter les mécanismes de grappe (voir paragraphe 5.3 du sous-chapitre 8.3) et certaines fonctions sensibles du groupe turbo-alternateur (graissage et étanchéité hydrogène) ainsi que les matériels de contrôle commande.

### **1.1.2. RÔLE DU SYSTÈME DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DU BOP**

- 1) Les tableaux 10 kV normal de la station de pompage (□) ont pour rôle l'alimentation électrique des actionneurs de forte puissance de la station de pompage ainsi que l'alimentation des tableaux 400V tétrapolaire du bâtiment (□).
- 2) Les tableaux 400 V normal de la station de pompage (□) ont pour rôle d'alimenter les actionneurs de faible puissance. Cette distribution alimente également les actionneurs du bâtiment de traitement des eaux de site (HX) situé à proximité de la station de pompage.
- 3) Une distribution spécifique dont le rôle est l'alimentation du pôle opérationnel d'exploitation (POE) est réalisée à partir de deux sous-tableaux 10kV (□) alimentés respectivement par les trains 1 et 4 du BLNC. Chaque sous-tableau alimente deux tableaux 400V pour le POE (□) et un tableau 400V pour le bâtiment de traitement des effluents (BTE) (□). Les sous-tableaux 10kV □ peuvent par ailleurs être alimentés en totalité soit par le train 1 ou soit le train 4 du BLNC par l'intermédiaire d'une ré-alimentation.

## **1.2. RÔLE DU SYSTÈME EN FONCTIONNEMENT PCC2 À PCC4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET AGRESSIONS**

### **1.2.1. RÔLE DU SYSTÈME DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL**

Dans le cadre d'un MDTE ou en PCC, seuls les tableaux □ assurent l'alimentation des actionneurs nécessitant une reprise par diesel.

En cas de risque explosion □, les systèmes □ assurent l'arrêt de la charge des batteries.

## 1.2.2. RÔLE DU SYSTÈME DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DU BOP

Le système n'a pas de rôle opérationnel dans les conditions de fonctionnement PCC-2 à 4, RRC-A, en accident grave et en situation agression.

## 2. BASES DE CONCEPTION

La seule fonction de sûreté assurée par ladistribution de l'îlot conventionnel consiste à arrêter la charge des batteries de l'îlot conventionnel.

Dans  , une ventilation permanente (DVF) non classée extrait l'hydrogène dégagé pendant la charge et évite l'accumulation de ce gaz.

En cas de défaillance de la ventilation, l'hydrogène produit suite à la charge des batteries va s'accumuler dans le local. Si les batteries sont en pleine charge à ce moment, la LII peut être atteinte   et pourrait conduire à une explosion non admissible vis-à-vis des objectifs de sûreté.

Pour palier ce risque, un dispositif de détection et de mise à l'arrêt de la charge des batteries classé F2, robuste à la prise en compte de la défaillance aléatoire et avec un délai inférieur à celui de la cinétique du scénario d'explosion a été mis en place de manière à respecter les objectifs de sûreté.

Dans la conception de ce système, les critères suivants ont été pris en compte :

- Détection de Séisme : les installations et circuits de ventilation ne sont pas calculés au séisme.
- Détection d'incendie : en cas d'incendie dans  , la ventilation est arrêtée automatiquement.
- Détection d'hydrogène : Arrêt de la charge des batteries dès atteinte de la LII.

La perte de la ventilation est en revanche exclue suite à :

- RTHE : aucune ligne haute énergie ne circule dans  .
- Rupture de singularités démontables sur circuit véhiculant de l'hydrogène :   ne comportent pas de circuit véhiculant du gaz explosif sous pression mais un process générateur de gaz.   ne présentent donc pas de singularité démontable.
- .
- En cas de perte de la ventilation, un passage en mode floating des batteries est prévu mais celui-ci étant non classé, il ne peut pas être valorisé comme parade au titre de la démonstration de sûreté.

## 3. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT

### 3.1. DESCRIPTION

Le schéma général est présenté à la figure 1 du sous-chapitre 8.3.

#### 3.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME

##### 3.1.1.1. DESCRIPTION DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL

Le système d'alimentation électrique de l'îlot conventionnel est organisé en quatre sections indépendantes. Il comprend :

- pour les sections 1 et 4  
Une alimentation électrique normale constituée de trois niveaux de tensions différentes (10kV triphasé, 690V triphasé, 400V tétrapolaire).
- pour les sections 2 et 3

Une alimentation électrique normale constituée des trois mêmes niveaux de tension que pour les trains 1 et 4.

Une alimentation électrique secourue constituée de deux niveaux de tension (690V triphasé et 400V tétrapolaire) pour les actionneurs nécessitant une reprise par les diesels principaux dans les conditions des pertes de tensions extérieures (PCC ou MDTE).

Le système secouru de l'îlot conventionnel est composé de deux alimentations électriquement indépendantes. Chacune d'entre elle est alimentée par un tableau principal du BLNC (□) ou d'une division de l'îlot nucléaire (voir paragraphe 1 du sous-chapitre 8.3). L'alimentation 400 V secourue (□) est produite via un transformateur depuis le tableau 690 V secouru (□).

Une alimentation électrique secourue et sans-coupage constituée de deux niveaux de tension (400V tétrapolaire et 220V continu) pour l'alimentation du contrôle commande standard, la tension de commande des tableaux électriques et tout autre consommateur devant rester en permanence sous tension.

Le 400 V sans coupure est obtenu à partir d'une alimentation statique sans interruption composée d'un ensemble redresseur/batteries et d'un onduleur alimenté par le tableau 690 V sécurisé (□).

Une seconde alimentation depuis les tableaux 400 V normal permet une alimentation via un contacteur statique ou un by-pass □ lors d'opération de maintenance.

Les tableaux 220 V DC sont alimentés par l'ensemble redresseur/batteries 220 V DC de l'alimentation statique sans interruption. En cas de perte de l'alimentation principale des tableaux □, les batteries assurent la fourniture de l'énergie en courant continu au réseau 220Vcc □.

### 3.1.1.2. DESCRIPTION DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DES OUVRAGES DE SITE (BOP)

Le système d'alimentation électrique du BOP est organisé en quatre sections indépendantes. Il comprend :

- Une distribution spécifique à la station de pompage réalisée à partir de quatre sous-tableaux 10 kV □, installés respectivement dans chacune des quatre files de la station de pompage. Chaque sous-tableau alimente des utilisateurs non secourus (des actionneurs 10 kV et un tableau 400 V □). Cette distribution alimente également les actionneurs du bâtiment de traitement des eaux de site (HX) situé à proximité de la station de pompage.
- Une distribution spécifique au pôle opérationnel d'exploitation (POE) réalisée à partir de deux sous-tableaux 10kV 8LGE et 8LGJ alimentés respectivement par les trains 1 et 4 du BLNC. Chaque sous-tableau alimente deux tableaux 400V pour le POE (□) et un tableau 400V pour le bâtiment de traitement des effluents (BTE) (□). Les sous-tableaux 10kV □ pouvant par ailleurs être alimentés en totalité soit par le train 1 ou soit le train 4 du BLNC par l'intermédiaire d'une ré-alimentation.

### 3.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX

#### 3.1.2.1. DESCRIPTION DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL

Les éléments fondamentaux concernant la distribution de l'îlot conventionnel sont :

- Une distribution sur quatre trains pour garder la même structure que celle de l'îlot nucléaire. Une liaison par train entre les sources externes et le tableau secouru (LH.) via un tableau 10 kV du BLNC. La mise en cascade du tableau principal associée à son tableau secouru permet une simplification du schéma et minimise le risque de perdre l'alimentation des tableaux secourus par les sources externes.
- Une distribution spécifique au BLNC réalisée à partir des tableaux 10 kV. Chaque tableau 10 kV alimente des utilisateurs non secourus (actionneurs 10 kV), un tableau 690 V et un tableau 400 V.
- Une distribution sécurisée du BLNC répartie sur 2 trains (trains n°2 et n°3) permettant d'alimenter, pour des raisons de disponibilité, des actionneurs sensibles de l'îlot conventionnel. Les trains 2 et 3 pouvant par ailleurs être secourus par un diesel principal □. Il a pour but d'alimenter les auxiliaires sensibles du secondaire. Ce réseau est constitué de 2 niveaux de tension secourue et de 2 niveaux de tension sans coupure.

- Une répartition des tableaux du BLNC en deux secteurs de feu de manière à minimiser le risque de perte de source externe sur deux divisions de l'îlot nucléaire en cas d'incendie dans un secteur de feu du BLNC. Ces deux zones techniques sont appelées BLNC 1 et BLNC 2.

### **3.1.2.2. DESCRIPTION DU BOP**

Les éléments fondamentaux concernant la distribution du BOP sont :

- Une distribution sur quatre trains à partir de tableaux 10KV spécifiques alimentés par les trains 1 à 4 du BLNC. Ils assurent l'alimentation des gros actionneurs de la station de pompage ainsi que l'alimentation des tableaux 400V.
- Une répartition des tableaux de la station de pompage en quatre secteurs de feux de manière à minimiser le risque de perte d'alimentation électrique à une seule file de pompage en cas d'incendie dans un secteur de la station de pompage.

## **3.2. FONCTIONNEMENT**

### **3.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL**

En régime normal de tranche, l'ensemble des tableaux du système de l'îlot conventionnel et du BOP sont en service continu. Ils garantissent l'alimentation en électricité de l'ensemble de la chaîne production non classée.

### **3.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT**

Pour le système, le régime permanent s'apparente à un MDTE.

Dans ce cadre, les tableaux 10kV assurent le basculement des 2 transformateurs secondaires sur le transformateur auxiliaire. Il existe trois situations pour réaliser le basculement TS/TA sur manque tension.

- l'ilotage raté : Sur manque tension détectée de plus de 1 sec à partir des tableaux 10KV.
- l'ilotage anticipé : Défaut sur un des disjoncteurs du TS associé à l'ouverture du disjoncteur de groupe.
- basculement direct : Sur déclenchement d'une protection d'un TS.

Les tableaux sans-coupure (LAV, LAW – LVL, LVM) restent en fonction pendant la phase transitoire de basculement.

## **4. ANALYSE DE SÛRETÉ**

Les études d'agressions de la section 3.4.6 font intervenir la fonction de déclenchement du disjoncteur du chargeur des batteries des tableaux LAV et LAW. Ces études sont réalisées en considérant, le déclenchement sur perte de tension de commande des tableaux ou sur perte de tension du contrôle commande.

Ces éléments permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au [§ 0.2.](#)

### **4.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION**

Les systèmes LAV et LAW sont conformes à la réglementation générale en vigueur et ne font pas l'objet de dérogations particulières.

### **4.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS**

Les systèmes LAV et LAW sont conformes à la réglementation générale en vigueur et ne font pas l'objet de dérogations particulières.

**4.2.1. Contrôle de la réactivité**

Sans objet.

**4.2.2. Evacuation de la puissance résiduelle**

Sans objet.

**4.2.3. Confinement des substances radioactives**

Sans objet.

**4.2.4. Contributions indirectes à l'accomplissement des fonctions de sûreté**

Sans objet.

**4.2.5. Contributions spécifiques à la protection contre les agressions**

Au titre de sa contribution spécifique à la protection contre les agressions (risque explosion), les systèmes LAV et LAW sont dimensionnés pour respecter les critères fonctionnels suivants :

- stopper toute charge des batteries sur atteinte de la Limite Inférieure d'Inflammabilité (LII air/H<sub>2</sub> = 4%).  
Par sa conception à manque tension, les systèmes LAV et LAW stoppent toute charge des batteries sur perte de signal du système KRH. .
- stopper toute charge des batteries sur détection d'un séisme.  
Par sa conception à manque tension, les systèmes LAV et LAW stoppent toute charge des batteries sur perte de signal du système KRA. .
- stopper toute charge des batteries sur détection d'un incendie .
- Par sa conception à manque tension, les systèmes LAV et LAW stoppent toute charge des batteries sur perte de signal du système JDJ. .

**4.2.6. Contributions à l'élimination pratique**

Sans objet.

**4.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION****4.3.1. Exigences issues du classement de sûreté**

Sans objet.

**4.3.2. Exigences réglementaires**

Sans objet.

**4.3.3. Agressions**

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4 du rapport de sûreté.

**4.3.4. Diversification**

Sans objet.

**4.3.5. Radioprotection**

Sans objet.

#### 4.3.6. Fonctionnement, maintenance et accessibilité long terme

Sans objet.

#### 4.3.7. Système tel que réalisé

Le déclenchement automatique de la charge des batteries LAV et LAW dans le BLNC sur détection hydrogène (système KRH), séisme (système KRA) et incendie (système JDT) est valorisé dans la démonstration de sûreté, vis-à-vis du risque d'explosion du fait de la production d'hydrogène par ces batteries en cas de charge ou de floatting.

Les évènements redoutés en cas d'explosion sont la perte de deux trains SEC, classés F1A, cheminant dans les galeries [ ] à proximité, ainsi que le PCC3 : "perte des alimentations électriques externes > 2h".

Cette disposition agression est classée F2 et les équipements suivants y contribuant sont classés F2 :

- les capteurs KRH, KRA et JDT,
- les fonctions de contrôle commande associées à la mise à l'arrêt de la charge des batteries LAV et LAW (programmées au sein de l'automate du BL),
- la tension de commande pilotant les matériels de la chaîne de déclenchement (relais, bobine de déclenchement),
- les matériels de la chaîne de déclenchement au sein de la cellule.

Néanmoins, les cellules ainsi que les organes de coupures (disjoncteurs) [ ], assurant la coupure de la charge batteries, ne sont pas classés F2.

##### **4.3.7.1. JUSTIFICATION DE L'ACCEPTABILITÉ**

Afin de garantir l'arrêt de la charge des batteries, l'ordre d'ouverture est envoyé de façon séquentiel sur chacun des deux disjoncteurs d'alimentation. Celui-ci est classé F2 conformément aux règles de classement de sûreté. Cet ordre de déclenchement est réalisé par une tension de commande supplémentaire issue d'un tableau classé F1A de l'IN.

De plus [ ] est implantée dans chacune des cellules ainsi que sur l'ensemble de la chaîne de contrôle commande de cet ordre.

En effet l'ordre de déclenchement est généré dans une tâche de traitement LA. du contrôle commande SAS du BL par les signaux initiateurs issus des systèmes suivants :

- JDT - détection incendie [ ] (information classé F2),
- KRA - détection séisme (information classé F2),
- KRH - détection hydrogène [ ] (information classé F2).

Ces informations, acquises par les traitements contrôle commande du système LA., sont [ ].

Ainsi, bien qu'installés au sein d'un tableau non classé, la conception des cellules disjoncteurs [ ] satisfait les exigences suivantes requises par le classement fonctionnel F2(O) :

- **qualité de fabrication** : Toutes les cellules de l'IN et de l'IC sont fabriquées avec la même procédure de montage (schémas et procédure de tests usine) et les mêmes exigences de qualité (même matériel composant la cellule au calibre près du disjoncteur). Ce type de cellule (schéma type CEEB) équipant les arrivées chargeur de l'IC équipe par ailleurs toutes les arrivées chargeurs de l'IN classés F1A ;
- **aptitude aux essais périodiques** : oui.

A noter que le matériel étant identique, le risque de défaillance du matériel est le même que celui-ci soit classé NC, F2 ou F1B. Pour information le taux de défaillance à l'ouverture utilisé dans le cadre des études EPS est de  $1,3 \cdot 10^{-4}$ .

#### **4.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE**

Les parties classées des systèmes LAV et LAW sont conçus pour permettre des essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des règles générales d'exploitation.

#### **5. SCHÉMA DE PRINCIPE**

Le schéma de l'alimentation électrique générale (schéma unifilaire) est présenté dans la figure 1 du sous-chapitre 8.3.

## SOMMAIRE

<b>.8.3 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>1.1. ARCHITECTURE GÉNÉRALE . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>1.2. CONNEXIONS ÎLOT CONVENTIONNEL, ÎLOT NUCLÉAIRE . . . . .</b>	<b>4</b>
<b>2. DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE SECOURUE . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2.1. DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE SECOURUE HT/BT . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1. EXIGENCES DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>5</b>
<b>2.1.2. RÔLE DU SYSTÈME . . . . .</b>	<b>9</b>
<b>2.1.3. BASES DE CONCEPTION . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>2.1.4. DESCRIPTION – FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>10</b>
<b>2.1.5. ANALYSE DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>2.1.6. SCHÉMA DE PRINCIPE . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>2.2. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE SANS COUPURE . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>2.2.1. EXIGENCES DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>2.2.2. RÔLE DU SYSTÈME . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>2.2.3. BASES DE CONCEPTION . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>2.2.4. DESCRIPTION – FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>2.2.5. ANALYSE DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>28</b>
<b>2.2.6. SCHÉMA DE PRINCIPE . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>2.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DES MÉCANISMES DE COMMANDE         DE GRAPPES . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>2.3.1. EXIGENCES DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>33</b>
<b>2.3.2. RÔLE DU SYSTÈME . . . . .</b>	<b>37</b>
<b>2.3.3. BASES DE CONCEPTION . . . . .</b>	<b>38</b>
<b>2.3.4. DESCRIPTION – FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>38</b>
<b>2.3.5. ANALYSE DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>40</b>
<b>2.3.6. SCHÉMA DE PRINCIPE . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>3. DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE NORMALE . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>3.1. EXIGENCES DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>3.1.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>43</b>
<b>3.1.2. CRITÈRES FONCTIONNELS . . . . .</b>	<b>44</b>

<b>3.1.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION . . . . .</b>	<b>44</b>
<b>3.1.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>3.2. RÔLE DU SYSTÈME . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>3.2.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE . . . . .</b>	<b>46</b>
<b>3.2.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS D'AGRESSIONS . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>3.3. BASES DE CONCEPTION . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>3.3.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>3.3.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT . . . . .</b>	<b>47</b>
<b>3.4. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>48</b>
<b>3.4.1. DESCRIPTION . . . . .</b>	<b>48</b>
<b>3.4.2. FONCTIONNEMENT . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>3.5. ANALYSE DE SÛRETÉ . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>3.5.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>3.5.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>3.5.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION . . . . .</b>	<b>50</b>
<b>3.5.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE . . . . .</b>	<b>51</b>
<b>3.6. SCHÉMA DE PRINCIPE . . . . .</b>	<b>52</b>

**FIGURES :**

<b>FIG–8.3.1 SCHÉMA UNIFILAIRE .....</b>	<b>53</b>
<b>FIG–8.3.2 SCHÉMA UNIFILAIRE SIMPLIFIÉ DES DIVISIONS 1 ET 2 AVEC ALIMENTATION DU CONTRÔLE-COMMANDE ET INTERCONNEXIONS ÉLECTRIQUES .....</b>	<b>54</b>
<b>FIG–8.3.3 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DES MÉCANISMES DE COMMANDE DES GRAPPES .....</b>	<b>55</b>
<b>FIG–8.3.4 CONCEPT D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ISOLEMENT ENCEINTE .....</b>	<b>56</b>
<b>FIG–8.3.5 SCHÉMA UNIFILAIRE SIMPLIFIÉ DE LA DIVISION 1 DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE SANS COUPURE DÉDIÉ ACCIDENT GRAVE 400 V .....</b>	<b>57</b>
<b>FIG–8.3.6 STRUCTURE DU SCHÉMA ÉLECTRIQUE UNIFILAIRE D'UNE TRANCHE EPR.....</b>	<b>58</b>

## .8.3 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE

### 1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE

#### 1.1. ARCHITECTURE GÉNÉRALE

Le système d'alimentation électrique de l'îlot nucléaire est organisé en quatre divisions indépendantes. Il comprend :

- une alimentation électrique normale pour tous les actionneurs non secourus situés dans les bâtiments de l'îlot nucléaire (Bâtiment Réacteur, Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires, Bâtiment Combustible, Bâtiment des Auxiliaires de Sauvegarde, Bâtiment Diesels, Tour d'accès et Bâtiment de Traitement des Effluents),
- une alimentation électrique secourue par des groupes électrogènes pour tous les actionneurs de sûreté de la tranche. La description des diesels principaux est traitée dans la section 9.5.2.1 et celle des diesels d'ultime secours est traitée dans la section 9.5.2.2.
- une alimentation électrique sans coupure pour le contrôle commande, la tension de commande des tableaux électriques et tous les autres consommateurs devant rester en permanence sous tension notamment pendant le démarrage des générateurs diesels,
- une alimentation électrique sans coupure dédiée accident grave permettant la gestion d'un accident grave en cas de perte de toutes les sources externes et de toutes les sources internes de secours,
- une alimentation électrique pour l'alimentation des mécanismes de commande des grappes.

#### 1.2. CONNEXIONS ÎLOT CONVENTIONNEL, ÎLOT NUCLÉAIRE

Les interfaces entre l'îlot conventionnel et l'îlot nucléaire sont les suivantes :

- La distribution électrique de l'îlot nucléaire est alimentée à partir de la distribution électrique de l'îlot conventionnel et peut en être séparée par l'ouverture d'un disjoncteur situé dans l'îlot nucléaire lorsque l'alimentation est réalisée par les générateurs diesels de secours.
- Les systèmes d'alimentation électrique normale 10 kV de l'îlot nucléaire sont raccordés au système d'alimentation électrique normale de l'îlot conventionnel via un disjoncteur 10 kV situé dans l'îlot conventionnel et un disjoncteur 10 kV situé dans l'îlot nucléaire qui sont constamment fermés sauf en cas d'élimination d'un défaut électrique ou de maintenance.
- Le système d'alimentation secouru de l'îlot conventionnel peut être ré-alimenté par les tableaux 690 V secourus des divisions 2 et 3 de l'îlot nucléaire.
- Le système d'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes de l'îlot nucléaire est alimenté par l'alimentation électrique 220 Vcc des sections 2 et 3 de l'îlot conventionnel.

L'architecture électrique des divisions de l'îlot nucléaire est détaillée en figures [FIG-8.3.1](#), [FIG-8.3.2](#) et [FIG-8.3.6](#).

## **2. DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE SECOURUE**

### **2.1. DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE SECOURUE HT/BT**

#### **2.1.1. EXIGENCES DE SÛRETÉ**

##### **2.1.1.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ**

###### **2.1.1.1.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ**

La distribution électrique secourue HT/BT de l'îlot nucléaire ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté de contrôle de la réactivité.

###### **2.1.1.1.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE**

La distribution électrique secourue HT/BT de l'îlot nucléaire ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté d'évacuation de la puissance résiduelle.

###### **2.1.1.1.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES**

La distribution électrique secourue HT/BT de l'îlot nucléaire ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté de confinement des substances radioactives.

###### **2.1.1.1.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ**

L'alimentation électrique secourue doit contribuer indirectement à l'accomplissement des 3 fonctions de sûreté de la manière suivante :

L'alimentation électrique secourue doit être distribuée aux consommateurs classés importants pour la sûreté et aux consommateurs importants pour la préservation du patrimoine.

Les divisions électriques et contrôle-commande 2 et 3 doivent pouvoir être déconnectées préventivement en cas de situation RRC-A de perte de source froide.

Les interconnexions de la distribution électrique secourue doivent pouvoir être mises en place pour assurer la bonne réalisation des fonctions suivantes lors de la phase accidentelle :

- injection ISBP en branche chaude en cas de brèche sur un train RIS-RA cumulée à un MDTE, à la défaillance d'un diesel principal et à la maintenance préventive d'un second diesel de division électrique non voisine à celle du diesel défaillant,
- démarrage d'un train principal PTR en cas de MDTE supérieur à deux heures,
- réalisation d'un Test d'Intégrité Primaire complet en état d'arrêt sur 3 trains RIS-RA (le 4ème train RIS étant en attente en mode IS), dans les accidents où il est nécessaire pour atteindre l'état sûr,
- réalimenter directement, depuis la division voisine, les actionneurs à récupérer ou de restaurer la ventilation des locaux électriques alimentant ces actionneurs et leur contrôle-commande,
- restaurer la ventilation des locaux électriques par l'alimentation d'actionneurs DEL.

###### **2.1.1.1.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS**

Le système ne contribue pas spécifiquement à la protection contre les agressions.

###### **2.1.1.1.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE**

Le système ne contribue pas directement à l'élimination pratique.

##### **2.1.1.2. CRITÈRES FONCTIONNELS**

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, la distribution secourue doit satisfaire les critères fonctionnels suivants.

###### **2.1.1.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ**

Sans objet.

#### 2.1.1.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE

Sans objet.

#### 2.1.1.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

Sans objet.

#### 2.1.1.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ

La distribution électrique secourue doit garantir une alimentation électrique avec une qualité de tension et de fréquence suffisante tout en garantissant la sélectivité totale de la distribution électrique.

La puissance des transformateurs de la distribution électrique secourue doit être suffisante pour assurer l'alimentation des consommateurs situés en aval.

Les organes de coupure des tableaux 10 kV LHB et LHC doivent être manœuvrables pour permettre la déconnexion des divisions électriques et de contrôle-commande 2 et 3.

Les organes de protection nécessaires à la mise en place des interconnexions doivent pouvoir être lignés pour la réalisation de ces dernières.

Lors de la mise en place d'une des interconnexions, le tableau "père" doit fournir une alimentation électrique suffisante pour réalimenter les actionneurs du tableau « fils » et garantir la sélectivité totale entre les tableaux interconnectés.

#### 2.1.1.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

##### 2.1.1.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ

###### 2.1.1.3.1.1. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Les parties de la distribution électrique secourue HT/BT jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

###### 2.1.1.3.1.2. CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE (ACTIVE ET PASSIVE)

Les fonctions de la distribution électrique secourue HT/BT classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique. La distribution électrique secourue F1A HT/BT est redevable de l'application du critère de défaillance unique au niveau du système et après 24 heures dans le cas de la défaillance unique passive. La distribution électrique secourue F1B HT/BT est redevable de l'application du critère de défaillance unique au niveau de la fonction.

Les fonctions de la distribution électrique secourue HT/BT classées F2 ne sont pas redevables de l'application du critère de défaillance unique.

###### 2.1.1.3.1.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS

L'alimentation électrique des matériels de la distribution électrique secourue nécessaires à l'accomplissement des fonctions classées doit être secourue.

###### 2.1.1.3.1.4. SÉPARATION PHYSIQUE / GÉOGRAPHIQUE

Les fonctions classées F1 de la distribution électrique secourue HT/BT doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique et électrique de leurs équipements redondants constitutifs.

Les règles de séparation des matériels électriques sont définies au RCC-E §D7000 et concernent :

- séparation physique des câbles de voies de sûreté différentes, des câbles de classes de sûreté différentes dans la même voie, ou des câbles classés par rapport aux câbles non classés,
- séparation physique entre câbles de natures électriques différentes,
- séparation électrique entre matériels appartenant à des voies de sûreté différentes, entre matériels de classes de sûreté différentes, ou entre matériels classés de sûreté et matériels non classés,

- séparation physique entre circuits, destinée à leur protection vis-à-vis d'agressions éventuelles (exemples : incendie, fouettement de tuyauteries, etc.).

Les fonctions classées F2 de la distribution électrique secourue HT/BT ne font pas l'objet d'une exigence de séparation physique ou électrique.

#### 2.1.1.3.1.5. QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

Les équipements classés de la distribution électrique secourue HT/BT doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement et d'ambiance dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

#### 2.1.1.3.1.6. CLASSEMENT ESPN, MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, CONTRÔLE-COMMANDE ET SISMIQUE

Les équipements de la distribution électrique secourue HT/BT redevables d'un classement électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

La distribution électrique secourue HT/BT n'est pas concernée par le classement ESPN ni par le classement mécanique.

#### 2.1.1.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

##### 2.1.1.3.2.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES

###### **1) TEXTES OFFICIELS**

La distribution électrique secourue HT/BT n'est pas concernée par un texte officiel spécifique.

###### **2) PRESCRIPTIONS TECHNIQUES**

La distribution électrique secourue HT/BT appartient au noyau dur Fukushima (cf. chapitre 21). A ce titre, elle doit respecter la décision n°2012-DC-0283 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 26 juin 2012 et décision n°2014-DC-0403 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

###### **3) RÉGLEMENTATIONS INTERNATIONALES**

La distribution électrique secourue HT/BT n'est pas concernée par une réglementation internationale spécifique.

##### 2.1.1.3.2.2. TEXTES PARA-RÉGLEMENTAIRES

###### **1) RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ**

La RFS IV-2-b décrit les exigences à prendre en compte dans la conception, la qualification, la mise en œuvre et l'exploitation des matériels électriques appartenant aux systèmes classés de sûreté.

Cette RFS doit être prise en compte dans la conception et la réalisation de la distribution électrique secourue HT/BT de l'îlot nucléaire.

**2) DIRECTIVES TECHNIQUES**

Les exigences suivantes des directives techniques doivent être prises en compte dans la conception et la réalisation de la distribution électrique secourue HT/BT de l'îlot nucléaire :

- § A.2.2 « Redondance et diversification dans les systèmes de sûreté » : une attention particulière doit être portée à la réduction des possibilités de défaillances de cause commune. Séparation physique et séparation géographique doivent être mises en œuvre autant qu'il est possible. Les fonctions de support (énergie, contrôle, refroidissement, etc.) doivent aussi être le plus possible indépendantes. Un accent tout particulier doit être mis sur la redondance et la diversification des sources électriques.
- § B 2.2.1 « Qualification de matériel électrique » : la qualification doit être obtenue en testant un ou plusieurs échantillons de ces équipements par une séquence de tests représentatifs conventionnels ou par une démonstration claire de la capacité de ces équipements à fonctionner dans des conditions définies, par exemple par analogie avec d'autres équipements. Une combinaison des deux méthodes peut aussi être utilisée. Le retour d'expérience peut aussi être considéré.
- § B 2.4.1 « Rôle de fonction support de l'alimentation électrique » : les alimentations électriques sont essentielles comme systèmes supports pour la réduction de la fréquence de fusion du cœur et pour "l'élimination pratique" des séquences de fusion du cœur à haute pression. Une fiabilité adéquate des alimentations électriques doit être obtenue par la mise en place de quatre diesels principaux identiques, complétés par deux petits diesels capables de secourir en particulier deux des pompes d'alimentation de secours des générateurs de vapeur et les systèmes supports nécessaires. Les petits diesels doivent être diversifiés par rapport aux quatre diesels principaux afin d'éliminer autant que possible les défaillances de cause commune entre les deux types de diesels, en tenant compte du retour d'expérience de tels diesels, et connectés à des jeux de barres électriques de tensions différentes.
- § C 2.1 « Critère de défaillance unique et maintenance préventive » : des interconnexions entre les trains d'alimentation en courant électrique alternatif de puissance ne devraient être permises que pour la maintenance et seulement entre deux des quatre trains (trains 1 et 2 d'un côté, trains 3 et 4 de l'autre côté). Pendant le fonctionnement en puissance, la maintenance ne devrait pas être réalisée sur plus d'un train au même moment.
- § C 2.2 « Etude probabiliste de sûreté et diversification » : les possibilités de défaillances de cause commune doivent être éliminées autant que possible par une conception et des règles d'installation des équipements adéquates, incluant par exemple le choix d'équipements diversifiés. Il faut noter que, pour des événements initiateurs fréquents, l'exigence de fiabilité d'une fonction de sûreté est tel que deux systèmes ou équipements diversifiés pourraient s'avérer nécessaires.
- § F 2.2.1 « Séismes » : pour faire face à la possibilité d'une perte de longue durée des sources électriques externes, toutes les sources électriques de secours doivent être dimensionnées et qualifiées au niveau de séisme retenu pour la conception.

**2.1.1.3.2.3. TEXTES EPR SPÉCIFIQUES**

La distribution électrique secourue HT/BT doit respecter le cahier des données de projet qui complète le RCC-E.

**2.1.1.3.3. AGRESSIONS****2.1.1.3.3.1. AGRESSIONS INTERNES**

Les fonctions de la distribution électrique secourue doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

**2.1.1.3.3.2. AGRESSIONS EXTERNES**

Les fonctions de la distribution électrique secourue doivent être protégées contre les conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

**2.1.1.3.4. DIVERSIFICATION**

La distribution électrique secourue ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

**2.1.1.3.5. EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME**

La distribution électrique secourue doit être accessible aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme.

**2.1.1.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE****2.1.1.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE**

La distribution électrique secourue doit être conçue pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer, dans des conditions aussi représentatives que possibles des différentes configurations de fonctionnement, de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 2.1.1.2.](#)

**2.1.1.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION**

La distribution électrique secourue doit être conçue pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

**2.1.1.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES**

Les parties classées de la distribution électrique secourue doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans les RGE.

**2.1.1.4.4. MAINTENANCE**

La distribution électrique secourue doit être conçue pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

**2.1.2. RÔLE DU SYSTÈME**

Dans les conditions de fonctionnement normal de la tranche PCC-1, ainsi que dans les conditions PCC-2 à PCC-4 et RRC-A ainsi qu'en situation d'accident grave, la distribution électrique secourue assure les fonctions opérationnelles suivantes :

**2.1.2.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE**

La distribution électrique secourue doit alimenter les consommateurs classés de sûreté et les consommateurs importants pour la disponibilité de la tranche dans les limites statiques et dynamiques admissibles pour ces utilisateurs.

**2.1.2.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS D'AGRESSIONS**

La distribution électrique secourue doit alimenter les consommateurs classés de sûreté et les consommateurs importants pour la disponibilité de la tranche durant tous les modes de fonctionnements et transitoires suivants :

- tranche en puissance,
- alimentation par des générateurs diesels principaux,
- alimentation par des générateurs diesels d'ultime secours,
- alimentation par des batteries,
- pendant et après des agressions externes et internes.

### **2.1.3. BASES DE CONCEPTION**

#### **2.1.3.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT**

La distribution électrique secourue contient tous les équipements permettant l'alimentation électrique des actionneurs secourus de l'îlot nucléaire.

#### **2.1.3.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT**

La distribution électrique secourue doit garantir en exploitation normale une tension sur le jeu de barre de plus ou moins  $\pm$ % de la tension de référence correspondant aux intervalles listées ci-dessous en accord avec les régimes de fonctionnement définis dans le RCC-E (cf. §D2310) complété du cahier des données de projet (cf. §C2133 et §D2314). Lors de la mise en place d'interconnexion, la tension du tableau « fils » doit rester dans l'intervalle de tension correspondant à celui du tableau « père » :

- pour les tableaux 10 kV LHA/B/C/D :  $\pm$  V ;  $\pm$  V],
- pour les tableaux 690 V LJA/B/C/D/K/N, LJZ, LJF/I, LJG/H, LJV/W :  $\pm$  V ;  $\pm$  V],
- pour les tableaux 400 V LLA/B/C/D, LLF/G/H/I, LLP/Q/R/S, LLU/X et LOA/B/C/D/F/G/H/I/K/P :  $\pm$  V ;  $\pm$  V].

La distribution électrique secourue doit garantir une fréquence sur le jeu de barre comprise entre  $\pm$  Hz et  $\pm$  Hz lorsque les groupes électrogènes sont connectés en accord avec les régimes de fonctionnement définis dans le RCC-E (cf. §D2310) complété du cahier des données de projet (cf. §C2133 et §D2314). Lorsque le réseau RTE est connecté, la fréquence de la distribution électrique secourue est fixée par le réseau.

La distribution électrique secourue doit garantir la sélectivité totale des protections en accord avec le §C2320 du RCC-E. Les réglages des seuils de protection permettant de satisfaire cette sélectivité sont définis dans la note de sélectivité et dépendent notamment du calcul des courants de court-circuit. Ces courants de court-circuit sont calculés selon la norme CEI 60909-0 de 2011 et sont présentés dans la note de calcul des courants de court-circuit.

Le bilan de puissance des tableaux de la distribution électrique secourue doit permettre de s'assurer du bon fonctionnement des matériels électriques. Le bilan de puissance enveloppe associé à un matériel électrique est la valeur la plus élevée des bilans de puissance associés à chaque scénario applicable au matériel concerné et prend en compte les configurations possibles liées aux interconnexions.

La note d'étude des transitoires électriques permet de valider le dimensionnement et le fonctionnement d'ensemble des matériels composant le schéma de distribution électrique de l'EPR qui doivent réagir correctement aux régimes transitoires conformément aux règles de conception définies dans le RCC-E et à la réglementation liée au raccordement d'une tranche sur le réseau (arrêté de raccordement).

### **2.1.4. DESCRIPTION – FONCTIONNEMENT**

#### **2.1.4.1. DESCRIPTION**

##### **2.1.4.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME**

La distribution électrique secourue contient les équipements suivants :

- une distribution 10 kV secourue distribuée via les tableaux LHA/B/C/D,
- une distribution 690 V secourue distribuée via les tableaux LJA/B/C/D/K/N, LJZ, LJF/I, LJG/H et LJV/W, alimentée via un transformateur en amont des tableaux LJA/B/C/D/K/N et LJV/W, pour les actionneurs de puissance qui ne dépasse pas en général 500 kW (en division 1 et 4 il y a deux distributions principales de 690V secourues alimentées chacune via un transformateur ; cette architecture assure un bon comportement de la tension pendant les transitoires, comme le basculement TS/TA),

- une distribution 400 V secourue distribuée via les tableaux LLA/B/C/D, LLF/G/H/I, LLP/Q/R/S, LOA/B/C/D/F/G/H/P/P/K, LLU/X alimentée via un transformateur en amont des tableaux LLA/B/C/D et LLU/X pour l'alimentation entre autres d'actionneurs motorisés (notamment des pompes, ventilateurs, vannes), d'éclairages secourus, et de chaufferettes pressuriseur secourues, l'éclairage de secours et autres consommateurs nécessaires pendant les opérations de maintenance.



Chacun des tableaux 10 kV secouru de l'îlot nucléaire est alimenté par un tableau de l'alimentation électrique normale de l'îlot conventionnel et peut en être déconnecté par ouverture d'un organe de coupure (disjoncteur) installé dans l'îlot nucléaire en cas d'alimentation par les groupes électrogènes. Les systèmes d'alimentation électrique de l'îlot conventionnel et de l'îlot nucléaire sont physiquement séparés et installés dans des bâtiments différents.

Les transformateurs BT de type sec sont directement connectés au jeu de barres BT (à l'exception des transformateurs dont les tableaux sont directement connectables aux groupes électrogènes d'ultime secours .

#### 2.1.4.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX

Les tableaux sont conçus en technique protégée sous enveloppe métallique avec des équipements débroschables. Ils sont équipés d'un dispositif de mise à la terre et d'une cellule de mesure de la tension.

Chaque cellule débroschable peut prendre trois positions : embroschée, en test ou débroschée.

Chaque armoire est séparée en compartiments distincts pour le raccordement des câbles, l'appareil de coupure, le jeu de barres et le contrôle-commande.

Les départs moteurs ou de vannes motorisées non intelligentes sont équipés d'association contacteurs-fusibles, les départs moteurs de forte puissance sont équipés de disjoncteurs et les départs alimentant des sous tableaux sont constitués d'interrupteurs sectionneurs associés à des fusibles, ou disjoncteurs.

L'appareillage de protection et de coupure 10 kV dans l'îlot nucléaire et l'îlot conventionnel est identique.

La tenue aux courants de court-circuit est conforme aux spécifications du RCC-E §C2000.

Le jeu de barres de la sous distribution est raccordé via un disjoncteur sur la distribution principale qui doit alimenter les cellules suivantes :

- la cellule potentielle qui comprend l'appareillage de surveillance et de mesure de la tension du tableau,
- les cellules du type disjoncteur interrupteur à commande électrique qui peuvent être utilisées comme cellules d'arrivée ou départ d'un tableau.

#### 2.1.4.1.2.1. TRANSFORMATEURS

Les différents niveaux de tension des tableaux BT sont créés à l'aide de transformateurs de type sec 10 kV/420 V, 10 kV/720 V ou 690 V/420 V. La température de chaque phase est surveillée à l'aide de sondes de température.

#### 2.1.4.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES

La séparation physique des équipements répartis entre les quatre divisions pour l'îlot nucléaire garantit la protection contre les risques de défaillances de cause commune.



### 2.1.4.2. FONCTIONNEMENT

#### 2.1.4.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE

L'alimentation du réseau électrique de la tranche et sa qualité (tension, fréquence) est assurée via les transformateurs de soutirage. Ces transformateurs sont équipés de régleurs en charge et soutirent leur énergie sur la ligne d'évacuation d'énergie, alimentée en puissance par l'alternateur et en démarrage/arrêt par la source externe principale (réseau RTE). Ils produisent alors une tension de 10 kV permettant d'alimenter les tableaux HT de l'îlot conventionnel. Les tableaux 10 kV secourus sont alimentés par les tableaux 10 kV normal de l'îlot conventionnel.

#### 2.1.4.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME

La distribution électrique secourue fonctionne en permanence sauf en cas de maintenance.

#### 2.1.4.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE

L'alimentation du réseau électrique de la tranche et sa qualité (tension, fréquence) sont assurées :

- en fonctionnement en îlotage via les TS avec régleurs en charge par un soutirage sur le réseau 400 kV de RTE,
- en fonctionnement sur le réseau auxiliaire via le TA et son régleur en charge, alimenté en puissance par la source externe auxiliaire (réseau RTE),
- en manque de tension externe (MDTE) par les diesels principaux couplés aux tableaux 10 kV,
- en manque de tension généralisée (MDTG) (manque de tension externe et échec du démarrage des diesels principaux), par les diesels d'ultime secours couplés aux tableaux 690 V (entre l'échec du démarrage des diesels principaux et le démarrage des diesels d'ultime secours certains actionneurs secourus sont alimentés par les batteries [ ]),
- en perte totale des alimentations électriques (PTAE), c'est à dire en cas de perte des sources externes (principale et auxiliaire) et des sources internes (diesels principaux, d'ultime secours et les batteries [ ]) dans ce cas, les batteries [ ] assurent l'alimentation des consommateurs dédiés à l'accident grave.

Suite à un incident ou un accident sur le réseau externe (RTE) ([ ]), si la tranche est en puissance, elle tente un passage en îlotage. En cas d'échec de l'îlotage, ou d'impossibilité de le réaliser, la tranche initie un basculement TS/TA. En cas d'échec du basculement ([ ]), la tranche se trouve en MDTE si les diesels principaux sont fonctionnels. Dans le cas contraire, il s'agit d'un MDTG, si les diesels d'ultime secours fonctionnent. En absence de toute autre source de puissance, seules les batteries [ ] dédiées accident grave assurent une ultime source d'alimentation pour gérer la situation de PTAE.

Les conditions de tension de la distribution électrique de l'îlot nucléaire en fonction des différents régimes de fonctionnement de la tranche sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Régime de fonctionnement	Contrôle de la tension
Fonctionnement normal en puissance	La tension sur les jeux de barres 10 kV est maintenue dans la plage de variation autorisée par un régleur en charge situé au primaire des transformateurs de soutirage avec pour consigne [ ] y compris lors du démarrage des gros actionneurs.
Démarrage et arrêt normal	La tension est contrôlée par la régulation de la tension des transformateurs de soutirage.
Fonctionnement en îlotage	En raison de la temporisation du régleur en charge la tension dans les systèmes d'alimentation électrique de l'îlot nucléaire est déterminée dans les premiers

Régime de fonctionnement	Contrôle de la tension
	instants par la régulation de tension du groupe turbo alternateur (GTA) puis par la régulation de la tension des transformateurs de soutirage.
Basculement sur le réseau auxiliaire	Après délestage des actionneurs concernés, le transfert sur le réseau auxiliaire est réalisé dans des conditions satisfaisantes de tension. Un régleur en charge situé au primaire du transformateur auxiliaire maintient ensuite la tension dans la plage de variation autorisée sur les jeux de barres 10 kV.
Manque de Tension Externe	Après l'interruption d'alimentation due au temps de démarrage du diesel, la tension est maintenue dans la plage de variation autorisée par la régulation de tension des générateurs diesels principaux. Les variations de tension et fréquence lors de la reprise sont conformes au RCC-E. En cas de Manque De Tension Externe de longue durée, des protections non prioritaires de ces générateurs diesels pourront être réactivées.

## **2.1.5. ANALYSE DE SÛRETÉ**

### **2.1.5.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION**

La distribution électrique secourue HT/BT est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

### **2.1.5.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS**

#### **2.1.5.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ**

Sans objet.

#### **2.1.5.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE**

Sans objet.

#### **2.1.5.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES**

Sans objet.

#### **2.1.5.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ**

Les bilans de puissance des tableaux et des diesels de l'îlot nucléaire démontrent que les hypothèses de dimensionnement de l'alimentation électrique secourue présentées au [§ 2.1.3.2.](#) sont cohérentes et comprennent des marges avec celles des systèmes servis correspondants (cf. paragraphe 2.2 des chapitres systèmes concernés).

### 2.1.5.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

#### 2.1.5.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ

##### 2.1.5.3.1.1. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Les classements des équipements de la distribution électrique secourue jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

##### 2.1.5.3.1.2. CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE (ACTIVE ET PASSIVE)

La conception de la distribution électrique secourue de l'îlot nucléaire est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au [§ 2.1.1.3.1.2.](#) de part sa conception en quatre trains indépendants.

##### 2.1.5.3.1.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS

Les tableaux électriques secourus HT/BT sont alimentés en permanence soit par :

- source externe principale,
- source externe auxiliaire,
- source interne principale (4 générateurs diesels principaux répartis sur les 4 divisions),
- source interne d'ultime secours pour les tableaux concernés (2 générateurs diesels d'ultime secours répartis sur les divisions 1 et 4),
- source interne sans coupure (batteries  réparties sur les 4 divisions),
- source interne sans coupure dédiée accident grave (batteries  réparties sur les divisions 1 et 4).

##### 2.1.5.3.1.4. SÉPARATION PHYSIQUE / GÉOGRAPHIQUE

La séparation physique des équipements répartis entre les divisions 1 et 4 pour l'îlot nucléaire garantit la protection contre les risques de défaillance de mode commun.

Il n'y a pas indépendance entre division dans le cas où deux d'entre elles sont appariées (interconnectées) pour les besoins de la maintenance.

##### 2.1.5.3.1.5. QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

Les équipements de la distribution électrique secourue HT/BT relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

##### 2.1.5.3.1.6. CLASSEMENT ESPN, MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, CONTRÔLE-COMMANDE ET SISMIQUE

La conformité des classements électrique, contrôle commande et sismique des équipements de la distribution électrique secourue HT/BT jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au [§ 2.1.1.3.](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

#### 2.1.5.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

##### 2.1.5.3.2.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES

###### 1) TEXTES OFFICIELS

La distribution électrique secourue HT/BT n'est pas concernée par un texte officiel spécifique.

**2) PRESCRIPTIONS TECHNIQUES**

La conformité de la distribution électrique secourue HT/BT aux décisions de l'Autorité de Sûreté Nucléaire n° 2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n° 2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

**3) RÉGLEMENTATIONS INTERNATIONALES**

La distribution électrique secourue HT/BT n'est pas concernée par une réglementation internationale spécifique.

**2.1.5.3.2.2. TEXTES PARA-RÉGLEMENTAIRES****1) RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ**

La qualification des matériels permet de démontrer que les exigences de la RFS IV-2B sont satisfaites par la distribution électrique secourue HT/BT.

**2) DIRECTIVES TECHNIQUES**

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables à la distribution électrique secourue, listées au paragraphe "Directives techniques" du [§ 2.1.1.3.2.2.](#), est assurée par :

- § A 2.2 « Redondance et diversification dans les systèmes de sûreté » :  
Les dispositions de redondance décrites au [§ 2.1.5.3.1.2.](#), et les dispositions de séparation physique/géographique décrites au [§ 2.1.5.3.1.4.](#) assurent la conformité de la distribution électrique secourue aux exigences de redondance.
- § B 2.2.1 « Qualification de matériel électrique » :  
La qualification des matériels permet de démontrer que les exigences des directives techniques sont satisfaites par la distribution électrique secourue HT/BT. Le sous-chapitre 3.7 justifie la conformité de la distribution électrique secourue aux exigences de qualification de matériel électrique.
- § B 2.4.1 « Rôle de fonction support de l'alimentation électrique » :  
La mise en place de quatre diesels principaux identiques, complétés par deux petits diesels tel que décrit dans la section 9.5.2 permet d'assurer le rôle de fonction support de l'alimentation électrique secourue.
- § C 2.1 « Critère de défaillance unique et maintenance préventive » :  
Les dispositions de redondance décrites au [§ 2.1.5.3.1.2.](#) permettent de satisfaire au critère de défaillance unique et maintenance préventive y compris lors du cas particulier de mise en place des interconnexions décrit au [§ 2.1.1.3.](#)
- § C 2.2 « Etude probabiliste de sûreté et diversification » :  
Les dispositions de redondance décrites au [§ 2.1.5.3.1.2.](#), et les dispositions de séparation physique/géographique décrites au [§ 2.1.5.3.1.4.](#) satisfont les études probabilistes décrites au chapitre 18.
- § F 2.2.1 « Séismes » :  
Les dispositions décrites au [§ 2.1.5.3.1.6.](#) permettent de justifier la conformité au classement sismique des équipements de la distribution électrique secourue.

**3) TEXTES EPR SPÉCIFIQUES**

La distribution électrique secourue respecte le cahier des données de projet qui complète le RCC-E.

**2.1.5.3.3. AGRESSIONS****2.1.5.3.3.1. AGRESSIONS INTERNES**

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

**2.1.5.3.3.2. AGRSSIONS EXTERNES**

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

**2.1.5.3.4. DIVERSIFICATION**

La distribution électrique secourue ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

**2.1.5.3.5. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME**

La distribution électrique secourue est accessible aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme. Afin de contrôler les comportements requis de certains composants (transformateur et disjoncteur diesel, cellules de mesure..., la maintenance sera traitée conformément à la documentation de la procédure de maintenance (Guides d'Exploitation et d'Entretien, documents du fabricant...).

**2.1.5.3.6. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ**

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

**2.1.5.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE****2.1.5.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE**

La distribution électrique secourue fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères fonctionnels suivants:

- tension sur le jeu de barre sur l'ensemble des tableaux,
- fréquence de la tension sur le jeu de barre sur l'ensemble des tableaux lorsque les sources internes assurent l'alimentation de la distribution électrique secourue,
- bon réglage des seuils des équipements de protection sur l'ensemble des départs.

Pour les interconnexions, les essais de démarrage concernent la vérification des critères fonctionnels suivants :

- tension sur le jeu de barre du tableau « fils »,
- manœuvrabilité des organes de coupure nécessaires à la mise en place des interconnexions,
- réglage des seuils des équipements de protection nécessaire à la mise en place de l'interconnexion.

La manœuvrabilité des organes de protection nécessaire à la coupure des divisions électriques et de contrôle-commande 2 et 3 est également vérifiée lors des essais de démarrage de la distribution électrique secourue.

**2.1.5.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION**

La distribution électrique secourue est sollicitée en fonctionnement normal de la tranche ce qui permet une surveillance fonctionnelle de ses caractéristiques sollicitées dans ce cadre notamment la tension au niveau du jeu de barres au travers de la cellule potentiel.

La fréquence de la distribution électrique secourue fait l'objet d'une surveillance en continu en exploitation normale lorsque les sources internes ne sont pas connectées.

**2.1.5.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES**

Les parties classées de la distribution électrique secourue HT/BT font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect des critères fonctionnels suivants:

- tension sur le jeu de barre sur l'ensemble des tableaux,

- fréquence de la tension sur le jeu de barre sur l'ensemble des tableaux lorsque les sources internes assurent l'alimentation de la distribution électrique secourue,

La manœuvrabilité des organes de coupure nécessaires à la mise en place des interconnexions fait également l'objet d'essais périodiques ainsi que la manœuvrabilité des organes de coupure nécessaires à la déconnexion des divisions électriques et contrôle-commande 2 et 3.

#### 2.1.5.4.4. MAINTENANCE

La distribution électrique secourue fait l'objet d'un programme de maintenance conformément aux exigences du chapitre VIII des RGE.

### 2.1.6. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma général de la distribution électrique est présenté dans la figure [FIG-8.3.1](#).

## 2.2. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE SANS COUPURE

### 2.2.1. EXIGENCES DE SÛRETÉ

#### 2.2.1.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

##### 2.2.1.1.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté de contrôle de la réactivité.

##### 2.2.1.1.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté d'évacuation de la puissance résiduelle.

##### 2.2.1.1.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté de confinement des substances radioactives.

##### 2.2.1.1.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ

L'alimentation électrique sans coupure doit contribuer indirectement à l'accomplissement des 3 fonctions de sûreté de la manière suivante :

L'alimentation secourue sans coupure doit être distribuée aux consommateurs devant être sous tension sans discontinuité, comme le contrôle-commande, ou devant rester sous-tension dans l'intervalle de temps nécessaire aux transitoires (îlotage basculement TS/TA, démarrage des diesels principaux et d'ultime secours). La continuité du service doit être assurée par un système batterie/onduleur  en cas de perte (transitoire ou permanente) de toutes les autres sources (externes et internes principales) d'alimentation. Elle intervient dans tous les scénarii PCC, RRC-A et Accident Grave impliquant une perte des alimentations électriques.

L'alimentation secourue sans coupure dédiée accident grave doit être distribuée aux consommateurs concernés par la situation PTAE pour permettre d'éviter un accident de fusion sous pression du cœur. La continuité du service doit être assurée par un système batterie/onduleur  en cas de perte (transitoire ou permanente) de toutes les autres sources (externes et internes) d'alimentation. Elle intervient en situation Accident Grave de Perte Totale des Alimentations Electriques (PTAE).

Les interconnexions de la distribution électrique sans coupure doivent pouvoir être mises en place pour assurer la bonne réalisation des fonctions suivantes lors de la phase accidentelle :

- injection ISBP en branche chaude en cas de transitoire cumulé à un MDTE, à la défaillance d'un diesel principal et à la maintenance préventive d'un second diesel de division électrique non voisine à celle du diesel défaillant,
- démarrage d'un train principal PTR en cas de MDTE supérieur à deux heures,

- réalisation d'un Test d'Intégrité Primaire complet en état d'arrêt sur 3 trains RIS-RA (le 4ème train RIS étant en attente en mode IS), dans les accidents où il est nécessaire pour atteindre l'état sûr,
- réalimenter directement, depuis la division voisine, les actionneurs à récupérer et leur contrôle-commande.

Les commutateurs statiques des tableaux 400 Vca LVA/B/C/D doivent détecter une baisse de la tension et basculer d'une alimentation des tableaux 400 Vca LVA/B/C/D par les tableaux 220 Vcc LAA/B/C/D à une alimentation des tableaux 400 Vca LVA/B/C/D par les tableaux 400 Vca LOA/B/C/D. Ce basculement est effectué lorsqu'un diesel principal est en maintenance et que les batteries [ ] qui reprennent l'alimentation des tableaux 400 Vca LAA/B/C/D sont épuisées. Ce basculement permet notamment le pilotage des soupapes de sûreté du pressuriseur.

Les tableaux 400 Vca LVF/G/H/I doivent fournir une alimentation, redondante d'une alimentation devant être fournie par les tableaux 220Vcc LAA/B/C/D, pour l'élaboration de la tension de commande des tableaux de l'îlot nucléaire.

#### 2.2.1.1.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS

Le basculement du mode de régulation des chargeurs de batteries [ ] des tableaux 400 Vca LVP/S sur le mode "maintien de charge (ou flottant)" doit permettre de limiter la production d'hydrogène pour permettre une intervention [ ] en cas de perte de la ventilation ou de détection d'hydrogène dans les locaux batteries des bâtiments diesel.

Le basculement du mode de régulation des chargeurs de batteries [ ] des tableaux 220 Vcc LAA/B/C/D sur le mode "maintien de charge (ou flottant)" doit permettre de limiter la production d'hydrogène pour permettre une intervention [ ] en cas de perte de la ventilation ou de détection d'hydrogène [ ].

#### 2.2.1.1.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE

Le système ne contribue pas directement à l'élimination pratique.

### 2.2.1.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, la distribution sans coupure doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

#### 2.2.1.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ

Sans objet.

#### 2.2.1.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE

Sans objet.

#### 2.2.1.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

Sans objet.

#### 2.2.1.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ

La distribution électrique sans coupure doit garantir une alimentation électrique avec une qualité de tension et de fréquence suffisante tout en garantissant la sélectivité totale de la distribution électrique.

Les batteries des tableaux 220 Vcc LAA/B/C/D doivent assurer une alimentation des consommateurs situés en aval pendant une durée de [ ] heures dans le scénario jugé le plus pénalisant,

Les batteries des tableaux 220 Vcc LVP/S doivent assurer une alimentation des consommateurs situés en aval pendant une durée de [ ] heures dans le scénario jugé le plus pénalisant.

Les onduleurs de la distribution électrique sans coupure doivent permettre la reprise des consommateurs situés en aval dans la configuration jugée la plus pénalisante.

Les organes de protection nécessaires à la mise en place des interconnexions doivent pouvoir être lignés pour la réalisation de ces dernières.

Lors de la mise en place d'une des interconnexions, le tableau "père" doit fournir une alimentation électrique suffisante pour réalimenter les actionneurs du tableau « fils » et garantir la sélectivité totale entre les deux tableaux interconnectés.

Les commutateurs statiques des tableaux LVA/B/C/D doivent assurer un basculement automatique suffisamment rapide pour garantir le caractère sans coupure de l'alimentation des tableaux situés en aval.

#### 2.2.1.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS

Au titre de sa contribution aux dispositions prises pour lutter contre le risque explosion, les chargeurs des batteries [] doivent permettre le basculement automatique de la régulation de la charge des batteries sur le mode "maintien en charge" (ou flottant) sur détection hydrogène dans les salles batteries, sur détection seuil haut H2 ou suite à une perte de la ventilation dans les salles batteries.

Lorsqu'ils basculent en mode "maintien en charge" (ou flottant), les chargeurs des batteries [] doivent suffisamment réduire le courant de charge des batteries pour limiter le dégagement d'hydrogène dans les locaux batteries des BAS et des bâtiments diesel. Cette limitation du courant de charge permet d'augmenter le délai d'atteinte de la limite inférieure d'explosivité pour permettre une intervention en local.

### 2.2.1.3. RELATIVES À LA CONCEPTION

#### 2.2.1.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ

##### 2.2.1.3.1.1. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Les parties de l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

##### 2.2.1.3.1.2. CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE (ACTIVE ET PASSIVE)

Les fonctions de l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique. L'alimentation électrique sans coupure F1A de l'îlot nucléaire est redevable de l'application du critère de défaillance unique au niveau du système et après 24 heures dans le cas de la défaillance unique passive.

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire classée F2 n'est pas redevable de l'application du critère de défaillance unique.

##### 2.2.1.3.1.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire nécessaire à l'accomplissement de fonctions classées F1 doit être secourue par les groupes électrogènes de secours (diesels principaux et d'ultime secours).

##### 2.2.1.3.1.4. SÉPARATION PHYSIQUE / GÉOGRAPHIQUE

Les fonctions classées F1 de la distribution électrique sans coupure de l'îlot nucléaire doivent être conçues conformément à l'exigence de séparation physique et électrique de leurs équipements redondants constitutifs.

Les règles de séparation des matériels électriques sont définies au RCC-E §D7000 et concernent :

- séparation physique des câbles de voies de sûreté différentes, des câbles de classes de sûreté différentes dans la même voie, ou des câbles classés par rapport aux câbles non classés,
- séparation physique entre câbles de natures électriques différentes,
- séparation électrique entre matériels appartenant à des voies de sûreté différentes, entre matériels de classes de sûreté différentes, ou entre matériels classés de sûreté et matériels non classés,
- séparation physique entre circuits, destinée à leur protection vis-à-vis d'agressions éventuelles (exemples : incendie, fouettement de tuyauteries, etc.).

Les fonctions classées F2 de la distribution électrique sans coupure de l'îlot nucléaire ne font pas l'objet d'une exigence de séparation physique ou électrique.

#### **2.2.1.3.1.5. QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES**

Les équipements classés de l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement et d'ambiance dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

#### **2.2.1.3.1.6. CLASSEMENT ESPN, MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, CONTRÔLE-COMMANDE ET SISMIQUE**

Les équipements de l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire redevables d'un classement électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire n'est pas concernée par le classement ESPN ni par le classement mécanique.

#### **2.2.1.3.1.7. INTERFACES ENTRE MATÉRIELS ÉLECTRIQUES DE CLASSES DIFFÉRENTES**

En conformité avec le paragraphe D7530 du RCC-E, lorsqu'il existe des interfaces entre matériels électriques de classes différentes, les matériels en interface sont conçus de telle façon que toute défaillance affectant un matériel de classe inférieure ne puisse se propager et affecter un matériel de classe supérieure. De plus, le matériel réalisant l'isolation entre les deux matériels de classes différentes appartient à la classe la plus haute.

#### **2.2.1.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES**

##### **2.2.1.3.2.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES**

###### **1) TEXTES OFFICIELS**

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire n'est pas concernée par un texte officiel spécifique.

###### **2) PRESCRIPTIONS TECHNIQUES**

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire appartient au noyau dur Fukushima (cf chapitre 21). A ce titre, elle doit respecter la décision n° 2012-DC-0283 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 26 juin 2012 et décision n° 2014-DC-0403 de l'Autorité de Sûreté Nucléaire du 21 janvier 2014 (voir section 1.7.0).

###### **3) RÉGLEMENTATIONS INTERNATIONALES**

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire n'est pas concernée par une réglementation internationale spécifique.

##### **2.2.1.3.2.2. TEXTES PARA-RÉGLEMENTAIRES**

###### **1) RÉGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ**

La RFS IV-2-b décrit les exigences à prendre en compte dans la conception, la qualification, la mise en œuvre et l'exploitation des matériels électriques appartenant aux systèmes classés de sûreté.

Cette RFS doit être prise en compte dans la conception et la réalisation de l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire.

###### **2) DIRECTIVES TECHNIQUES**

Les exigences suivantes des directives techniques doivent être prises en compte dans la conception et la réalisation de la distribution électrique sans coupure de l'îlot nucléaire :

- § A.2.2 « Redondance et diversification dans les systèmes de sûreté » : une attention particulière doit être portée à la réduction des possibilités de défaillances de cause commune. Séparation physique et séparation géographique doivent être mises en œuvre autant qu'il est possible. Les fonctions de support (énergie, contrôle, refroidissement, etc.) doivent aussi être le plus possible indépendantes. Un accent tout particulier doit être mis sur la redondance et la diversification des sources électriques.
- § B 2.2.1 « Qualification de matériel électrique » : la qualification doit être obtenue en testant un ou plusieurs échantillons de ces équipements par une séquence de tests représentatifs conventionnels ou par une démonstration claire de la capacité de ces équipements à fonctionner dans des conditions définies, par exemple par analogie avec d'autres équipements (cf sous-chapitre 3.7). Une combinaison des deux méthodes peut aussi être utilisée. Le retour d'expérience peut aussi être considéré.
- § B 2.4.1 « Rôle de fonction support de l'alimentation électrique » : les alimentations électriques sont essentielles comme systèmes supports pour la réduction de la fréquence de fusion du cœur et pour "l'élimination pratique" des séquences de fusion du cœur à haute pression. Une fiabilité adéquate des alimentations électriques doit être obtenue par la mise en place de quatre diesels principaux identiques, complétés par deux petits diesels capables de secourir en particulier deux des pompes d'alimentation de secours des générateurs de vapeur et les systèmes supports nécessaires. Les petits diesels doivent être diversifiés par rapport aux quatre diesels principaux afin d'éliminer autant que possible les défaillances de cause commune entre les deux types de diesels, en tenant compte du retour d'expérience de tels diesels, et connectés à des jeux de barres électriques de tensions différentes.
- § C 2.1 « Critère de défaillance unique et maintenance préventive » : des interconnexions entre les trains d'alimentation en courant électrique alternatif de puissance ne devraient être permises que pour la maintenance et seulement entre deux des quatre trains (trains 1 et 2 d'un côté, trains 3 et 4 de l'autre côté). Pendant le fonctionnement en puissance, la maintenance ne devrait pas être réalisée sur plus d'un train au même moment.
- § C 2.2 « Etude probabiliste de sûreté et diversification » : les possibilités de défaillances de cause commune doivent être éliminées autant que possible par une conception et des règles d'installation des équipements adéquates, incluant par exemple le choix d'équipements diversifiés. Il faut noter que, pour des événements initiateurs fréquents, l'exigence de fiabilité d'une fonction de sûreté est tel que deux systèmes ou équipements diversifiés pourraient s'avérer nécessaires.
- § F 2.2.1 « Séismes » : pour faire face à la possibilité d'une perte de longue durée des sources électriques externes, toutes les sources électriques de secours doivent être dimensionnées et qualifiées au niveau de séisme retenu pour la conception.

#### 2.2.1.3.2.3. TEXTES EPR SPÉCIFIQUES

La distribution électrique secourue HT/BT doit respecter le cahier des données de projet qui complète le RCC-E.

#### 2.2.1.3.3. AGRESSIONS

##### 2.2.1.3.3.1. AGRESSIONS INTERNES

Les fonctions de l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

##### 2.2.1.3.3.2. AGRESSIONS EXTERNES

Les fonctions de l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire doivent être protégées contre les conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

##### 2.2.1.3.4. DIVERSIFICATION

Afin de limiter les risques de défaillance de mode commun, les batteries de la distribution sans coupure doivent faire l'objet d'une exigence de diversification.

### 2.2.1.3.5. EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire doit être accessible aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme.

### 2.2.1.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

#### 2.2.1.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire doit être conçue pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer, dans des conditions aussi représentatives que possibles des différentes configurations de fonctionnement, de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 2.2.1.2.](#)

#### 2.2.1.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire doit être conçue pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

#### 2.2.1.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES

La partie classée de l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire (batteries et commutateurs statiques) doit faire l'objet d'essais périodiques conformément aux règles définies dans les RGE.

#### 2.2.1.4.4. MAINTENANCE

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire doit être conçue pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

### 2.2.2. RÔLE DU SYSTÈME

Dans les conditions de fonctionnement normal de la tranche PCC-1, ainsi que dans les conditions PCC-2 à PCC-4 et en situations RRC-A et d'accident grave, l'alimentation électrique sans coupure assure les fonctions opérationnelles suivantes :

#### 2.2.2.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

En fonctionnement normal, l'alimentation électrique sans coupure est alimentée via l'ensemble chargeur/batterie/onduleur par les tableaux secourus 690 V. Dans ce mode de fonctionnement les batteries sont maintenues chargées par les redresseurs-chargeurs de batteries en mode charge flottante.

La distribution électrique sans coupure dédiée accident grave n'a pas de rôle opérationnel en fonctionnement normal de la tranche.

#### 2.2.2.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS D'AGRESSIONS

La distribution électrique sans coupure doit alimenter les consommateurs classés de sûreté requis et ceux importants pour la disponibilité de la tranche, durant tous les modes opératoires et transitoires suivants :

- tranche en puissance,
- alimentation par le générateur principal (flotage) après réduction de charge,
- alimentation par le réseau RTE à travers les transformateurs de soutirage,
- alimentation par le réseau RTE à travers le transformateur auxiliaire,
- alimentation par des générateurs diesels principaux,
- alimentation par des générateurs diesels d'ultime secours,

- alimentation par les sources sans coupure (□) durant les phases de démarrage des générateurs diesels ou en cas de perte de toutes les sources de secours internes et externes,
- pendant et après des agressions externes et internes.

Le système d'alimentation électrique sans coupure 400 Vca □ doit alimenter principalement :

- les convertisseurs CA/CC et CC/CC pour l'alimentation électrique des armoires de contrôle-commande,
- les convertisseurs CA/CC et CC/CC pour la tension de commande des tableaux électriques,
- l'ensemble des équipements nécessaires à l'interface homme-machine tels que calculateurs, écrans, écrans tactiles en salle de commande et tout autre équipement de contrôle-commande requérant du 230 Vca sans coupure,
- les actionneurs de systèmes fluides comme les vannes d'isolement intérieur enceinte, des vannes réglantes, des électrovannes,
- l'éclairage des issues de secours et d'autres systèmes tels que les contrôles d'accès et la détection incendie,
- d'autres électrovannes que celles liées aux systèmes fluides.

Le système d'alimentation électrique sans coupure dédié accident grave n'a pas de rôle opérationnel en fonctionnement PCC-2 à PCC-4 et en situation RRC-A. En Accident Grave, le système d'alimentation électrique sans coupure dédié accident grave doit alimenter ses consommateurs dans des conditions de tension et de fréquence comprises dans les limites statiques et dynamiques admissibles pour ces consommateurs.

Le système d'alimentation électrique sans coupure 400 V dédié accident grave doit alimenter :

- les pilotes des soupapes de la ligne de décharge accident grave du circuit primaire,
- les convertisseurs CA/CC spécifiques à l'alimentation électrique des armoires de contrôle-commande et à l'instrumentation utilisés en accident grave,
- les convertisseurs CA/CC pour la tension de commande des tableaux électriques utilisés en accidents graves,
- les indicateurs en salle de commande utiles à l'opérateur pour la gestion et le suivi d'un accident grave,
- les vannes d'isolement enceinte externes,
- les files EDE F1 (ventilateurs et réchauffeurs),
- l'éclairage nécessaire en salle de commande,
- les pompes d'injection soude,
- les réchauffeurs des locaux batteries accident grave.

### **2.2.3. BASES DE CONCEPTION**

#### **2.2.3.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT**

Le système d'alimentation électrique sans coupure contient tous les équipements électriques permettant de produire et de distribuer :

- le 400 Vca pour le contrôle-commande et pour les actionneurs de sûreté et opérationnels des bâtiments de l'îlot nucléaire qui requièrent une alimentation sans coupure y compris pendant le démarrage des générateurs diesels principaux et d'ultime secours,
- le 220 Vcc pour le contrôle-commande.

Le système d'alimentation électrique sans coupure dédié accident grave contient tous les équipements électriques permettant de produire et de distribuer les tensions pour la gestion d'un accident grave cumulé à la perte de toutes les sources externes et internes.

### 2.2.3.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

La distribution électrique sans coupure doit garantir une tension comprise dans les intervalles suivants :

- pour les tableaux 220 Vcc LAA/B/C/D : [ ] V ; [ ] V],
- pour les tableaux 400 Vca LVA/B/C/D, LVF/G/H/I/X et LVP/S : [ ] V ; [ ] V].

La distribution électrique des tableaux 400 Vca LVA/B/C/D, LVF/G/H/I/X et LVP/S doit garantir une fréquence de la tension sur le jeu de barre comprise entre [ ] Hz et [ ] Hz en accord avec les régimes de fonctionnement définis dans le RCC-E (cf. §D2310) complété du cahier des données de projet (cf. §C2133 et §D2314).

Les batteries des tableaux 220 Vcc LAA/B/C/D doivent garantir l'alimentation électrique des matériels situés en aval pendant une durée de [ ] heures. Les batteries des tableaux 400 Vca LVP/S doivent garantir l'alimentation électrique des matériels situés en aval pendant une durée de [ ] heures. Ces autonomies sont validées par une note de dimensionnement des batteries, chargeurs et onduleurs.

Le basculement automatique des commutateurs statiques des tableaux 400 Vca LVA/B/C/D doit être effectué dans un délai de [ ] ms lors de la commutation des sources des onduleurs.

Le courant de charge des batteries des BAS et des bâtiments diesel lors d'un basculement en mode « maintien en charge » doit être suffisamment limité pour garantir un délai d'atteinte de la LIE de [ ] jours minimum. Le délai d'atteinte de la LIE est calculé dans la note d'identification des locaux à risque d'explosion interne.

La distribution électrique sans coupure doit garantir la sélectivité totale des protections en accord avec le §C2320 du RCC-E. Les réglages des seuils de protection permettant de satisfaire cette sélectivité sont définis dans la note de sélectivité et dépendent notamment du calcul des courants de court-circuit. Ces courants de court-circuit sont calculés selon la norme CEI 60909-0 de 2011 et sont présentés dans la note de calcul des courants de court-circuit.

La puissance apparente nominale pour les onduleurs LVA/B/C/D est 300 kVA. Cette puissance couvre la puissance maximale appelée par les consommateurs ayant un requis d'alimentation sans coupure lors de la gestion des scénarios PCC et RRC impliquant une perte des alimentations électriques.

La puissance apparente nominale pour les onduleurs LVP/S est 150 kVA. Cette puissance couvre la puissance maximale appelée par les consommateurs ayant un requis d'alimentation sans coupure lors de la gestion des scénarios RRC-B de perte Totale des Alimentations Electriques (PTAE).

Les calibres des chargeurs sont 1200 A pour LAA/B/C/D et 600 A pour LVP/S, cependant ils n'assurent aucun rôle vis-à-vis de la sûreté.

La note d'étude des transitoires électriques permet de valider le dimensionnement et le fonctionnement d'ensemble des matériels composant le schéma de distribution électrique de l'EPR qui doivent réagir correctement aux régimes transitoires conformément aux règles de conception définies dans le RRC-E et à la réglementation liée au raccordement d'une tranche sur le réseau (arrêté de raccordement).

## **2.2.4. DESCRIPTION – FONCTIONNEMENT**

### **2.2.4.1. DESCRIPTION**

#### **2.2.4.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME**

La distribution électrique sans coupure est distribuée via les tableaux 220 Vcc LAA/B/C/D et 400 Vca LVA/B/C/D, LVF/G/H/I/X et la distribution électrique sans coupure dédiée accident grave est distribuée via les tableaux 400 Vca LVP/S.

Des interconnexions entre les tableaux de la distribution électrique sans coupure peuvent être mises en place entre deux divisions adjacentes, pour réaliser des opérations de maintenance ou d'essais et assurer une continuité d'alimentation pour les actionneurs impactés. Les interconnexions réalisables sont les suivantes :

- du tableau 400 Vca LVA vers le tableau 400 Vca ,
- du tableau 400 Vca LVB vers le tableau 400 Vca ,
- du tableau 400 Vca LVC vers le tableau 400 Vca ,
- du tableau 400 Vca LVD vers le tableau 400 Vca .

Dans chaque division, le système d'alimentation électrique sans coupure comprend les équipements suivants (cf. figure [FIG-8.3.5](#)) :

- un redresseur-chargeur de batteries alimentant l'onduleur et chargeant la batteries d'accumulateurs,
- une batterie d'accumulateurs 220 Vcc,
- une distribution 220 Vcc à laquelle est connectée la batterie via un coffret "fusible protection batterie",
- un onduleur triphasé pour alimenter la distribution principale 400 Vca.

En cas de perte de l'onduleur, la distribution électrique 400 Vca sans coupure est alimentée par la distribution 400 Vca secourue de la même division via le contacteur statique de l'onduleur. La tension en sortie de l'onduleur est synchronisée avec celle de la distribution 400 Vca secourue de sorte que le basculement puisse être réalisé sans coupure.

Les armoires de contrôle-commande sont alimentées par des convertisseurs qui adaptent la tension amont au niveau de tension requis (24 Vcc). Chaque convertisseur est capable d'alimenter un groupe d'armoires de contrôle-commande. Ces convertisseurs sont installés à proximité des armoires de contrôle-commande dans les locaux électriques.

Chaque armoire de contrôle-commande est alimentée depuis deux alimentations découplées par diode, d'une part par la distribution 220 Vcc et d'autre part par la sous-distribution 400 Vca sans coupure de la même division. L'installation des convertisseurs est également possible directement dans les armoires de contrôle-commande.

La tension de commande des tableaux électriques est également alimentée par la distribution 220 Vcc et la sous-distribution 400 Vca de la même division. Ces tensions sont converties au niveau de tension nécessaire, des diodes assurent le découplage entre les deux alimentations.

Une tension 125 Vcc est créée à partir de l'alimentation électrique sans coupure afin d'alimenter des électrovannes.

Le système d'alimentation électrique sans coupure dédié accident grave est installé dans les divisions 1 et 4.

Dans chacune de ces divisions, il comprend les équipements suivants :

- un redresseur-chargeur de batteries alimentant l'onduleur et chargeant la batterie d'accumulateurs,
- une batterie d'accumulateurs,
- une armoire de raccordement entre le chargeur et la batterie,
- un onduleur triphasé pour alimenter le tableau 400 Vca,
- une distribution 400 Vca alimentant les armoires de contrôle-commande et la tension de commande des tableaux électriques via des convertisseurs CA/CC,
- un départ vers le tableau d'alimentation des vannes d'isolement enceinte externes de la division (div. 1 respectivement div. 4) qui lui même peut réalimenter le tableau d'alimentation des vannes d'isolement enceinte externes de la division voisine (div. 2 respectivement div. 3).

#### 2.2.4.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX

Les convertisseurs statiques sont installés dans des armoires en tôle d'acier. La partie onduleur comporte un dispositif de basculement électronique (commutateur statique) qui garantit un transfert d'alimentation sans coupure vers le réseau 400 Vca secouru en cas de défaillance de l'onduleur.

Les batteries d'accumulateurs au plomb sont constituées de cellules montées en bacs étanches transparents groupés en châssis avec leur système de mesure.

Les redresseurs-chargeurs de batteries 220 Vcc sont de type statique triphasé et sont installés dans des armoires en tôle d'acier.

Les tableaux de la distribution sans coupure sont installés dans des armoires en tôle d'acier constituées de cellules. Ils sont divisés en compartiments pour les arrivées de câbles, les jeux de barres et les appareils de coupures. Chaque cellule peut prendre trois positions différentes : marche, essai et débouchée.

Les départs alimentant les actionneurs motorisés sont équipés d'associations contacteurs fusibles, les autres départs sont soit équipés de sectionneurs associés à des fusibles soit équipés de disjoncteurs.

Les tableaux électriques 400 Vca sans coupure accident grave situés en division 1 et 4 sont alimentés respectivement par les tableaux 690 Vca LJA/D secourus à travers l'ensemble redresseur/chargeur, batterie en tampon et onduleur triphasé.

En cas de perte de l'onduleur, la distribution électrique 400 Vca sans coupure dédiée accident grave est alimentée par la distribution 400 Vca secourue de la même division via le commutateur statique de l'onduleur.

La tension en sortie de l'onduleur est synchronisée avec celle de la distribution 400 Vca secourue de sorte que le basculement puisse être réalisé sans coupure.

Les armoires de contrôle-commande accident grave sont alimentées par des convertisseurs qui adaptent la tension aval au niveau de tension requise (24 Vcc).

Chaque armoire de contrôle-commande est alimentée par deux alimentations découplées par diode, d'une part par la distribution 220 Vcc et d'autre part, par la distribution 400 Vca sans coupure dédiée accident grave de la même division (cf. figure [FIG-8.3.5](#)).

Il en est de même pour la tension de commande des tableaux électriques utilisés en accident grave (48 Vcc).

Les caractéristiques des équipements de l'alimentation sans coupure dédiée accident grave sont du même type que celles de l'alimentation sans coupure à l'exception des cellules d'arrivées sur la distribution 220 Vcc qui sont du type disjoncteur (au lieu d'interrupteur avec relais de protection).

**2.2.4.1.2.1. REDRESSEUR - CHARGEUR DE BATTERIES**

Le redresseur-chargeur de batteries est conçu sous enveloppe métallique, il assure à partir d'un réseau basse tension alternatif, l'alimentation en courant continu nécessaire au réseau d'utilisation et à la charge des batteries associées.

Le redresseur-chargeur de batteries permet la sélection parmi les 4 modes de fonctionnement suivant :

- [],
- mode automatique,
- mode flottant,
- mode en charge.

Le redresseur-chargeur de batteries est alimenté par le tableau LJ. 690 Vca secouru en amont via un disjoncteur.

**2.2.4.1.2.2. BATTERIE**

La batterie assure la fourniture de l'énergie en courant continu aux réseaux 220 Vcc en cas de défaut du chargeur qui lui est associé ou en cas de perte de l'alimentation alternative de celui-ci.

La batterie fournit également les pointes de courant que le chargeur n'est pas en mesure de délivrer en raison du temps de réponse de sa régulation ou de sa limitation d'intensité.

La batterie est équipée d'un système de surveillance qui génère une alarme lors d'un défaut sur un élément de la batterie.

Les batteries sont de technologie au plomb, et l'autonomie de fonctionnement, en fin de vie, est de [].

**2.2.4.1.2.3. TABLEAUX 220 Vcc et 400 Vca**

Les tableaux sont conçus sous enveloppe métallique avec des équipements débrochables pour les disjoncteurs. Ils sont équipés d'un dispositif de mise à la terre et d'une cellule de mesure de la tension.

Chaque cellule débrochable peut prendre trois positions : embrochée, en test ou débrochée.

Chaque colonne est séparée en compartiments distincts pour le raccordement des câbles, les départs électriques, le jeu de barres et pour le contrôle de commande.

Les cellules constituant les tableaux et sous tableaux sont :

- la cellule potentielle qui comprend l'appareillage de surveillance et de mesure de la tension du tableau,
- les cellules du type motorisés sont équipées d'associations contacteurs fusibles, les départs de câbles les autres départs sont soit équipés de sectionneurs associés à des fusibles soit équipés de disjoncteurs.

**2.2.4.1.2.4. ONDULEUR**

L'onduleur, installé dans des armoires en tôle d'acier, comporte un dispositif de basculement électronique (contacteur statique) qui garantit un transfert d'alimentation sans coupure vers le réseau 400 Vca secouru en cas de défaillance du convertisseur CC/CA.

**2.2.4.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES**

La séparation physique des équipements répartis entre les quatre divisions pour l'îlot nucléaire garantit la protection contre les risques de défaillances de cause commune.

□

## 2.2.4.2. FONCTIONNEMENT

### 2.2.4.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE

Pendant le fonctionnement normal de la tranche, la distribution électrique sans coupure est alimentée via l'ensemble chargeur/batterie/onduleur par les tableaux secourus 690 Vca. Dans ce mode de fonctionnement les batteries sont en tampon avec les redresseurs-chargeurs de batteries. En régime de charge flottante, les batteries ne débitent aucun courant sauf en cas de pic demandé par les consommateurs.

### 2.2.4.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME

L'alimentation électrique sans coupure fonctionne en permanence sauf en cas de maintenance.

### 2.2.4.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE

Les tableaux 400 Vca sans coupure et dédiés accident grave sont alimentés par les tableaux 690 Vca secourus via l'ensemble chargeur/batterie/onduleur. En cas de perte de l'onduleur, les tableaux sans coupure sont alimentés par les tableaux 400 Vca secouru via le commutateur statique.

La batterie [ ] reste disponible pour alimenter les armoires de contrôle-commande et la tension de commande des tableaux via la distribution 220 Vcc.

La batterie [ ] reste disponible pour alimenter les armoires de contrôle-commande dédiées accident grave via la distribution 220 Vcc.

Tant que le 690 Vca secouru est disponible, l'alimentation se fait par le biais du chargeur/onduleur, la batterie d'accumulateurs étant maintenue chargée par le redresseur en charge flottante.

En cas de surtension dans l'ensemble redresseur/batterie/onduleur, le redresseur-chargeur de batteries s'arrête. La distribution sans coupure reste alimentée par les batteries.

Dès la perte totale des alimentations électriques, le passage de l'alimentation électrique depuis le redresseur- chargeur de batteries vers la batterie est automatique et immédiat.

En cas de Manque De Tension Externe (MDTE) ou de Manque De Tension Généralisé (MTDG), dans chacune des quatre divisions les systèmes alimentés par la distribution sans coupure restent alimentés par leur batterie d'accumulateurs jusqu'au démarrage/couplage des générateurs diesels de leur division.

## 2.2.5. ANALYSE DE SÛRETÉ

### 2.2.5.1. CONFORMITÉ A LA RÉGLEMENTATION

L'alimentation électrique sans coupure est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

### 2.2.5.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS

#### 2.2.5.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ

Sans objet.

#### 2.2.5.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE

Sans objet.

#### 2.2.5.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

Sans objet.

#### 2.2.5.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

Les hypothèses de dimensionnement de la distribution électrique secourue énoncées au [§ 2.2.3.2.](#) sont cohérents avec les requis des équipements servis correspondants à l'ensemble des équipements alimentés par la distribution électrique sans coupure.

#### 2.2.5.2.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS

Les études d'agression du sous-chapitre 3.4 faisant intervenir des fonctions de l'alimentation électrique sans coupure sont réalisées en considérant, pour les paramètres suivants, des valeurs cohérentes avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.3.2.](#) :

- détection seuil haut H2,
- perte de la ventilation .

Pour chaque étude d'agression concernée, ces études montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il permet de respecter leur critère d'acceptabilité en restant en deçà de l'atteinte du seuil LIE hydrogène.

Ces éléments permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au [§ 2.2.1.2.](#)

#### 2.2.5.2.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE

Les études d'élimination pratique de la section 19.2.4 font intervenir des fonctions de l'alimentation électrique sans coupure 400 Vca LVA/B/C/D, LVF/G/H/I/X et LVP/S 400 Vca sans coupure dédiée accident grave de l'îlot nucléaire. Les bilans de puissance électrique réalisés sont cohérents et comprennent des marges avec les hypothèses de dimensionnement énoncées au [§ 2.2.3.2.](#)

Ces études montrent que le dimensionnement de ces fonctions est tel qu'il permet d'éliminer pratiquement la situation concernée à laquelle les vannes d'isolement contribuent.

Ces éléments permettent d'assurer le respect des critères fonctionnels énoncés au [§ 2.2.1.2.](#)

### 2.2.5.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

#### 2.2.5.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ

##### 2.2.5.3.1.1. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Les classements des équipements de la distribution électrique secourue jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

##### 2.2.5.3.1.2. CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE (ACTIVE ET PASSIVE)

La conception de la distribution électrique sans coupure de l'îlot nucléaire est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au [§ 2.2.1.3.1.2.](#) de part sa conception en quatre trains indépendants et de part sa diversification des sources de tension (via les commutateurs statiques) et la diversification des batteries (fabrication différente).

##### 2.2.5.3.1.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS

L'alimentation électrique sans coupure est produite en permanence soit par :

- source externe principale,
- source externe auxiliaire,
- source interne principale (4 générateurs diesels principaux, répartis sur les 4 divisions),
- source interne d'ultime secours pour les tableaux concernés (2 générateurs diesels d'ultime secours répartis sur les divisions 1 et 4).

Le système d'alimentation sans coupure LVA/B/C/D LVF/G/H/I/X 400 Vca  de l'îlot nucléaire est alimenté par le système d'alimentation sans coupure LAA/B/C/D 220 Vcc de l'îlot nucléaire de la même division via un onduleur CC/CA. En cas de perte des convertisseurs CC/CA, les jeux de barres

CA sans interruption sont alimentés par le système de tension secourue 400 Vca via un dispositif de basculement électronique sans interruption.

Les sous-distributions du système d'alimentation sans coupure LVA/B/C/D LVF/G/H/I/X 400 Vca de l'îlot nucléaire sont normalement alimentées par leur propre division. En cas de maintenance du diesel ou si la distribution principale n'est pas disponible, il est possible d'alimenter le système de sous-distribution (LVF/G/H/I/X) à partir de la division voisine grâce à l'interconnexion correspondante. Un inter verrouillage mécanique entre les deux interrupteurs d'arrivée empêche une double alimentation électrique de LVF/G/H/I/X (ex. : LVF alimenté par LVA et LVB).

Les systèmes d'alimentation sans coupure dédié accident grave LVP/S 400 Vca de l'îlot nucléaire sont alimentés par les systèmes de distribution secours 690 Vca via les redresseurs-chargeurs de batteries, le circuit intermédiaire CC avec batteries tampons et les onduleurs CC/CA connectés aux distributions principales LVA/B/C/D LVF/G/H/I/X. En cas de perte des convertisseurs CC/CA, les jeux de barres CA sans interruption sont alimentés par le système à tension secourue 400 V via un dispositif de basculement électronique sans interruption. Les redresseurs-chargeurs de batteries alimentent tous les consommateurs dans tous les modes d'exploitation où la tension sur le jeu de barres 690 V est disponible. Les batteries sont maintenues chargées par les redresseurs-chargeurs de batteries en mode charge flottante.

Lors de la Perte Totale des Alimentations Externes :

- les systèmes d'alimentation sans interruption LVA/B/C/D LVF/G/H/I/X 400 Vca de l'îlot nucléaire sont alimentés par les batteries via la distribution LAA/B/C/D pendant [ ] heures,
- les systèmes d'alimentation sans interruption LVP/S 400 Vca de l'îlot nucléaire sont alimentés par les batteries pendant [ ] heures.

[ ], les systèmes d'alimentation sans interruption 400 V de l'îlot nucléaire dans les divisions 1 à 4 peuvent être réalimentés par les diesels (principaux, SBO ou mobile) via les redresseurs-chargeurs de batteries et les convertisseurs CC/CA.

#### 2.2.5.3.1.4. SÉPARATION PHYSIQUE/GÉOGRAPHIQUE

Le système d'alimentation sans coupure LVA/B/C/D, LVF/G/H/I/X de l'îlot nucléaire est divisé en quatre divisions. Le concept est conforme à la conception des systèmes de sûreté du procédé et de CC alimentés.

Chaque division du système d'alimentation sans coupure LVA/B/C/D, LVF/G/H/I/X de l'îlot nucléaire est fonctionnellement indépendante et physiquement séparée des autres, afin de garantir que les conséquences d'une défaillance unique et d'un risque interne dans une division n'affectent que cette seule division.

Le système d'alimentation sans coupure LVA/B/C/D, LVF/G/H/I/X de l'îlot nucléaire est situé dans les divisions 1 à 4 des bâtiments électriques.

Le système d'alimentation sans coupure dédié accident grave LVP/S 400 Vca de l'îlot nucléaire est situé dans les bâtiments diesels des divisions 1 et 4.

#### 2.2.5.3.1.5. QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

Les équipements de la distribution électrique sans coupure relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

#### 2.2.5.3.1.6. CLASSEMENT ESPN, MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, CONTRÔLE-COMMANDE ET SISMIQUE

La conformité des classements électrique, contrôle commande et sismique des équipements de la distribution électrique sans coupure jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au § [2.2.1.3](#) est détaillée dans la section 3.2.2.

### 2.2.5.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

#### 2.2.5.3.2.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES

##### **1) TEXTES OFFICIELS**

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire n'est pas concernée par un texte officiel spécifique.

##### **2) PRESCRIPTIONS TECHNIQUES**

La conformité du système l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire aux décisions n° 2012-DC-0283 du 26 juin 2012 et n°2014-DC-0403 du 21 janvier 2014 est démontrée dans le chapitre 21.

##### **3) RÉGLEMENTATIONS INTERNATIONALES**

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire n'est pas concernée par une réglementation internationale spécifique.

#### 2.2.5.3.2.2. TEXTES PARA-RÉGLEMENTAIRES

##### **1) RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ**

La qualification des matériels permet de démontrer que les exigences de la RFS IV-2B sont satisfaites par l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire.

##### **2) DIRECTIVES TECHNIQUES**

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables à la distribution électrique sans coupure, listées au paragraphe "Directives techniques" du [§ 2.2.1.3.2.2.](#), est assurée par :

- § A 2.2 « Redondance et diversification dans les systèmes de sûreté » :  
Les dispositions de redondance décrites au [§ 2.2.5.3.1.2.](#), les dispositions de diversification des sources décrites au [§ 2.2.5.3.1.3.](#) et les dispositions de séparation physique/géographique décrites au [§ 2.2.5.3.1.4.](#) assurent la conformité de la distribution électrique sans coupure aux exigences de redondance et de diversification.
- § B 2.2.1 « Qualification de matériel électrique » :  
La qualification des matériels permet de démontrer que les exigences des directives techniques sont satisfaites par la distribution électrique sans coupure. Le sous-chapitre 3.7 justifie la conformité de la distribution électrique sans coupure aux exigences de qualification de matériel électrique.
- § B 2.4.1 « Rôle de fonction support de l'alimentation électrique » :  
La mise en place de quatre diesels principaux identiques, complétés par deux petits diesels tel que décrit dans la section 9.5.2 permet d'assurer le rôle de fonction support de l'alimentation électrique sans coupure.
- § C 2.1 « Critère de défaillance unique et maintenance préventive » :  
Les dispositions de redondance décrites au [§ 2.2.5.3.1.2.](#) permettent de satisfaire au critère de défaillance unique et maintenance préventive y compris lors du cas particulier de mise en place des interconnexions.
- § C 2.2 « Etude probabiliste de sûreté et diversification » :  
Les dispositions de redondance décrites au [§ 2.2.5.3.1.2.](#), les dispositions de diversification des sources décrites au [§ 2.2.5.3.1.3.](#) et les dispositions de séparation physique/géographique décrites au [§ 2.2.5.3.1.4.](#) satisfont les études probabilistes décrites au chapitre 18.
- § F 2.2.1 « Séismes » :  
Les dispositions décrites au [§ 2.2.5.3.1.6.](#) permettent de justifier la conformité au classement sismique des équipements de la distribution électrique sans coupure.

**3) TEXTES EPR SPÉCIFIQUES**

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire respecte le cahier des données de projet qui complète le RCC-E.

**2.2.5.3.3. AGRESSIONS****2.2.5.3.3.1. AGRESSIONS INTERNES**

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

**2.2.5.3.3.2. AGRESSIONS EXTERNES**

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

**2.2.5.3.4. DIVERSIFICATION**

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

Les batteries utilisées pour la distribution électrique sans coupure sont des batteries au plomb, diversifiées au niveau de leur fabrication (conception et structure des plaques positives différentes et constructeurs différents) entre les divisions 1/2 et 3/4.

**2.2.5.3.5. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME**

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire est accessible aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme. Afin de contrôler les comportements requis de certains composants (transformateur et disjoncteur diesel, cellules de mesure...), la maintenance sera traitée conformément à la documentation de la procédure de maintenance (Guides d'Exploitation et d'Entretien, documents du fabricant...).

**2.2.5.3.6. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ**

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

**2.2.5.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE****2.2.5.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE**

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14. Les essais permettent notamment de vérifier le respect des critères fonctionnels suivants :

- tension sur le jeu de barre sur l'ensemble des tableaux,
- fréquence de la tension sur le jeu de barre pour les tableaux 400 Vca LVA/B/C/D, LVF/G/H/I/X, LVP/S,
- bon réglage des seuils des équipements de protection sur l'ensemble des départs,
- tension des batteries  $\square$  en fin de décharge,
- basculement automatique des commutateurs statiques,
- basculement des chargeurs en mode « maintien de charge ».

Pour les interconnexions, les essais de démarrage concernent la vérification des critères fonctionnels suivants :

- tension sur le jeu de barre du tableau « fils »,
- manœuvrabilité des organes de coupure nécessaires à la mise en place des interconnexions,
- réglage des seuils des équipements de protection nécessaire à la mise en place de l'interconnexion.

L'alimentation électrique sans coupure et dédié accident grave de l'îlot nucléaire ne fait pas l'objet de critères de sûreté.

#### 2.2.5.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire est sollicitée en fonctionnement normal de la tranche ce qui permet une surveillance fonctionnelle de ses caractéristiques sollicitées dans ce cadre, il s'agit notamment de la tension, courant, état de la batterie, état chargeur/onduleur, état organes de coupure principaux.

#### 2.2.5.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES

Les parties classées de l'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect des critères fonctionnels suivants :

- tension sur le jeu de barre sur l'ensemble des tableaux,
- fréquence de la tension sur le jeu de barre pour les tableaux 400 Vca LVA/B/C/D, LVF/G/H/I/X, LVP/S,
- tension des batteries □ en fin de décharge,
- basculement automatique des commutateurs statiques,
- basculement des chargeurs en mode « maintien de charge ».

Pour les interconnexions, les essais périodiques concernent la vérification de la manœuvrabilité des organes de coupure nécessaires à la mise en place des interconnexions.

#### 2.2.5.4.4. MAINTENANCE

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

### 2.2.6. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma général de la distribution électrique est présenté dans la figure [FIG-8.3.1](#).

## 2.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DES MÉCANISMES DE COMMANDE DE GRAPPES

### 2.3.1. EXIGENCES DE SÛRETÉ

#### 2.3.1.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

##### 2.3.1.1.1. CONTROLE DE LA RÉACTIVITÉ

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté de contrôle de la réactivité.

##### 2.3.1.1.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté d'évacuation de la puissance résiduelle.

##### 2.3.1.1.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté de confinement des substances radioactives.

##### 2.3.1.1.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ

Les disjoncteurs des tableaux LAL et LAM, les contacteurs d'AAR et les circuits de contrôle des grappes (en séquence RRC-A de perte totale de l'eau alimentaire) des tableaux LAK et LAN doivent contribuer indirectement aux fonctions de sûreté dans les conditions de fonctionnement PCC 1 à PCC 4 et RRC-A ainsi qu'en situation d'accident grave.

Les fonctions de sûreté sont :

- l'ouverture des disjoncteurs d'AAR,
- l'ouverture des contacteurs des grappes,
- la coupure des circuits de contrôle des grappes.

#### 2.3.1.1.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS

Le système ne contribue pas spécifiquement à la protection contre les agressions.

#### 2.3.1.1.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE

Le système ne contribue pas directement à l'élimination pratique.

### 2.3.1.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

Au titre de ses contributions à l'accomplissement des fonctions de sûreté, l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes doit satisfaire les critères fonctionnels suivants :

#### 2.3.1.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ

Sans objet.

#### 2.3.1.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE

Sans objet.

#### 2.3.1.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

Sans objet.

#### 2.3.1.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ

La coupure de l'alimentation du circuit de commande des disjoncteurs et des contacteurs sur réception d'ordre AAR (ou sur signaux émis par les systèmes ARE ou RCP) tout comme la coupure de l'alimentation du circuit de contrôle des grappes sur réception de signal émis par le système RGL doit provoquer la chute des grappes.

### 2.3.1.3. EXIGENCES RELATIVES A LA CONCEPTION

#### 2.3.1.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ

##### 2.3.1.3.1.1. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Les parties de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté (disjoncteurs et contacteurs d'AAR, circuit de contrôle des grappes) doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

##### 2.3.1.3.1.2. CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE (ACTIVE ET PASSIVE)

Les fonctions de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N classées F1 doivent être robustes à l'application du critère de défaillance unique. L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N est redevable de l'application du critère de défaillance unique au niveau du système et après 24 h dans le cas de la défaillance unique passive.

La fonction de chute des grappes est réalisée par une logique de vote qui tient compte du risque de défaillance unique et des principes de maintenance en fonctionnement.

Les disjoncteurs et les contacteurs étant classés F1A, ces équipements doivent être redondants pour respecter les exigences du critère de défaillance unique. En effet, le système LA possède □ disjoncteurs d'AAR ainsi que, pour chaque groupe de grappes, □ modules contacteurs :

- □ modules de disjoncteurs sont placés en série dans la division 2 (tableau LAL) ainsi que dans la division 3 (tableau LAM),

- pour chaque groupe de grappes, [] modules contacteurs sont en association série/parallèle pour permettre la chute des grappes selon une logique de vote en 2/4.

Pour l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes se reporter à la figure [FIG-8.3.3](#).

#### 2.3.1.3.1.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS

Les tableaux 220 Vcc LAK/L/M/N alimentant les mécanismes de commande de grappes doivent être secourus par batterie afin d'éviter de provoquer un arrêt automatique du réacteur en cas de transitoires sur la source interne principale conduisant à l'îlotage de la tranche.

#### 2.3.1.3.1.4. SÉPARATION PHYSIQUE / GÉOGRAPHIQUE

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes doit faire l'objet d'une exigence de séparation physique et électrique.

Ces tableaux sont interconnectés en permanence sans appareil de coupure. Les tableaux LAL (division 2) et LAM (division 3) sont alimentés à partir du 220 Vcc de l'îlot conventionnel via [] disjoncteurs arrivée ([] appareils en série dans chaque division).

#### 2.3.1.3.1.5. QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

Les équipements classés de l'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes (disjoncteurs et contacteurs d'AAR, circuit de contrôle des grappes) doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement et d'ambiance dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

#### 2.3.1.3.1.6. CLASSEMENT ESPN, MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, CONTRÔLE-COMMANDE ET SISMIQUE

Les équipements de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N redevables d'un classement électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes de l'îlot nucléaire n'est pas concernée par le classement ESPN ni par le classement mécanique.

#### 2.3.1.3.1.7. INTERFACES ENTRE MATÉRIELS ÉLECTRIQUES DE CLASSES DIFFÉRENTES

En conformité avec le paragraphe D7530 du RCC-E, lorsqu'il existe des interfaces entre matériels électriques de classes différentes, les matériels en interface sont conçus de telle façon que toute défaillance affectant un matériel de classe inférieure ne puisse se propager et affecter un matériel de classe supérieure. De plus, le matériel réalisant l'isolation entre les deux matériels de classes différentes appartient à la classe la plus haute.

### 2.3.1.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

#### 2.3.1.3.2.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES

##### **1) TEXTES OFFICIELS**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N n'est pas concernée par un texte officiel spécifique.

##### **2) PRESCRIPTIONS TECHNIQUES**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N n'est pas concernée par des exigences issues des prescriptions techniques.

##### **3) RÉGLEMENTATIONS INTERNATIONALES**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N n'est pas concernée par une réglementation internationale spécifique.

### 2.3.1.3.2.2. TEXTES PARA-RÉGLEMENTAIRES

#### **1) RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ**

La RFS IV-2-b décrit les exigences à prendre en compte dans la conception, la qualification, la mise en œuvre et l'exploitation des matériels électriques appartenant aux systèmes classés de sûreté.

Cette RFS doit être prise en compte dans la conception et la réalisation de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N.

#### **2) DIRECTIVES TECHNIQUES**

Les exigences suivantes des directives techniques doivent être prises en compte dans la conception et la réalisation de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N :

- § A.2.2 « Redondance et diversification dans les systèmes de sûreté » : une attention particulière doit être portée à la réduction des possibilités de défaillances de cause commune. Séparation physique et séparation géographique doivent être mises en œuvre autant qu'il est possible. Les fonctions de support (énergie, contrôle, refroidissement, etc.) doivent aussi être le plus possible indépendantes. Un accent tout particulier doit être mis sur la redondance et la diversification des sources électriques.
- § B 2.2.1 « Qualification de matériel électrique » : la qualification doit être obtenue en testant un ou plusieurs échantillons de ces équipements par une séquence de tests représentatifs conventionnels ou par une démonstration claire de la capacité de ces équipements à fonctionner dans des conditions définies, par exemple par analogie avec d'autres équipements (cf sous-chapitre 3.7). Une combinaison des deux méthodes peut aussi être utilisée. Le retour d'expérience peut aussi être considéré.
- § B 2.4.1 « Rôle de fonction support de l'alimentation électrique » : les alimentations électriques sont essentielles comme systèmes supports pour la réduction de la fréquence de fusion du cœur et pour "l'élimination pratique" des séquences de fusion du cœur à haute pression. Une fiabilité adéquate des alimentations électriques doit être obtenue par la mise en place de quatre diesels principaux identiques, complétés par deux petits diesels capables de secourir en particulier deux des pompes d'alimentation de secours des générateurs de vapeur et les systèmes supports nécessaires. Les petits diesels doivent être diversifiés par rapport aux quatre diesels principaux afin d'éliminer autant que possible les défaillances de cause commune entre les deux types de diesels, en tenant compte du retour d'expérience de tels diesels, et connectés à des jeux de barres électriques de tensions différentes.
- § C 2.1 « Critère de défaillance unique et maintenance préventive » : des interconnexions entre les trains d'alimentation en courant électrique alternatif de puissance ne devraient être permises que pour la maintenance et seulement entre deux des quatre trains (trains 1 et 2 d'un côté, trains 3 et 4 de l'autre côté). Pendant le fonctionnement en puissance, la maintenance ne devrait pas être réalisée sur plus d'un train au même moment.
- § C 2.2 « Etude probabiliste de sûreté et diversification » : les possibilités de défaillances de cause commune doivent être éliminées autant que possible par une conception et des règles d'installation des équipements adéquates, incluant par exemple le choix d'équipements diversifiés. Il faut noter que, pour des événements initiateurs fréquents, l'exigence de fiabilité d'une fonction de sûreté est tel que deux systèmes ou équipements diversifiés pourraient s'avérer nécessaires.
- § F 2.2.1 « Séismes » : pour faire face à la possibilité d'une perte de longue durée des sources électriques externes, toutes les sources électriques de secours doivent être dimensionnées et qualifiées au niveau de séisme retenu pour la conception.

#### 2.3.1.3.2.3. TEXTES EPR SPÉCIFIQUES

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N doit respecter le cahier des données de projet qui complète le RCC-E.

### 2.3.1.3.3. AGRESSIONS

#### 2.3.1.3.3.1. AGRESSIONS INTERNES

Les fonctions de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N doivent être protégées vis-à-vis des conséquences des agressions internes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.4.

#### 2.3.1.3.3.2. AGRESSIONS EXTERNES

Les fonctions de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N doivent être protégées contre les conséquences des agressions externes si leur perte remet en cause l'atteinte des objectifs de sûreté du sous-chapitre 3.3.

### 2.3.1.3.4. DIVERSIFICATION

Afin de limiter les risques de défaillance de mode commun, les organes de coupure de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes doivent faire l'objet d'une exigence de diversification (conception différente).

### 2.3.1.3.5. EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N doit être accessible aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme.

## 2.3.1.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

### 2.3.1.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N doit être conçue pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer, dans des conditions aussi représentatives que possibles des différentes configurations de fonctionnement, de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 2.3.1.2.](#)

### 2.3.1.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N doit être conçue pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

### 2.3.1.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES

La partie classée de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N fait l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des RGE.

### 2.3.1.4.4. MAINTENANCE

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N doit être conçue pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

## 2.3.2. RÔLE DU SYSTÈME

Dans les conditions de fonctionnement normal de la tranche PCC-1, ainsi que dans les conditions PCC-2 à PCC-4 et en situations RRC-A et d'accident grave, la distribution électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N assure les fonctions opérationnelles suivantes :

### 2.3.2.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

Les tableaux LAK/L/M/N 220 Vcc sont alimentés à partir des tableaux LAV/W de l'îlot conventionnel. La puissance fournie aux tableaux LAK/L/M/N permet le déplacement des grappes.

### 2.3.2.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS D'AGRESSIONS

Le Système de Protection réalise l'AAR à trois niveaux du système d'alimentation des mécanismes de commande des grappes :

- les disjoncteurs d'AAR,
- les contacteurs,
- l'électronique des circuits de contrôle des grappes.

Chaque division du Système de Protection ouvre un disjoncteur et le quart des contacteurs via des ordres à manque. L'électronique des circuits de contrôle des grappes reçoit également les ordres d'AAR des quatre divisions du Système de Protection afin de couper l'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes via des ordres à manque.

Les contacteurs des tableaux LAK/LAN permettent de réaliser l'AAR dont l'ordre a été initié [1].

L'AAR est assuré par la chute des 89 grappes dans le cœur du réacteur afin d'assurer l'apport d'anti-réactivité pour garantir la sous-criticité du cœur lors de tous les accidents initiés à puissance non nulle. L'AAR est réalisé par la coupure de l'alimentation du mécanisme de commande de grappes, ainsi les grappes non sont plus maintenues et chutent dans le cœur du réacteur.

En cas de perte de l'alimentation des tableaux LAK/L/M/N, les grappes de contrôle chutent par gravité.

Par ailleurs, en cas de perte totale d'eau alimentaire des générateurs de vapeur, un ordre de chute des grappes anticipée est élaboré au RCSL et envoyé vers l'électronique des circuits de contrôle des grappes. Cet ordre ne coupe pas l'alimentation du mécanisme de commande des grappes, il est envoyé aux unités de contrôle de sous-groupes qui permettent de faire chuter les grappes.

### 2.3.3. BASES DE CONCEPTION

#### 2.3.3.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT

Le système d'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes contient les équipements électriques permettant la distribution du 220 Vcc.

#### 2.3.3.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT

Les matériels alimentés par le système d'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes sont dimensionnés pour pouvoir fonctionner dans les domaines normaux et exceptionnels en tension et fréquence et doivent conserver leur intégrité dans les domaines normaux, exceptionnels et accidentels en tension, conformément au cahier de données de projet complétant le RCC-E.

Les temps d'ouverture des disjoncteurs, des contacteurs et des circuits de contrôle des grappes doivent permettre de respecter le critère de temps de chute des grappes définis au sous-chapitre 5.3.

### 2.3.4. DESCRIPTION – FONCTIONNEMENT

#### 2.3.4.1. DESCRIPTION

##### 2.3.4.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME

Le système d'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes est constitué de deux parties :

- Alimentation

Les tableaux [1] de l'îlot conventionnel alimentent respectivement les tableaux LAL/M de l'îlot nucléaire via quatre disjoncteurs d'AAR (deux disjoncteurs [1]). Les tableaux [1] sont interconnectés via deux sectionneurs et les tableaux [1] sont respectivement alimentés depuis les tableaux [1].

- Distribution



#### 2.3.4.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX



#### 2.3.4.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES

La séparation physique des équipements répartis entre les 2 divisions pour l'îlot nucléaire (en terme d'installation) garantit la protection contre les risques de défaillances de cause commune.

#### 2.3.4.2. FONCTIONNEMENT

##### 2.3.4.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE

Lorsque le réacteur est en puissance, les contacteurs d'AAR sont fermés, les disjoncteurs d'AAR sont fermés et les sectionneurs d'interconnexion LAL-LAM sont fermés.

##### 2.3.4.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME

Lorsque le réacteur est en puissance, les contacteurs d'AAR sont fermés, les disjoncteurs d'AAR sont fermés et les sectionneurs d'interconnexion LAL-LAM sont fermés.

##### 2.3.4.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE

L'arrêt automatique du réacteur initié par le système de protection du réacteur est réalisé en ouvrant :



En cas d'arrêt automatique du réacteur, les disjoncteurs en amont des distributions LAL et LAM et les contacteurs reçoivent un ordre d'ouverture ce qui provoque la chute gravitaire des grappes par manque de tension des bobines de maintien.

En cas de transitoire sur le réseau (défaut réseau éliminé), les batteries de l'îlot conventionnel permettent de maintenir la tension d'alimentation des mécanismes des grappes qui ne chutent donc pas.

##### 2.3.4.2.4. AUTRES RÉGIMES DE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME

###### 2.3.4.2.4.1. DÉFAILLANCE PARTIELLE OU TOTALE DU SYSTÈME ÉLÉMENTAIRE

Les différents cas de défaillance partielle ou totale du système élémentaire sont :

- court-circuit jeu de barres : action des protections en amont des jeux de barres 220 Vcc. Arrêt automatique du réacteur par chute gravitaire des grappes,
- court-circuit dans un groupe : fusion du fusible en amont du groupe. Chute des grappes alimentées par ce groupe,
- perte totale d'un système : la perte totale d'un système provoque l'arrêt automatique du réacteur par chute gravitaire des grappes conséquence du manque de tension pour l'alimentation des bobines de maintien,
- exigences dues à l'application du critère de défaillance unique : la fonction de chute des grappes est réalisée par une logique de vote qui tient compte du risque de défaillance unique et des principes de maintenance en fonctionnement.

###### 2.3.4.2.4.2. FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME ÉLÉMENTAIRE EN CAS DE DÉFAILLANCE D'UN SYSTÈME ÉLÉMENTAIRE SERVEUR OU SERVI

###### **1) DÉFAILLANCE D'UN SYSTÈME ÉLÉMENTAIRE SERVEUR**

La perte d'une alimentation (chargeur et batterie) 220 Vcc de l'îlot conventionnel sur les deux n'a pas d'influence sur l'alimentation des mécanismes de commande de grappes.

La perte des deux alimentations (chargeurs et batteries 220 Vcc) de l'îlot conventionnel entraîne l'arrêt automatique du réacteur par chute gravitaire des grappes.

## **2) DÉFAILLANCE D'UN DES SYSTÈMES ÉLÉMENTAIRES SERVIS**

Une défaillance du système RGL n'a pas de répercussion sur le fonctionnement du système.

### **2.3.5. ANALYSE DE SÛRETÉ**

#### **2.3.5.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION**

Le système d'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes 220 Vcc est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

#### **2.3.5.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS**

##### **2.3.5.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ**

Sans objet.

##### **2.3.5.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE**

Sans objet.

##### **2.3.5.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES**

Sans objet.

##### **2.3.5.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ**

Le temps d'accomplissement de cette fonction est cohérent avec le délai total pour démarrer la chute des grappes fourni dans le tableau 15.1 TAB 11 et le temps de chute des grappes relatif à l'AAR fourni dans le tableau 15.1 TAB 8.

#### **2.3.5.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION**

##### **2.3.5.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ**

###### **2.3.5.3.1.1. CLASSEMENT DE SÛRETÉ**

Les classements des équipements de l'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

###### **2.3.5.3.1.2. CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE (ACTIVE ET PASSIVE)**

La conception de l'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes est conforme à l'exigence de robustesse au critère de défaillance unique active énoncée au [§ 2.3.1.3.1.2.](#) de part l'architecture retenue au niveau des disjoncteurs d'AAR, des contacteurs d'AAR et dans les circuits de contrôle des grappes.

###### **2.3.5.3.1.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS**

La conception de la distribution électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N est conforme à l'exigence de secours électrique énoncée au [§ 2.3.1.3.](#)

Les tableaux 220 Vcc LAL/M sont alimentés en permanence par les tableaux LAV/W situés en îlot conventionnel via  disjoncteurs d'AAR ().

###### **2.3.5.3.1.4. QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES**

Les équipements de la distribution électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

**2.3.5.3.1.5. CLASSEMENT ESPN, MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, CONTRÔLE-COMMANDE ET SISMIQUE**

La conformité des classements électrique, contrôle commande et sismique des équipements de la distribution électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au § 2.3.1.3. est détaillée dans la section 3.2.2.

**2.3.5.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES****2.3.5.3.2.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES****1) TEXTES OFFICIELS**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N n'est pas concernée par un texte officiel spécifique.

**2) PRESCRIPTIONS TECHNIQUES**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N n'est pas concernée par des exigences issues des prescriptions techniques.

**3) RÉGLEMENTATIONS INTERNATIONALES**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N n'est pas concernée par une réglementation internationale spécifique.

**2.3.5.3.2.2. TEXTES PARA-RÉGLEMENTAIRES****1) RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ**

La qualification des matériels permet de démontrer que les exigences de la RFS IV-2B sont satisfaites par l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes de l'îlot nucléaire.

**2) DIRECTIVES TECHNIQUES**

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables à la distribution électrique des mécanismes de commande des grappes, listées au paragraphe "Directives techniques" du § 2.3.1.3.2.2., est assurée par :

- § A 2.2 « Redondance et diversification dans les systèmes de sûreté » :  
Les dispositions de redondance décrites au § 2.3.5.3.1.2., les dispositions de secours des sources décrites au § 2.3.5.3.1.3. assurent la conformité de la distribution électrique des mécanismes de commande des grappes aux exigences de redondance et de diversification.
- § B 2.2.1 « Qualification de matériel électrique » :  
La qualification des matériels permet de démontrer que les exigences des directives techniques sont satisfaites par la distribution électrique des mécanismes de commande des grappes. Le sous-chapitre 3.7 justifie la conformité de la distribution électrique des mécanismes de commande des grappes aux exigences de qualification de matériel électrique.
- § B 2.4.1 « Rôle de fonction support de l'alimentation électrique » :  
La mise en place de quatre diesels principaux identiques, complétés par deux petits diesels tel que décrit dans la section 9.5.2 permet d'assurer le rôle de fonction support de l'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes.
- § C 2.1 « Critère de défaillance unique et maintenance préventive » :  
Les dispositions de redondance décrites au § 2.3.5.3.1.2. permettent de satisfaire au critère de défaillance unique et maintenance préventive y compris lors du cas particulier de mise en place des interconnexions.
- § C 2.2 « Etude probabiliste de sûreté et diversification » :  
Les dispositions de redondance décrites au § 2.3.5.3.1.2., les dispositions de diversification des sources décrites au § 2.3.5.3.1.3. satisfont les études probabilistes décrites au chapitre 18.

- § F.2.2.1 « Séismes » :

Les dispositions décrites au § 2.3.5.3.1.5. permettent de justifier la conformité au classement sismique des équipements de la distribution électrique des mécanismes de commande des grappes.

### **3) TEXTES EPR SPÉCIFIQUES**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes des systèmes LAK/L/M/N respecte le cahier des données de projet qui complète le RCC-E.

#### **2.3.5.3.3. AGRESSIONS**

##### **2.3.5.3.3.1. AGRESSIONS INTERNES**

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

##### **2.3.5.3.3.2. AGRESSIONS EXTERNES**

La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

##### **2.3.5.3.4. DIVERSIFICATION**

La diversification est assurée d'une part par la présence d'organes de coupure de technologie différente (disjoncteur/contacteur/RodPilots) et d'autre part par une diversification des signaux de commande.

L'ouverture des disjoncteurs d'AAR présents dans les tableaux LAL et LAM permet de provoquer la chute des grappes d'arrêt activée sur signal d'AAR RPR (F1A), (automatique ou ) via les commandes PIPO (F1A) ou sur un signal diversifié au SAS (F2).

L'ouverture des contacteurs des tableaux LAK et LAN permet de provoquer la chute des grappes d'arrêt activée sur signal d'AAR RPR (F1A) ou signal manuel PIPO (F1A) émanant de chacune des divisions du PS (4 modules contacteurs).

La coupure des RodPilots des tableaux LAK et LAN permet de provoquer la chute des grappes d'arrêt activée sur signal F2.

##### **2.3.5.3.5. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes est accessible aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme. Afin de contrôler les comportements requis de certains composants (transformateur et disjoncteur diesel, cellules de mesure...), la maintenance sera traitée conformément à la documentation de la procédure de maintenance (Guides d'Exploitation et d'Entretien, documents du fabricant...).

##### **2.3.5.3.6. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ**

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

#### **2.3.5.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE**

##### **2.3.5.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères fonctionnels suivants : bon réglage des valeurs électriques, bon interfaçage des signaux entre le PAS et le circuit de contrôle des grappes et entre le SAS et les contacteurs principaux, bon fonctionnement des mécanismes de commande de grappes.

##### **2.3.5.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION**

L'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes est sollicitée en fonctionnement normal de la tranche ce qui permet une surveillance fonctionnelle de ses caractéristiques sollicitées

dans ce cadre notamment via les comptes-rendus des disjoncteurs d'AAR, les alarmes contacteurs d'AAR et via les modules de pilotage des grappes.

#### 2.3.5.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES

Les parties classées de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect des critères fonctionnels suivants : bon fonctionnement des organes de coupure et des émissions des ordres d'AAR (auto et manuel) F1A et d'AAR diversifié (F2).

Les disjoncteurs et les contacteurs seront testés pendant les essais du système de protection réacteur par l'envoi d'un signal d'ouverture du système de protection réacteur. Ces tests doivent pouvoir être réalisés tranche en puissance.

Les essais de chute des grappes sont effectués par le système RGL (hors tranche en puissance).

#### 2.3.5.4.4. MAINTENANCE

L'alimentation électrique sans coupure de l'îlot nucléaire fait l'objet d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

### 2.3.6. SCHÉMA DE PRINCIPE

Le schéma de l'alimentation électrique des mécanismes de commande de grappes est présenté en figure [FIG-8.3.3](#).

## 3. DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE NORMALE

### 3.1. EXIGENCES DE SÛRETÉ

#### 3.1.1. FONCTIONS DE SÛRETÉ

##### 3.1.1.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ

La distribution électrique normale de l'îlot nucléaire ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté de contrôle de la réactivité.

##### 3.1.1.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE

La distribution électrique normale de l'îlot nucléaire ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté d'évacuation de la puissance résiduelle.

##### 3.1.1.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

La distribution électrique normale de l'îlot nucléaire ne contribue pas directement à l'accomplissement de la fonction de sûreté de confinement des substances radioactives.

##### 3.1.1.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES AUX FONCTIONS DE SÛRETÉ

La distribution électrique normale des tableaux 10 kV LGF/G/H/I doit être assurée pour des situations hors séisme, hors ambiance dégradée et hors cumul MDTE en tant que fonction support à la fonction « Mise en service de l'aspersion normale du pressuriseur » en assurant l'alimentation des pompes GMPP.

La distribution électrique normale 690 Vac LIF doit être assurée en tant que fonction support aux systèmes DWN (confinement du BAN) et RPE (Limitation des effets d'une inondation dans la BAN et le BTE).

La distribution électrique normale des tableaux 400 Vac LKK/L/M/N, LKP/S et LKU/V/W/X doit être assurée en tant que fonction support aux systèmes DVD, DWL (pour l'isolement de la ventilation normale □ des BAS 1 et 4, isolement préventif de la ventilation □ et BAS 1-4), EVU et PTR.

### 3.1.1.5. CONTRIBUTIONS SPÉCIFIQUES À LA PROTECTION CONTRE LES AGRESSIONS

Le système ne contribue pas spécifiquement à la protection contre les agressions.

### 3.1.1.6. CONTRIBUTIONS À L'ÉLIMINATION PRATIQUE

Le système ne contribue pas directement à l'élimination pratique.

## 3.1.2. CRITÈRES FONCTIONNELS

La distribution électrique normale de l'îlot nucléaire ne contribue pas à l'accomplissement des fonctions fondamentales de sûreté.

### 3.1.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ

Sans objet.

### 3.1.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE

Sans objet.

### 3.1.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES

Sans objet.

### 3.1.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

La distribution électrique des tableaux 10 kV LGF/G/H/I, 690V LIF, 400 V LKK/L/M/N, LKP/S et LKU/V/W/X doit garantir une alimentation électrique avec une qualité de tension et de fréquence suffisante et garantir la sélectivité totale de la distribution.

Pour les tableaux 690 V LIF et 400 V LKK/L/M/N, la puissance du transformateur doit être suffisante pour assurer l'alimentation des consommateurs situés en aval.

## 3.1.3. EXIGENCES RELATIVES À LA CONCEPTION

### 3.1.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ

#### 3.1.3.1.1. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Les parties de la distribution électrique normale jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté doivent faire l'objet d'un classement de sûreté conformément aux règles de classement indiquées à la section 3.2.1.

#### 3.1.3.1.2. CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE (ACTIVE ET PASSIVE)

Les fonctions de la distribution électrique normale classées F2 ne sont pas redevables de l'application du critère de défaillance unique.

#### 3.1.3.1.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS

La distribution électrique normale ne fait pas l'objet d'une exigence d'alimentation électrique secourue.

#### 3.1.3.1.4. SÉPARATION PHYSIQUE / GÉOGRAPHIQUE

Les fonctions classées F2 de la distribution électrique normale ne font pas l'objet d'une exigence de séparation physique ou électrique.

### 3.1.3.1.5. QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

Les équipements classés de la distribution électrique normale doivent être qualifiés en fonction des conditions de fonctionnement et d'ambiance dans lesquelles ils sont sollicités au titre de leur contribution à l'accomplissement des fonctions de sûreté, conformément aux règles du sous-chapitre 3.7.

### 3.1.3.1.6. CLASSEMENT ESPN, MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, CONTRÔLE-COMMANDE ET SISMIQUE

Les équipements de la distribution électrique normale redevables d'un classement électrique, contrôle-commande et sismique doivent être classés conformément aux règles de classement présentées dans la section 3.2.1.

La distribution électrique normale n'est pas concernée par le classement ESPN ni par le classement mécanique.

### 3.1.3.1.7. INTERFACES ENTRE MATÉRIELS ÉLECTRIQUES DE CLASSES DIFFÉRENTES

En conformité avec le paragraphe D7530 du RCC-E, lorsqu'il existe des interfaces entre matériels électriques de classes différentes, les matériels en interface sont conçus de telle façon que toute défaillance affectant un matériel de classe inférieure ne puisse se propager et affecter un matériel de classe supérieure. De plus, le matériel réalisant l'isolation entre les deux matériels de classes différentes appartient à la classe la plus haute.

## 3.1.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

### 3.1.3.2.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES

#### 3.1.3.2.1.1. TEXTES OFFICIELS

La distribution électrique normale n'est pas concernée par un texte officiel spécifique.

#### 3.1.3.2.1.2. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

La distribution électrique normale n'est pas concernée par des exigences issues des prescriptions techniques.

#### 3.1.3.2.1.3. RÉGLEMENTATIONS INTERNATIONALES

La distribution électrique normale n'est pas concernée par une réglementation internationale spécifique.

### 3.1.3.2.2. TEXTES PARA-RÉGLEMENTAIRES

#### 3.1.3.2.2.1. RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ

La distribution électrique normale n'est pas concernée par une règle fondamentale de sûreté.

#### 3.1.3.2.2.2. DIRECTIVES TECHNIQUES

L'exigence suivante des directives techniques doit être prise en compte dans la conception et la réalisation de la distribution électrique normale de l'îlot nucléaire :

- § B 2.2.1 « Qualification de matériel électrique » : la qualification doit être obtenue en testant un ou plusieurs échantillons de ces équipements par une séquence de tests représentatifs conventionnels ou par une démonstration claire de la capacité de ces équipements à fonctionner dans des conditions définies, par exemple par analogie avec d'autres équipements (cf sous-chapitre 3.7). Une combinaison des deux méthodes peut aussi être utilisée. Le retour d'expérience peut aussi être considéré.

#### 3.1.3.2.3. TEXTES EPR SPÉCIFIQUES

La distribution électrique normale doit respecter le cahier des données de projet qui complète le RCC-E.

### 3.1.3.3. AGRESSIONS

#### 3.1.3.3.1. AGRESSIONS INTERNES

La distribution électrique normale ne fait pas l'objet d'exigences de protection vis-à-vis des agressions internes conformément au sous-chapitre 3.4.

#### 3.1.3.3.2. AGRESSIONS EXTERNES

La distribution électrique normale ne fait pas l'objet d'exigences de protection vis-à-vis des agressions externes conformément au sous-chapitre 3.3.

### 3.1.3.4. DIVERSIFICATION

La distribution électrique normale ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

### 3.1.3.5. EXIGENCES LIÉES AU FONCTIONNEMENT, À LA MAINTENANCE ET À L'ACCESSIBILITÉ LONG TERME

La distribution électrique normale doit être accessible aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme.

## 3.1.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

### 3.1.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE

La distribution électrique normale doit être conçue pour permettre la réalisation d'essais de démarrage permettant de s'assurer de sa conception adéquate et de ses performances, et notamment du respect des critères fonctionnels qui lui sont assignés au [§ 3.1.2.](#)

### 3.1.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION

La distribution électrique normale doit être conçue pour permettre une surveillance en exploitation normale des caractéristiques du système nécessaires à l'accomplissement de ses missions de sûreté afin d'assurer le bon comportement de ses composants et leur disponibilité en fonctionnement normal, incidentel et accidentel.

### 3.1.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES

Les parties classées de la distribution électrique normale doivent être conçues pour permettre la réalisation d'essais périodiques conformément aux règles définies dans le chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation.

### 3.1.4.4. MAINTENANCE

La distribution électrique normale doit être conçue pour permettre la mise en œuvre d'un programme de maintenance conformément au chapitre VIII des RGE.

## 3.2. RÔLE DU SYSTÈME

La distribution électrique normale assure les fonctions opérationnelles suivantes dans les différentes conditions de fonctionnement de l'installation dans lesquelles elle est sollicitée :

### 3.2.1. RÔLE DU SYSTÈME PENDANT L'EXPLOITATION NORMALE DE LA TRANCHE

La distribution électrique normale doit alimenter les consommateurs opérationnels de l'îlot nucléaire non secourus dans les limites statique et dynamique de tension et de fréquence admissibles.

Les interconnexions bidirectionnelles entre LKP et LKQ, LKR et LKS permettent d'assurer l'alimentation normale de matériels nécessaires à la maintenance lorsque ceux-ci ne sont plus

alimentés par leur tableau normal amont, comme l'éclairage normal, les prises de courant, des palans et des ponts, les pompes de drainage et la ventilation des locaux électriques.

### **3.2.2. RÔLE DU SYSTÈME DANS LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT PCC-2 À PCC-4, RRC-A, EN ACCIDENT GRAVE ET SITUATIONS D'AGRESSIONS**

La distribution 10KV normal LGF/G/H/I participe à la fonction « Mise en service de l'aspersion normale du pressuriseur » en assurant l'alimentation électrique des pompes GMPP. Cette fonction « Mise en service de l'aspersion normale du pressuriseur » est requise pour assurer une dépressurisation sûre du circuit primaire jusqu'aux conditions de connexion du RIS-RA en PCC-2, pour des situations hors séisme, hors ambiance dégradée et hors cumul MDTE.

La distribution 690V normal LIF participe à la fonction de confinement du BAN et à la limitation des effets d'une inondation dans le BAN et le BTE suite à un séisme.

La distribution 400V normal LKKLMN, LKP/S et LKUVWX participe aux fonctions DVD, DWL, EVU et PTR.

### **3.3. BASES DE CONCEPTION**

#### **3.3.1. HYPOTHÈSES GÉNÉRALES DE FONCTIONNEMENT**

La distribution électrique normale contient tous les équipements permettant l'alimentation électrique des actionneurs non secourus de l'îlot nucléaire.

#### **3.3.2. HYPOTHÈSES DE DIMENSIONNEMENT**

La partie classée de la distribution électrique normale doit garantir en exploitation normale une tension sur le jeu de barres de plus ou moins  $\pm$ % de la tension de référence correspondant aux intervalles listées ci-dessous en accord avec les régimes de fonctionnement définis dans le RCC-E (cf. §D2310) complété du cahier des données de projet (cf. §C2133 et §D2314) :

- pour les tableaux 10 kV LGF/G/H/I : [ $\pm$  V ;  $\pm$  V],
- pour le tableau 690 V LIF : [ $\pm$  V ;  $\pm$  V],
- pour les tableaux 400 V LKK/L/M/N, LKP/S, LKU/V/W/X : [ $\pm$  V ;  $\pm$  V].

La fréquence de la tension sur le jeu de barre des tableaux de la distribution électrique normale est fixée par le réseau électrique français et fait l'objet d'une surveillance en exploitation. L'intervalle de fréquence retenu en exploitation normale pour le dimensionnement est [ $\pm$  Hz ;  $\pm$  Hz] en accord avec les régimes de fonctionnement définis dans le RCC-E (cf. §D2310) complété du cahier des données de projet (cf. §C2133 et §D2314).

La distribution électrique normale doit garantir la sélectivité totale des protections en accord avec le §C2320 du RCC-E. Les réglages des seuils de protection permettant de satisfaire cette sélectivité sont définis dans la note de sélectivité et dépendent notamment du calcul des courants de court-circuit. Ces courants de court-circuit sont calculés selon la norme CEI 60909-0 de 2011 et sont présentés dans la note de calcul des courants de court-circuit.

Le bilan de puissance des tableaux de la distribution électrique normale doit permettre de s'assurer du bon fonctionnement des matériels électriques. Le bilan de puissance enveloppe associé à un matériel électrique est la valeur la plus élevée des bilans de puissance associés à chaque scénario applicable au matériel concerné et prend en compte les configurations possibles liées aux interconnexions.

La note d'étude des transitoires électriques permet de valider le dimensionnement et le fonctionnement d'ensemble des matériels composant le schéma de distribution électrique de l'EPR qui doivent réagir correctement aux régimes transitoires conformément aux règles de conception définies dans le RRC-E et à la réglementation liée au raccordement d'une tranche sur le réseau (arrêté de raccordement).

### **3.4. DESCRIPTION - FONCTIONNEMENT**

#### **3.4.1. DESCRIPTION**

##### **3.4.1.1. DESCRIPTION GÉNÉRALE DU SYSTÈME**

La distribution électrique normale contient dans chaque division les équipements suivants :

- une distribution 10 kV normale qui alimente un groupe motopompe primaire et un groupe DER en division 1 et 4,
- dans les divisions 1 et 4, une distribution 690 V normale alimentée par la distribution 10 kV normale de l'îlot conventionnel via un transformateur pour l'alimentation des actionneurs non secourus de puissance qui ne dépasse pas 1 kW,
- une distribution 400 V normale alimentée par la distribution 10 kV normale de l'îlot nucléaire via un transformateur pour l'alimentation d'actionneurs opérationnels et des chaufferettes pressuriseur non secourues,
- une sous-distribution 400 V normale pour l'éclairage normal et d'autres consommateurs nécessaires pendant les opérations de maintenance.

La distribution électrique normale de l'îlot nucléaire est alimentée par la distribution électrique normale de l'îlot conventionnel, les appareils de coupure sont installés dans l'îlot conventionnel et à l'arrivée du tableau de l'îlot nucléaire.

Les distributions BT sont alimentées via contacteur fusible au niveau 10 kV qui assure les fonctions de protections électriques en cas de défaut sur le jeu de barres BT.

Les transformateurs BT de type sec sont directement raccordés aux jeux de barres BT.

##### **3.4.1.2. DESCRIPTION DES MATÉRIELS PRINCIPAUX**

Les tableaux sont identiques à ceux classés. Ils sont conçus en technique protégée sous enveloppe métallique avec des équipements débroschables. Ils sont équipés d'un dispositif de mise à la terre et d'une cellule de mesure de la tension.

Chaque cellule débroschable peut prendre trois positions : embroschée, en test ou débroschée.

Chaque armoire est séparée en compartiments distincts pour le raccordement des câbles, l'appareil de coupure, le jeu de barres et le contrôle-commande.

Les cellules constituant les tableaux et sous tableaux sont :

- la cellule potentielle qui comprend l'appareillage de surveillance et de mesure de la tension du tableau,
- les cellules du type disjoncteur interrupteur à commande électrique qui peuvent être utilisées comme cellules d'arrivée ou départ d'un tableau.

##### **3.4.1.2.1. TRANSFORMATEURS**

Les différents niveaux de tension des tableaux BT sont créés à l'aide de transformateurs 10 kV/420 V ou 10 kV/720 V de type sec. La température de chaque phase est surveillée à l'aide de sondes de température.

##### **3.4.1.3. DESCRIPTION DES DISPOSITIONS D'INSTALLATIONS PRINCIPALES**

La séparation physique des équipements répartis entre les quatre divisions pour l'îlot nucléaire n'est pas requise.

### **3.4.2. FONCTIONNEMENT**

#### **3.4.2.1. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME NORMAL DE LA TRANCHE**

L'alimentation du réseau électrique de la tranche et sa qualité (tension, fréquence) est assurée via les TS et les régleurs en charge par un soutirage sur la ligne d'évacuation d'énergie, alimentée en puissance par l'alternateur et en démarrage/arrêt par la source externe principale (réseau RTE).

#### **3.4.2.2. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME PERMANENT DU SYSTÈME**

La distribution électrique normale fonctionne en permanence sauf en cas de pertes des alimentations externes (perte des TS et du TA) ou en cas de maintenance.

#### **3.4.2.3. FONCTIONNEMENT EN RÉGIME TRANSITOIRE**

La source externe principale est constituée du réseau d'évacuation d'énergie seul lorsque le groupe turboalternateur n'est pas couplé, ou de l'ensemble turboalternateur – réseau d'évacuation d'énergie lorsque le groupe turboalternateur est couplé au réseau. Cette source alimente les auxiliaires de la centrale à travers de deux transformateurs dits « de soutirage » (TS). La puissance totale de ces derniers est telle qu'ils puissent alimenter l'ensemble des auxiliaires susceptibles de fonctionner simultanément, quelles que soient les conditions de fonctionnement de la tranche.

En outre, le groupe turboalternateur, découplé du réseau d'évacuation d'énergie, peut alimenter seul les auxiliaires de la tranche, à travers des transformateurs de soutirage, la tranche étant en fonctionnement : cette situation correspond à l'îlotage de la tranche.

La source externe auxiliaire permet d'alimenter certains auxiliaires de la tranche lorsque la source principale n'est pas disponible. Elle fait appel à un « réseau auxiliaire », distinct et aussi indépendant que possible du réseau d'évacuation d'énergie. Le transformateur qui alimente les auxiliaires à partir de ce réseau auxiliaire est appelé « transformateur auxiliaire » (TA). Sa puissance est telle qu'il puisse alimenter les auxiliaires dits « permanents », c'est-à-dire les auxiliaires nécessaires pour amener la tranche en état d'arrêt sûr, à l'exclusion des auxiliaires nécessaires à la seule production d'énergie.

La sûreté de la tranche exige que certains matériels restent alimentés même en cas d'indisponibilité des sources. Ces matériels dits « secours » bénéficient donc, outre ces sources, d'une source de secours interne à la tranche. Cette source est constituée de groupes électrogènes, dont le nombre est égal à celui des divisions de la tranche.

### **3.5. ANALYSE DE SÛRETÉ**

#### **3.5.1. CONFORMITÉ À LA RÉGLEMENTATION**

La distribution électrique normale de l'îlot nucléaire est conforme à la réglementation générale en vigueur (voir sous-chapitre 1.7) et ne fait pas l'objet de dérogations particulières.

#### **3.5.2. RESPECT DES CRITÈRES FONCTIONNELS**

##### **3.5.2.1. CONTRÔLE DE LA RÉACTIVITÉ**

Sans objet.

##### **3.5.2.2. ÉVACUATION DE LA PUISSANCE RÉSIDUELLE**

Sans objet.

##### **3.5.2.3. CONFINEMENT DES SUBSTANCES RADIOACTIVES**

Sans objet.

### 3.5.2.4. CONTRIBUTIONS INDIRECTES À L'ACCOMPLISSEMENT DES FONCTIONS DE SÛRETÉ

Les bilans de puissance des tableaux de l'îlot nucléaire démontrent que les hypothèses de dimensionnement de la distribution électrique normale présentées au § 3.3.2. sont cohérentes et comprennent des marges avec celles des systèmes servis correspondants (cf. paragraphe 2.2. des chapitres systèmes concernés).

### 3.5.3. CONFORMITÉ AUX EXIGENCES DE CONCEPTION

#### 3.5.3.1. EXIGENCES ISSUES DU CLASSEMENT DE SÛRETÉ

##### 3.5.3.1.1. CLASSEMENT DE SÛRETÉ

Les classements des équipements de l'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté sont présentés dans la section 3.2.2.

##### 3.5.3.1.2. CRITÈRE DE DÉFAILLANCE UNIQUE (ACTIVE ET PASSIVE)

Compte tenu de son classement F2, la partie classée de la distribution électrique normale n'est pas redevable de l'application du critère de défaillance unique.

##### 3.5.3.1.3. ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE SECOURS

La distribution électrique normale ne fait pas l'objet d'une exigence d'alimentation électrique secourue.

##### 3.5.3.1.4. SÉPARATION PHYSIQUE / GÉOGRAPHIQUE

Les fonctions classées F2 de la distribution électrique normale ne font pas l'objet d'une exigence de séparation physique ou électrique.

La distribution électrique normale bénéficie d'une séparation physique des équipements répartis entre les quatre divisions pour l'îlot nucléaire qui garantit la protection contre les risques de défaillances de cause commune.

##### 3.5.3.1.5. QUALIFICATION AUX CONDITIONS ACCIDENTELLES

Les équipements classés F2 de la distribution électrique normale relevant d'une qualification aux conditions accidentelles sont présentés dans la section 3.7.1.1.2.

##### 3.5.3.1.6. CLASSEMENT ESPN, MÉCANIQUE, ÉLECTRIQUE, CONTRÔLE-COMMANDE ET SISMIQUE

La conformité des classements électrique, contrôle commande et sismique des équipements de la distribution électrique normale jouant un rôle vis-à-vis de la sûreté aux exigences énoncées au § 3.1.3. est détaillée dans la section 3.2.2.

#### 3.5.3.2. EXIGENCES RÉGLEMENTAIRES

##### 3.5.3.2.1. TEXTES RÉGLEMENTAIRES

La conformité aux textes réglementaires est portée de manière générale par la section 1.7.1 du Rapport de Sûreté.

###### 3.5.3.2.1.1. TEXTES OFFICIELS

La distribution électrique normale n'est pas concernée par un texte officiel spécifique.

###### 3.5.3.2.1.2. PRESCRIPTIONS TECHNIQUES

La distribution électrique normale n'est pas concernée par des exigences issues des prescriptions techniques.

###### 3.5.3.2.1.3. RÉGLEMENTATIONS INTERNATIONALES

La distribution électrique normale n'est pas concernée par une réglementation internationale spécifique.

### 3.5.3.2.2. TEXTES PARA-RÉGLEMENTAIRES

#### 3.5.3.2.2.1. RÈGLES FONDAMENTALES DE SÛRETÉ

La distribution électrique normale n'est pas concernée par une règle fondamentale de sûreté.

#### 3.5.3.2.2.2. DIRECTIVES TECHNIQUES

La conformité aux directives techniques spécifiquement applicables à la distribution électrique normale, listées au [§ 3.1.3.2.2.2.](#), est assurée par :

- § B 2.2.1 « Qualification de matériel électrique » :  
La qualification des matériels permet de démontrer que les exigences des directives techniques sont satisfaites par la distribution électrique normale. Le sous-chapitre 3.7 justifie la conformité de la distribution électrique normale aux exigences de qualification de matériel électrique.

### 3.5.3.2.3. TEXTES EPR SPÉCIFIQUES

La distribution électrique normale respecte le cahier des données de projet qui complète le RCC-E.

### 3.5.3.3. AGRESSIONS

#### 3.5.3.3.1. AGRESSIONS INTERNES

La conception de la distribution électrique normale ne fait pas l'objet d'exigences de protection vis-à-vis des agressions internes. Cependant, le matériel et son installation bénéficie des mêmes dispositifs de protection contre les agressions internes que la distribution secourue. La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions internes relève du sous-chapitre 3.4.

#### 3.5.3.3.2. AGRESSIONS EXTERNES

La conception de la distribution électrique normale ne fait pas l'objet d'exigences de protection vis-à-vis des agressions externes. Cependant, le matériel et son installation bénéficie des mêmes dispositifs de protection contre les agressions externes que la distribution secourue. La démonstration de la robustesse de l'installation aux agressions externes relève du sous-chapitre 3.3.

Toutefois la distribution électrique normale dépend des alimentations externes de site qui elles ne sont pas protégées.

### 3.5.3.4. DIVERSIFICATION

La distribution électrique normale ne fait pas l'objet d'une exigence de diversification.

### 3.5.3.5. FONCTIONNEMENT, MAINTENANCE ET ACCESSIBILITÉ LONG TERME

La distribution électrique normale est accessible aux opérateurs pour la maintenance et la réparation des matériels à long terme. Afin de contrôler les comportements requis de certains composants (transformateur et disjoncteur diesel, cellules de mesure...), la maintenance sera traitée conformément à la documentation de la procédure de maintenance (Guides d'Exploitation et d'Entretien, documents du fabricant...).

### 3.5.3.6. SYSTÈME TEL QUE RÉALISÉ

A ce stade de la fabrication, de l'installation et du déroulement des essais, aucun écart n'impacte les requis de sûreté spécifiés dans le Rapport de Sûreté.

## 3.5.4. ESSAIS, SURVEILLANCE EN EXPLOITATION ET MAINTENANCE

### 3.5.4.1. ESSAIS DE DÉMARRAGE

La distribution électrique normale fait l'objet d'un programme d'essais de démarrage conformément aux modalités présentées au chapitre 14 permettant notamment de vérifier le respect des critères suivants :

- tension sur le jeu de barre sur l'ensemble des tableaux,
- bon réglage des seuils des équipements de protection sur l'ensemble des départs.

#### **3.5.4.2. SURVEILLANCE EN EXPLOITATION**

La distribution électrique normale est sollicitée en fonctionnement normal de la tranche ce qui permet une surveillance fonctionnelle de ses caractéristiques sollicitées dans ce cadre notamment la tension et la fréquence sur le jeu de barres au travers de la cellule potentiel.

#### **3.5.4.3. ESSAIS PÉRIODIQUES**

Les parties classées de la distribution électrique normale font l'objet d'essais périodiques conformément au chapitre IX des Règles Générales d'Exploitation permettant notamment de vérifier le respect du critère fonctionnel suivant :

- tension sur le jeu de barre sur les tableaux 10 kV LGF/G/H/I, 690 Vca LIF, 400 Vca LKK/L/M/N, LKP/S et LKU/V/W/X.

#### **3.5.4.4. MAINTENANCE**

La distribution électrique normale fait l'objet d'un programme de maintenance conformément aux exigences du chapitre VIII des RGE.

### **3.6. SCHÉMA DE PRINCIPE**

Le schéma général de la distribution électrique est présenté dans la figure [FIG-8.3.1](#).

**FIG-8.3.1 SCHÉMA UNIFILAIRE**

**FIG-8.3.2 SCHÉMA UNIFILAIRE SIMPLIFIÉ DES DIVISIONS 1 ET 2 AVEC ALIMENTATION DU CONTRÔLE-COMMANDE ET INTERCONNEXIONS ÉLECTRIQUES**

□

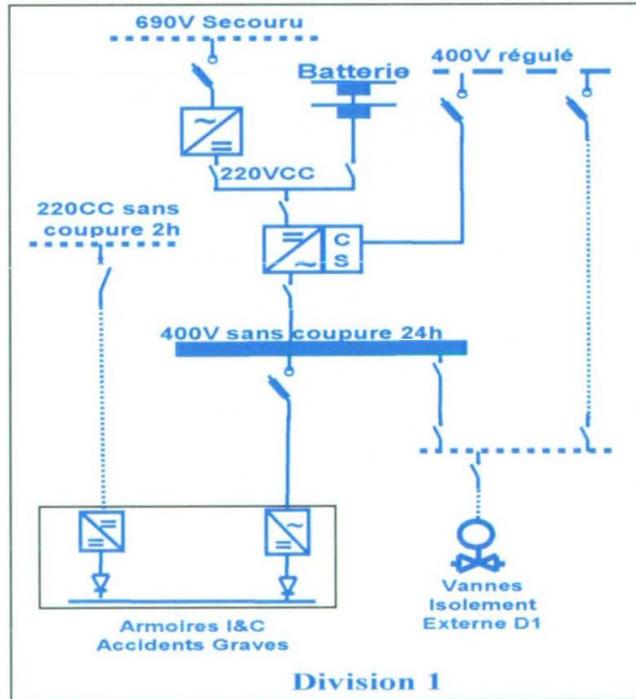
**FIG-8.3.3 ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DES MÉCANISMES DE COMMANDE DES GRAPPES**

□

**FIG-8.3.4 CONCEPT D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE DE  
L'ISOLEMENT ENCEINTE**



**FIG-8.3.5 SCHÉMA UNIFILAIRE SIMPLIFIÉ DE LA DIVISION 1 DE L'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE SANS COUPURE DÉDIÉ ACCIDENT GRAVE 400 V**



**FIG-8.3.6 STRUCTURE DU SCHÉMA ÉLECTRIQUE UNIFILAIRE  
D'UNE TRANCHE EPR**



## SOMMAIRE

<b>.8.4 PRINCIPES SPÉCIFIQUES . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>1. PRINCIPES DE CÂBLAGE . . . . .</b>	<b>3</b>
1.1. INTRODUCTION . . . . .	3
1.2. PRINCIPES DE CÂBLAGE, CHEMINS DE CÂBLES PRINCIPAUX . 3	
1.2.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CÂBLAGE . . . . .	3
1.2.2. PRINCIPE DE CÂBLAGE DES CÂBLES DE CONTRÔLE - COMMANDE . . . . .	3
1.3. CRITÈRES DE SÉPARATION ENTRE LES CHEMINS DE CÂBLES . 4	
1.3.1. GÉNÉRALITÉS . . . . .	4
1.3.2. INSTALLATION DES CÂBLES D'INTERCONNEXION . . . . .	4
1.3.3. INSTALLATION ET SÉPARATION À PROXIMITÉ DE LA SALLE DE COMMANDE PRINCIPALE . . . . .	4
1.3.4. EXIGENCES CONCERNANT LE CÂBLAGE DES RÉSEAUX . . 5	
1.3.5. SÉPARATION DES CÂBLES DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL ET DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE . . . . .	5
1.4. RÉALISATION DES CHEMINS DE CÂBLES . . . . .	5
<b>2. SYSTÈME DE MISE À LA TERRE ET DE PROTECTION CONTRE LA   FOUDRE . . . . .</b>	<b>7</b>
2.1. MISSION DU SYSTÈME . . . . .	7
2.2. LIMITE DU SYSTÈME . . . . .	7
2.2.1. DESCRIPTION DU SYSTÈME . . . . .	7
2.2.2. CLASSEMENT DU SYSTÈME . . . . .	9
<b>3. MESURES DE PROTECTION ÉLECTRIQUE . . . . .</b>	<b>9</b>
3.1. RÉGIME DE NEUTRE EN HTA ET BT . . . . .	9
3.2. PROTECTIONS ÉLECTRIQUES . . . . .	10



**RAPPORT DE SURETE**

**— DE FLAMANVILLE 3 —**

**Version Publique**

Edition DEMANDE DE MISE EN SERVICE

CHAPITRE 8

SECTION 4

PAGE 2/11

CENTRALES NUCLÉAIRES

Palier EPR

**FIGURES :**

**FIG-8.4.1 PRINCIPAUX CHEMINS DE CÂBLES ..... 11**

## **.8.4 PRINCIPES SPÉCIFIQUES**

### **1. PRINCIPES DE CÂBLAGE**

#### **1.1. INTRODUCTION**

Ce chapitre sur les principes de câblage vise à fournir :

- une description générale des principes de câblage,
- les critères de séparation entre les chemins de câbles et les différentes catégories de câbles,
- la description de la réalisation du routage des câbles.

Les principes de câblage sont conformes aux exigences du RCC-E D7000 (voir sous-chapitre 1.6).

#### **1.2. PRINCIPES DE CÂBLAGE, CHEMINS DE CÂBLES PRINCIPAUX**

##### **1.2.1. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE CÂBLAGE**

Les systèmes de distribution électrique de l'Îlot Nucléaire et de l'Îlot Conventionnel sont installés dans des bâtiments distincts, ceux de l'Îlot Conventionnel dans un bâtiment électrique spécifique de l'Îlot Conventionnel, ceux de l'Îlot Nucléaire dans □ des Bâtiments des Auxiliaires de Sauvegarde (BAS) dans les locaux électriques (voir figure [FIG-8.4.1](#)).

Les câbles entre le bâtiment électrique de l'Îlot Conventionnel et les BAS cheminent dans des galeries souterraines.

Les systèmes de distribution électrique de l'Îlot Nucléaire sont principalement situés dans les □ BAS, localement des sous-distributions peuvent se situer dans d'autres bâtiments.

Des entreponts de câblage sont prévus sous les locaux tableaux et les locaux de contrôle-commande dans chaque division des BAS, et sous la salle de commande dans les divisions 2 et 3 (voir sous-chapitre 8.5).

L'implantation des tableaux électriques dans la partie haute des BAS permet de raccourcir les longueurs de câbles entre les tableaux électriques et les actionneurs des systèmes de sauvegarde situés dans □. Les câbles transitent via des entreponts de câblage sur des chemins de câbles horizontaux et verticaux vers les locaux abritant les systèmes. Les câbles à destination du Bâtiment Réacteur cheminent via les entreponts de câblage, l'espace entre-enceintes, les traversées électriques, et les chemins de câbles situés dans les locaux du Bâtiment Réacteur.

Les Bâtiments Diesels sont connectés aux BAS par des galeries souterraines distinctes.

Le Bâtiment des Auxiliaires Nucléaires (BAN) est alimenté par les quatre divisions. Le Bâtiment Combustible (BK) est principalement alimenté par les divisions 1 et 4.

□

Le principe de câblage des alimentations des vannes d'isolement enceinte est illustré à la figure 4 du sous-chapitre 8.3.

##### **1.2.2. PRINCIPE DE CÂBLAGE DES CÂBLES DE CONTRÔLE - COMMANDE**

Les câbles de contrôle-commande suivent les mêmes axes principaux que les câbles de puissance mais sont installés sur des tablettes distinctes.

Les différents systèmes de contrôle-commande requièrent différents types de bus indépendants comme le définit l'architecture du contrôle-commande (voir sous-chapitre 7.2).

En général, les câbles de contrôle ou de mesure sont installés avec les câbles d'alimentation électrique lorsqu'ils arrivent à proximité des capteurs.

### **1.3. CRITÈRES DE SÉPARATION ENTRE LES CHEMINS DE CÂBLES**

#### **1.3.1. GÉNÉRALITÉS**

Le système d'alimentation électrique des auxiliaires de l'Îlot Nucléaire est divisé en un système d'alimentation électrique normal et un système d'alimentation électrique secouru.

Les tableaux électriques secourus et non secourus sont installés dans les mêmes locaux, une séparation physique entre les chemins de câbles alimentant les systèmes non secouru et secourus n'est pas nécessaire. Les câbles classés et les câbles non classés (câbles de puissance ou de contrôle-commande) cheminent sur les mêmes tablettes et aux mêmes entreponts de câblage compte tenu du fait que chacun des câbles de l'Îlot Nucléaire est strictement assigné à un seul train.

L'alimentation électrique des différents trains de sauvegarde est installée dans des divisions distinctes. Cette séparation en divisions garantit une protection contre la propagation d'une défaillance résultant d'une agression interne. Les câbles appartenant à des trains différents sont physiquement séparés les uns des autres. Chaque train électrique est considéré comme étant un volume de feu individuel et est physiquement séparé des trains adjacents par des protections anti-incendie, des murs de protection ou d'autres moyens adaptés. Les espaces utilisés pour les interconnexions entre divisions sont également considérés comme étant des volumes de feu distincts.

Les câbles de différents trains passant à travers des locaux communs sont séparés par des écrans anti-incendie, des murs de protection, une distance suffisante ou des moyens adaptés. Les câbles de différents trains aboutissant dans un même local sont séparés autant que possible avec une analyse au cas par cas. La perte des fonctions réalisées par tous les équipements d'un même local résultant d'un incendie est prise en compte dans la conception des systèmes.

Les câbles non-classés issus d'un chemin de câbles non-classés peuvent chacun cheminer sur un chemin de câbles appartenant à une division différente. Chaque câble non-classé est alors associé à la division de son chemin de câbles. Un câble non-classé associé à une division ne peut cheminer que sur un chemin de câbles appartenant à sa division d'association ou un chemin de câbles non-classés.

Les équipements de contrôle-commande et les tableaux électriques sont installés dans des locaux différents. Leurs câbles suivent les mêmes axes principaux mais sont disposés sur des tablettes différentes (différenciation entre les catégories de câbles, voir [§ 1.4.](#)).

Les câbles des quatre divisions cheminent à travers l'espace entre-enceintes. Les axes horizontaux et verticaux des câbles des différentes divisions sont séparés d'au moins 5 m. Une séparation additionnelle est requise pour les axes verticaux conformément à l'ETC-F.

#### **1.3.2. INSTALLATION DES CÂBLES D'INTERCONNEXION**

Les câbles d'interconnexions entre 2 divisions qui cheminent à travers une troisième doivent répondre aux exigences de séparation entre divisions. Ils sont séparés des câbles de la troisième division. Les exigences de cheminement et les séparations entre les catégories de câbles décrites au [§ 1.4.](#) sont également respectées.

Les câbles de contrôle-commande reliant 2 divisions lorsqu'ils ne sont pas en fibre optique sont équipés de dispositifs d'isolement galvanique, un dans chaque division.

#### **1.3.3. INSTALLATION ET SÉPARATION À PROXIMITÉ DE LA SALLE DE COMMANDE PRINCIPALE**

Le câblage de la salle de commande principale doit être séparé du câblage de la station de repli afin de s'affranchir des agressions internes. Les câbles reliant des systèmes redondants et la salle de commande principale sont séparés (par exemple posés sur des tablettes différentes).

A proximité de l'équipement terminal, les câbles classés de sûreté appartenant à des divisions différentes et / ou de natures électriques (contrôle-mesure ou puissance BT) différentes peuvent cheminer ensemble sur le même chemin de câbles sur un linéaire n'excédant pas 2 mètres. Chaque division et chaque nature électrique est alors séparée par un séparateur en acier mis à la masse.



#### **1.3.4. EXIGENCES CONCERNANT LE CÂBLAGE DES RÉSEAUX**

Les réseaux redondants ou les réseaux en anneau situés dans les entreponts de câblage sont disposés sur des tablettes différentes (voir également sous-chapitre 7.2).

#### **1.3.5. SÉPARATION DES CÂBLES DE L'ÎLOT CONVENTIONNEL ET DE L'ÎLOT NUCLÉAIRE**

Les câbles électriques provenant de l'Îlot Conventionnel sont non-classés de sûreté et sont posés avec les câbles de l'Îlot Nucléaire sur les mêmes tablettes.

Les câbles de contrôle-commande provenant de l'Îlot Conventionnel peuvent cheminer sur les mêmes tablettes que les câbles de l'Îlot Nucléaire. Pour éviter toute perturbation sur les réseaux de l'Îlot Nucléaire, les câbles provenant de l'Îlot Conventionnel sont équipés d'un blindage relié à la terre à l'entrée de chaque bâtiment. Ils sont installés de la manière suivante :

- Les câbles non-classés associés aux divisions 1 et 3 de l'îlot nucléaire sont installés sur les chemins de câbles de sections 1/3 (train E) de l'îlot conventionnel ;
- Les câbles non-classés associés aux divisions 2 et 4 de l'îlot nucléaire sont installés sur les chemins de câbles de sections 2/4 (train F) de l'îlot conventionnel.

#### **1.4. RÉALISATION DES CHEMINS DE CÂBLES**

Les câbles de différents niveaux de tension sont posés sur des tablettes en fonction de leur nature afin d'éviter les interférences électromagnétiques, selon le tableau suivant :

Catégorie	Type de câbles	Nombre de couches
1	Câbles HTA > 1 kV.	Mono-couche ou en trèfle
2	Câbles Basse Tension (< 1 kV) avec une puissance supérieure à 25 kW [typiquement, le réseau 690V].	Mono-couche de préférence, multicouches possible
3	Câbles Basse Tension (< 1 kV) avec une puissance inférieure à 25 kW [typiquement, le réseau 400V] ; Câbles de contrôle fonctionnant sous des tensions supérieures à 60 V ; Câbles des systèmes d'éclairage.	Multicouches sur toute la hauteur de la tablette
4	Câbles de contrôle fonctionnant sous des tensions inférieures à 60 V ; Câbles de mesure ; Câbles de télécommunication ; Bus ; Fibres optiques.	Multicouches sur toute la hauteur de la tablette
5	Câble de mesure de flux neutronique.	Multicouches sur toute la hauteur de la tablette

Des distances minimales entre tablettes supportant des câbles de natures électriques différentes sont prévues conformément au RCCE D7000 (voir sous-chapitre 1.6).

A proximité d'un même équipement, les câbles de contrôle peuvent cheminer avec les câbles puissance BT ou les câbles de mesure de cet équipement sur une même tablette. Les câbles de mesure cheminent dans des goulottes capotées dès lors qu'ils se trouvent à proximité d'un câble BT (moins de 1 m).

A l'intérieur des traversées électriques (fourreaux, carottages...), les câbles de contrôle et de mesure peuvent cheminer avec des câbles de puissance BT sur un linéaire inférieur ou égal à 2 mètres. Les câbles de contrôle et de mesure sont alors séparés par l'intermédiaire d'un séparateur en acier mis à la masse.

Les câbles de catégories 2 et 3 peuvent être posés ensemble sur les tablettes terminales (qui supporte un faible nombre de câbles). A proximité des actionneurs alimentés, des exceptions aux règles précédemment mentionnées sont possibles.

En zone nucléaire contrôlée, les chemins de câbles principaux sont installés dans les locaux à faible débit de dose.

Pour la protection contre les risques électriques, tous les éléments métalliques ou métallisés constituant les chemins de câbles et leurs supportages sont reliés à la terre par un collecteur de masse raccordé aux deux extrémités à la prise de terre du bâtiment. Tous les câbles de contrôle-commande (mesure et contrôle) sont équipés d'un blindage relié à la terre aux deux extrémités.

Dans l'Îlot Nucléaire, les cheminements ne sont parcourus que par des câbles d'un même train. Des dispositifs de protection contre l'incendie sont mis en oeuvre si un cheminement définit une zone de feu (voir ETC-F). En général, les tablettes sont interrompues avant et après le franchissement d'une barrière coupe-feu. Dans tous les cas, les tablettes sont interrompues avant de franchir une traversée entre deux bâtiments.

## **2. SYSTÈME DE MISE À LA TERRE ET DE PROTECTION CONTRE LA Foudre**

### **2.1. MISSION DU SYSTÈME**

La principale mission des systèmes de mise à la terre et de protection contre la foudre est de limiter les risques vis à vis des surtensions susceptibles d'affecter les systèmes électriques. De ce fait, les éléments suivants sont pris en compte :

- Amplitude et fréquence des surtensions,
- Exigences vis à vis de la sécurité du personnel et des équipements.

### **2.2. LIMITE DU SYSTÈME**

Ces mesures s'appliquent à l'Îlot Nucléaire, à l'Îlot Conventionnel et aux ouvrages de site.

#### **2.2.1. DESCRIPTION DU SYSTÈME**

Cette section détaille les concepts de base pour tous les types d'installations externes et internes de protection contre la foudre, le système de mise à la terre interne et externe ainsi que les exigences complémentaires de compatibilité électromagnétique (CEM) pour une réduction optimum des interférences électromagnétiques vis à vis des installations électriques et électroniques conformément aux chapitres D4000 et D5000 du RCC-E.

Les installations externes de protection contre la foudre sont composées de parafoudres, de conducteurs de mise à la terre et d'un réseau de terre maillé. Leur objectif est d'écouler les décharges d'origine atmosphérique dans le sol.

Les installations de protection internes et externes contre la foudre sont conformes à la réglementation française :

- « Arrêté du 7 février 2012 fixant les règles générales relatives aux installations nucléaires de base »,
- « Arrêté du 19 Juillet 2011 modifiant l'arrêté du 4 Octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation ».

Les installations de protection contre la foudre comportent des mesures complémentaires visant à réduire les effets électromagnétiques des courants induits par la foudre dans les volumes à protéger comme les structures des bâtiments, les cheminements de câbles, les câbles aériens, etc. (voir paragraphe 2 de la section 3.3.7).

L'installation de mise à la terre assure la protection du personnel vis à vis des tensions de contact inadmissibles.

La protection des bâtiments et des installations contre les effets directs de la foudre (passage du courant) est assurée par la structure des bâtiments (principe de protection par cage de Faraday). Pour les bâtiments en béton armé, une cage maillée est réalisée en soudant les ferrillages extérieurs des bétons. Pour les bâtiments en charpentes métalliques, la cage de Faraday est réalisée en boulonnant les structures. Les cages de Faraday des bâtiments sont reliées au réseau de terre enterré en périphérie externe des bâtiments tous les 10 mètres en moyenne.

A l'intérieur des bâtiments, des cages de Faraday supplémentaires sont créées pour protéger certains locaux abritant des matériels sensibles aux perturbations électromagnétiques. Elles sont reliées au réseau de masse du local.

Pour vérifier la bonne réalisation de la cage de Faraday, la norme NF EN 62305-2 prescrit au §4.3 que « pour les structures utilisant les armatures du béton (y compris les structures en béton armé préfabriqué), la continuité électrique des armatures doit être mesurée entre la partie haute et la terre. Il convient que la valeur de la résistance électrique totale ne soit pas supérieure à 0,2  $\Omega$ , valeur mesurée par un appareil approprié ».

Des mesures de continuité électrique ont été réalisées sur le site de Flamanville 3 en mai 2014 entre la partie haute des bâtiments et la terre. Les résultats de cette campagne de mesures sont indiqués dans le tableau suivant :

Bâtiment	Résistance (m $\Omega$ )
HQB	□
	□
HQA	□
	□
HF	□
	□
HK	□
HLB	□
HLC	□
HLD	□
	□
HDC/HDD	□
	□

Les résultats démontrent la conformité de la cage de Faraday à la norme NF EN 62305-3.

Ces éléments répondent au référentiel foudre associé, et d'autre part, aux objectifs de sécurité du personnel de l'arrêté du 4 octobre 2010 (modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011) en s'appuyant notamment sur l'application de la norme NF EN 62 305-3.

L'installation des dispositifs de protection contre la foudre est conforme au référentiel de sureté foudre applicable à l'EPR, qui définit les moyens à mettre en œuvre pour assurer la protection des équipements et de l'installation contre les effets de la foudre. Le référentiel prescrit la mise à la terre des éléments entrants susceptibles de transmettre une perturbation au sein de l'installation directement ou indirectement via des parafoudres.

L'analyse risque foudre (ARF), l'étude technique, l'installation et vérification périodique des dispositifs de protection foudre sont réalisées par un organisme compétent au titre de l'arrêté du 04/10/2010 modifié par l'arrêté du 19/07/2011.

Des exigences additionnelles de compatibilité électromagnétique (CEM) comportent des mesures qui réduisent les effets électromagnétiques induits par la foudre ou d'autres sources d'interférences (par ex. blindage de câbles).

L'ensemble des mesures prises a pour but d'éviter toutes surtensions inacceptables pour les installations électriques et le contrôle-commande. Des mesures sont prises pour qu'un courant de court-circuit résultant d'un défaut de mise à la terre sur une installation électrique n'entraîne pas de différence de potentiel interne inacceptable vue des systèmes de contrôle-commande.

Afin de respecter les exigences en matière de CEM, toutes ces mesures sont également appliquées aux autres systèmes électroniques, tels que systèmes de communication, de contrôle d'accès, de détection incendie, les câbles de ces systèmes étant posés en parallèle et sur les mêmes tablettes que les câbles de contrôle-commande.

### **2.2.2. CLASSEMENT DU SYSTÈME**

Le système de protection contre la foudre et de mise à la terre garantit la sécurité du personnel et des matériels dans la centrale.

Le matériel des réseaux de masse et de terre n'est pas classé de sûreté. Cependant, la foudre est considérée pour le palier EPR comme une agression climatique externe au titre de la sûreté. En conséquence, les dispositifs de protection contre la foudre, dont la durée de vie est limitée par rapport à la durée de vie de la tranche et dépendante des sollicitations liées à la foudre (ex : les parafoudres), doivent être classés F2.

## **3. MESURES DE PROTECTION ÉLECTRIQUE**

### **3.1. RÉGIME DE NEUTRE EN HTA ET BT**

- Réseau 10 kV CA et réseau 220 V CC  
Les neutres des réseaux 10 kV à courant alternatif et les polarités des réseaux à courant continu pour l'alimentation électrique des mécanismes de commande des grappes sont isolés (configuration IT).

Avec ce type de régime de neutre, il est possible de poursuivre l'exploitation un certain temps après l'occurrence d'un défaut de mise à la terre d'une phase.

Cette configuration comprend :

- Un système de surveillance et de recherche des défauts de mise à la terre,
- Un dispositif de coupure automatique de l'alimentation électrique en cas de deuxième défaut de mise à la terre.

- Réseaux basse tension à courant alternatif

Les points neutres des réseaux basse tension sont directement mis à la terre, les conducteurs N et PE sont séparés (configuration TN-S). Toute mise à la terre provoque un court-circuit qui entraîne le déclenchement des protections.

La configuration comprend :

- Déclenchement au premier défaut,
- Protection homopolaire via le point neutre des transformateurs MT/BT,
- Interconnexion de toutes les masses métalliques,
- Dispositif de protection pour chaque actionneur, par disjoncteur ou fusible.

### **3.2. PROTECTIONS ÉLECTRIQUES**

Pour les arrivées 10 kV ou les connexions entre jeux de barre 10 kV, seul un dispositif de protection contre les courts-circuits est installé. Il comporte un relais ampèremétrique à temps indépendant relié à un transformateur de courant.

Les départs 10 kV moteur sont protégés contre les court-circuits par un relais ampèremétrique à temps indépendant et un relais de protection contre les surcharges relié au même transformateur de courant.

Pour les départs vers les transformateurs HTA/BT, la protection est réalisée par un relais ampèremétrique à temps indépendant. Cette protection est complétée par une protection homopolaire pour la détection des défauts phase/terre au secondaire du transformateur.

L'équipement basse tension est protégé par des :

- associations contacteurs fusibles,
- disjoncteurs,
- interrupteurs sectionneurs-fusibles.

Les dispositifs de protection électrique sont conçus de telle manière qu'en cas de court-circuit ou de surcharge, seules les protections en amont les plus proches du défaut déclenchent afin de ne couper que la partie défaillante du système électrique.

**FIG-8.4.1 PRINCIPAUX CHEMINS DE CÂBLES**

□

## SOMMAIRE

<b>.8.5</b>	<b>INSTALLATION . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.</b>	<b>DESCRIPTION DE L'INSTALLATION . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.1.</b>	<b>GÉNÉRALITÉS . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.2.</b>	<b>LOCAUX ÉLECTRIQUES . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.3.</b>	<b>LOCAUX BATTERIES . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1.4.</b>	<b>ENTREPONTS DE CÂBLAGE . . . . .</b>	<b>3</b>
<b>1.5.</b>	<b>INSTALLATION DES ÉQUIPEMENTS DE CONTRÔLE-COMMANDE</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>LOCALISATION DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET DE</b>	
	<b>CONTRÔLE-COMMANDE . . . . .</b>	<b>3</b>

## .8.5 INSTALLATION

### 1. DESCRIPTION DE L'INSTALLATION

Ce sous-chapitre résume les principales caractéristiques de l'installation des bâtiments de l'îlot nucléaire, de l'îlot conventionnel et des autres ouvrages de site permettant de réaliser les fonctions de sûreté et de respecter les exigences de disponibilité pour les systèmes de la distribution électrique et du contrôle-commande.

#### 1.1. GÉNÉRALITÉS

Chaque train de l'alimentation électrique secourue est installé dans une division distincte. La séparation en divisions garantit qu'en cas d'agression interne dans une division, seule la division concernée est affectée.

Les Bâtiments Diesels sont géographiquement séparés .

La structure du schéma unifilaire permet une séparation fonctionnelle entre les systèmes d'alimentation normale et secourue.

Une séparation physique des alimentations normales et secourues n'est pas nécessaire (par analogie avec le RCC-E § D7320). Une séparation entre les équipements HTA et BT ou en tension continue n'est pas nécessaire.

En division 1 et 4 de l'îlot nucléaire, les tableaux électriques  sont situés dans .

Dans leur majorité, les équipements électriques de l'îlot nucléaire sont implantés dans les locaux des bâtiments électriques ; des équipements décentralisés tels que des sous-distributions locales sont également installés dans d'autres locaux tels que ceux des Bâtiments Diesels.

Les équipements électriques de l'îlot conventionnel et des autres ouvrages de site (BOP) sont installés dans le BLNC (Bâtiment Electrique Non Classé). Ces équipements sont installés dans deux demi BLNC (BLNC1 : train 1 et 3, BLNC2 : train 2 et 4) indépendants constituant deux secteurs de feu distincts.

La station de pompage est divisée en quatre files appartenant chacune à un train électrique et comportant un local de distribution électrique.

#### 1.2. LOCAUX ÉLECTRIQUES

Les locaux électriques sont conçus suivant les règles d'installation en vigueur, par exemple, les murs, les sols et les plafonds sont exempts de poussière, le local ne contient pas d'équipement mécanique de manière générale, l'accès est limité au personnel autorisé.

Les fixations des équipements au génie civil doivent être conçues selon les exigences associées (classement, requis sismique...).

La description des conditions d'ambiance est réalisée au sous-chapitre 9.4 "Systèmes de climatisation, de chauffage et de ventilation".

#### 1.3. LOCAUX BATTERIES

Les locaux batteries sont conçus suivant les règles d'installation en vigueur. Notamment, le plancher comporte un point bas et un seuil pour assurer la rétention dans le local.

Les batteries d'accumulateurs sont situées dans des locaux dédiés .

#### **1.4. ENTREPONTS DE CÂBLAGE**

La description des chemins de câbles et de la pose des câbles est réalisée au paragraphe 1 “Principes de câblage” du sous-chapitre 8.4 “Principes spécifiques”.

#### **1.5. INSTALLATION DES ÉQUIPEMENTS DE CONTRÔLE-COMMANDE**

L'installation des équipements de contrôle-commande est décrite au sous-chapitre 7.2 “Architecture générale des systèmes et équipements de contrôle-commande”.

### **2. LOCALISATION DES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET DE CONTRÔLE-COMMANDE**

Les systèmes de distribution électrique et de contrôle-commande de l'îlot conventionnel et de l'îlot nucléaire sont installés dans des bâtiments distincts, les premiers sont dans le BLNC, les seconds se situent dans □ BAS/BL, dans des locaux dédiés.

Cette disposition permet d'optimiser la distance de raccords entre les actionneurs des systèmes de sûreté situés dans □ des BAS et le BR via les traversées électriques. De même, la proximité du BLNC et de la Salle des Machines permet de réduire les distances pour les actionneurs de l'îlot conventionnel.

Chaque file de la station de pompage dispose d'un local électrique abritant les sources 10 kV et 400 V non classées. Il n'y a pas de contrôle-commande en station de pompage. Les actionneurs classés de la station de pompage sont alimentés depuis l'îlot nucléaire.

Les générateurs diesels principaux sont installés dans deux bâtiments spécifiques distincts et physiquement séparés (Diesels des divisions 1 et 2 ensemble et, 3 et 4 ensemble).

Les générateurs diesels d'ultime secours sont installés dans ces mêmes Bâtiments Diesels (un dans chaque BD, un en division 1 et un en division 4).

Les tableaux électriques classés et non classés peuvent être installés dans les mêmes locaux. Les locaux des armoires de contrôle-commande sont de manière générale distincts des locaux des tableaux électriques.

Dans les divisions 2 et 3, les batteries d'accumulateurs □ sont installées dans des locaux dédiés au niveau □ m des BAS/BL (voir figures du sous-chapitre 1.2 “Description générale de la tranche”).

Dans les divisions 1 et 4, les batteries d'accumulateurs □ sont installées dans des locaux dédiés aux niveaux □ m et □ m des BAS/BL (voir figures du sous-chapitre 1.2 “Description générale de la tranche”).

Les batteries d'accumulateurs □ prévues en cas d'accident grave sont installées dans des locaux dédiés au niveau □ m dans les divisions d'ultime secours des Bâtiments Diesels.

Dans le BLNC les batteries d'accumulateurs sont installées □ dans chaque demi BLNC à □ m (voir figures du sous-chapitre 1.2 “Description générale de la tranche”).

Pour les mesures structurelles de protection contre l'incendie, voir section 3.4.7.2 “Analyse de sûreté vis-à-vis de l'incendie”.