

Fontenay-aux-Roses, le 27 mars 2020

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

## *Avis IRSN n° 2020-00052*

<b>Objet...</b>	EDF - REP - Réexamen périodique associé à la quatrième visite décennale des réacteurs de 900 MWe du Bugey (palier CP0) - Bilan de puissance des groupes électrogènes de secours.
<b>Réf(s) ..</b>	[1] Saisine ASN - CODEP-DCN-2019-043189 du 28 octobre 2019. [2] Avis IRSN n° 2020-00016 du 31 janvier 2020. [3] Avis IRSN n° 2017-00217 du 30 juin 2017.
<b>Nbre de page(s) ...</b>	8

### 1 INTRODUCTION

Les réacteurs du parc nucléaire sont tous équipés de deux groupes électrogènes de secours à moteur Diesel communément appelés diesels. Chacun d'entre eux dessert une des deux voies d'alimentation électrique redondantes qui alimentent les systèmes de sauvegarde de l'installation en cas de perte des sources électriques externes.

Dans le cadre du réexamen associé à la quatrième visite décennale des réacteurs de 900 MWe (VD4 900) de la centrale nucléaire du Bugey, de nouveaux matériels secourus par les diesels ont été ajoutés et certains matériels secourus existants ont été modifiés. En conséquence, les bilans de puissance électrique des diesels<sup>1</sup> ont évolué.

Par le courrier en référence [1], l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) sollicite l'avis de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) sur l'acceptabilité du point de vue de la sûreté nucléaire des bilans de puissance des diesels à l'issue de l'intégration des modifications matérielles associées à la phase A<sup>2</sup> de la VD4 900 des réacteurs du palier CPY et du Bugey. Pour rappel, l'avis en référence [2] répond à cette demande pour les réacteurs du palier CPY, et la présente expertise, qui s'appuie sur celle réalisée pour les réacteurs du palier CPY, concerne les réacteurs (n° 2 à n° 5) de la centrale nucléaire du Bugey.

Adresse Courrier  
BP 17  
92262 Fontenay-aux-Roses  
Cedex France

Siège social  
31, av. de la Division Leclerc  
92260 Fontenay-aux-Roses

Standard +33 (0)1 58 35 88 88

RCS Nanterre 8 440 546 018

<sup>1</sup> Les bilans de puissance électrique inventorient les puissances consommées par les matériels secourus par les diesels, afin de vérifier l'aptitude de ces derniers à alimenter les équipements nécessaires dans toutes les situations incidentelles ou accidentelles et de déterminer les éventuelles marges de puissance électrique.

<sup>2</sup> EDF a défini une stratégie industrielle de déploiement des modifications matérielles en deux phases distinctes (phase A et phase B). Les modifications de la phase A seront exploitables au redémarrage du réacteur suivant sa visite décennale et celles associées à la phase B seront déployées au plus tard lors du deuxième arrêt pour renouvellement du combustible de type « visite partielle » après la visite décennale.

MEMBRE DE

**ETSON**

EUROPEAN  
TECHNICAL SAFETY  
ORGANISATIONS  
NETWORK

Pour ce faire, l'IRSN a examiné :

- l'évaluation réalisée par EDF de la puissance pouvant être fournie par les diesels (ou « puissance disponible »), notamment dans des conditions de températures extérieures élevées ;
- l'évaluation par EDF de la puissance consommée par les matériels secourus par les diesels.

Par ailleurs, l'IRSN a examiné les résultats de l'essai « grands chauds » effectué en 2019 sur le diesel de la voie A du réacteur n° 2 du Bugey (premier réacteur du Bugey à réaliser sa VD4). EDF ayant prévu de remplacer le moteur du diesel de la voie B, aucun essai n'a été réalisé sur ce diesel lors de l'été 2019.

## 2 ÉVALUATION DE LA PUISSANCE DISPONIBLE AUX BORNES DES DIESELS

### 2.1 Méthodologie retenue par EDF

#### Détermination initiale de la puissance d'un diesel

La puissance électrique<sup>3</sup> disponible aux bornes d'un groupe électrogène est liée à la puissance mécanique pouvant être développée par son moteur Diesel. La relation entre puissance électrique du groupe et puissance mécanique du moteur n'est cependant pas parfaitement linéaire dans le cas des diesels du Bugey car la puissance de l'alternateur est un facteur limitant.

La puissance mécanique nominale d'un moteur Diesel est définie à partir des normes applicables. Elle correspond à la puissance maximale que le diesel est capable de fournir, dans des conditions ambiantes définies, lors d'un fonctionnement en continu pendant un nombre illimité d'heures.

Ces normes, éventuellement ajustées par des préconisations du constructeur, proposent également des équations de réduction de la puissance mécanique nominale (ou « détarage »), lorsque la température de l'air comburant ou la température d'eau BT<sup>4</sup> excède celle initialement définie, afin que les contraintes mécaniques et thermiques exercées sur le moteur ne dépassent pas celles prévues à la conception. En outre, il peut être nécessaire d'abaisser la puissance mécanique du moteur afin que les températures des fluides du diesel (notamment l'eau HT et l'huile) restent compatibles avec la tenue des matériels présents sur les circuits.

#### Prise en compte de l'impact des températures extérieures élevées sur la puissance disponible aux bornes des diesels

À l'issue des canicules de 2003 et 2006, durant lesquelles les températures d'air observées sur les sites ont été nettement supérieures à celles retenues à la conception des centrales nucléaires, EDF a élaboré le référentiel « grands chauds » pour tenir compte des températures susceptibles d'être atteintes sur les 30 prochaines années en tenant compte de l'évolution des conditions climatiques. Ce référentiel réévalue les températures de l'air extérieur à prendre en compte pour vérifier la tenue des matériels. Ainsi, il définit :

- la « température longue durée » (TLD), qui correspond à la température maximum en régime permanent retenue pour les situations de « redimensionnement » susceptibles d'être rencontrées par l'installation (fonctionnement normal, situations incidentelles et accidentelles du rapport de sûreté) ;

<sup>3</sup> Sauf mention particulière, dans la suite du texte, le terme « puissance » désigne une puissance électrique.

<sup>4</sup> Chaque moteur Diesel possède deux circuits de refroidissement : un circuit d'eau « basse température » (BT) et un circuit d'eau « haute température » (HT), qui cèdent leurs calories dans des aéroréfrigérants.

- la température exceptionnelle (TE), qui correspond à la température maximale journalière retenue en agression canicule.

Ainsi, EDF a défini une TLD et une TE adaptées aux conditions climatiques de la centrale nucléaire du Bugey. EDF a ensuite évalué la puissance continue pouvant être développée par les diesels du Bugey à la TLD et à la TE. Cette évaluation théorique permet de déterminer la puissance maximale pouvant être développée dans ces conditions de températures extérieures, mais ne tient pas compte du comportement spécifique de chaque diesel<sup>5</sup>.

### Vérification du maintien des performances des diesels

En exploitation, les performances des diesels sont vérifiées lors d'essais périodiques réalisés au titre du chapitre IX des règles générales d'exploitation. Le bon fonctionnement du diesel à puissance nominale y est vérifié notamment via le respect de critères portant sur la température de divers fluides : air de suralimentation, gaz d'échappement, eau HT, eau BT, huile.

Toutefois, le fait que les critères portant sur les températures d'eau BT et HT relevées lors des essais périodiques à température ambiante soient respectés n'est pas suffisant pour garantir la réfrigération du diesel pour l'ensemble des plages de température qui pourraient être atteintes entre deux arrêts pour renouvellement du combustible du réacteur. Pour pallier ce problème, EDF formule certaines hypothèses afin de modéliser l'évolution de ces températures en fonction de la température extérieure.

Le comportement réel des diesels n'ayant jamais été vérifié *in situ* lors de fonctionnement dans des conditions de températures extérieures de l'ordre de la TLD et encore moins en situation d'agression canicule, une campagne d'essais à puissance nominale à des températures proches de la TLD a débuté à l'été 2019 sur plusieurs diesels de différents paliers, dont le diesel de la voie A (LHG) du réacteur n° 2 de la centrale du Bugey. Ces essais ont pour but de vérifier la capacité de chaque diesel à fonctionner en cas de température extérieure élevée et de vérifier la validité des hypothèses formulées par EDF permettant d'extrapoler leur comportement face à une situation de canicule<sup>6</sup>. Sur la base des résultats des premiers essais réalisés, EDF révisé actuellement ses hypothèses et ses modélisations. Ce point fera l'objet d'une expertise dédiée de la part de l'IRSN.

Néanmoins, dans l'attente, l'IRSN a analysé les résultats de l'essai réalisé sur le diesel de la voie A du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire du Bugey afin d'évaluer sa capacité à fonctionner en cas de températures extérieures élevées proches de la TLD. Aucun essai n'a été effectué sur le diesel de la voie B en 2019 car le moteur fait l'objet d'un échange standard lors de sa VD4. Les éventuels résultats d'essai n'auraient donc pas été représentatifs des performances postérieures à la VD4. À cet égard, EDF s'est engagé, au cours de l'expertise, à réaliser un essai sur ce diesel à une température extérieure proche de la TLD dès l'été 2020 après avoir remplacé son moteur. **Ce point fait l'objet de l'engagement n° 1 en annexe 2. L'IRSN considère cet engagement satisfaisant.**

## **2.2 Évaluation de l'essai « grands chauds » réalisé sur le diesel de la voie A du réacteur n° 2 du Bugey**

L'IRSN considère que l'analyse des relevés de l'essai transmis par EDF apporte une confiance raisonnable dans l'aptitude du diesel de secours de la voie A du réacteur n° 2 du Bugey à atteindre la puissance prévue par EDF à la TLD. Néanmoins, les résultats de cet essai sont représentatifs d'un état ponctuel de ce diesel. Compte tenu de l'évolution possible de l'état des matériels (consommateurs et diesel), ces résultats nécessitent d'être confirmés. De

<sup>5</sup> Chaque diesel a un comportement propre du fait de disparités résultant de sa fabrication, de son installation, de son implantation et de l'état réel des matériels participant à son refroidissement.

<sup>6</sup> On parle également « d'agression canicule ».

plus, l'essai met en évidence qu'une des hypothèses de modélisation prises en compte par EDF doit être révisée. Par ailleurs, certaines hypothèses restent en suspens dans la mesure où la méthodologie des essais grands chauds ne permet ni de les confirmer, ni de les infirmer.

Les éléments fournis par EDF ne permettent pas de conclure avec une confiance suffisante sur la capacité des diesels de secours à développer la puissance prévue par EDF dans le cas de l'agression canicule, car ils reposent actuellement sur des modélisations en cours de révision par EDF. **Une expertise, dans un cadre dédié, d'éléments détaillés sur ces modélisations reçus au premier trimestre de l'année 2020 est en cours et permettra de statuer sur la validité des conclusions d'EDF.**

### **3 ÉVALUATION DE LA PUISSANCE CONSOMMÉE PAR LES MATÉRIELS SECOURUS**

#### **Bilan de Puissance des diesels du Bugey pour prendre en compte le référentiel « Grands chauds » (état VD3<sup>7</sup>)**

Afin de prendre en compte le référentiel « grands chauds » EDF a déposé, en juillet 2016, plusieurs modifications matérielles consistant à rajouter de nouveaux matériels secourus par les diesels afin d'améliorer le conditionnement thermique de certains locaux. Le bilan de puissance mis à jour par EDF pour prendre en compte l'augmentation de puissance électrique consommée par ces nouveaux matériels a fait l'objet de l'avis de l'IRSN en référence [3]. **Dans cet avis, l'IRSN a notamment émis une recommandation demandant à EDF de retrouver des marges sur la puissance disponible des groupes électrogènes de secours pour les scénarios de redimensionnement du référentiel « grands chauds ». EDF a réévalué certains paramètres permettant de retrouver des marges positives entre la puissance disponible et la puissance requise des diesels. Ces marges restent néanmoins très faibles.**

#### **Méthodologie retenue par EDF pour l'évaluation de la puissance consommée par les matériels secourus.**

La méthode retenue par EDF pour réaliser les bilans de puissance est principalement déterministe. Après avoir déterminé les scénarios accidentels enveloppes, la méthode consiste à réaliser une analyse fonctionnelle pour chacun de ces scénarios en différenciant les saisons (été/hiver) et les domaines de fonctionnement du réacteur. Les conditions thermo-hydrauliques associées aux différents scénarios sont prises en compte pour évaluer la puissance électrique consommée par les matériels. Enfin, EDF réalise la somme algébrique des puissances consommées par tous les matériels secourus requis dans un scénario donné, quelle que soit leur durée de fonctionnement. Cette méthode a conduit à afficher des marges très faibles. EDF a alors réalisé plusieurs types « d'optimisation » afin d'affiner certaines valeurs de puissance consommée dans le but de retrouver des marges. Les principales optimisations réalisées par EDF sont les suivantes :

- une évaluation plus réaliste des puissances consommées par certains matériels en menant des recherches documentaires afin de déterminer la puissance électrique réellement consommée par certains moteurs électriques. En effet, initialement, EDF avait estimé les puissances consommées par ces matériels de façon conservatrice en leur affectant un rendement pénalisant afin de simplifier la réalisation des bilans de puissance ;
- un changement de technologie de l'éclairage de secours en remplaçant toutes les ampoules par des LED ;
- la réalisation de visites en local pour vérifier la puissance indiquée sur les matériels.

Bien que certains conservatismes (valorisation de la puissance maximale, cumul de consommations non-simultanées) soient effectivement présents dans les calculs des bilans de puissance, l'IRSN a constaté qu'EDF ne prenait pas en

---

<sup>7</sup> VD3 : troisième visite décennale des réacteurs du Bugey.

compte certains phénomènes pénalisants tels que les surconsommations liées au vieillissement des matériels et les pertes en ligne.

De plus, l'IRSN émet des réserves quant à la pertinence de retenir des valeurs extrêmement précises pour les mesures *in situ*. Par conséquent, l'IRSN considère qu'il est nécessaire d'associer à ces bilans de puissance une certaine incertitude dont il faut tenir compte dans l'évaluation de l'acceptabilité des marges disponibles entre la puissance disponible et la puissance consommée.

## 4 ADÉQUATION ENTRE LA PUISSANCE DISPONIBLE ET LA PUISSANCE CONSOMMÉE

Les marges entre la puissance disponible et la puissance consommée restant faibles au vu des incertitudes associées à leur détermination, EDF a prévu de mettre en œuvre une disposition consistant à délester la pompe de soulèvement<sup>8</sup> du groupe turboalternateur en situation estivale (pour les situations de redimensionnement et d'agression canicule). Cette pompe n'a pas de rôle sur plan de la sûreté, elle est secourue dans le but de préserver la turbine et d'ainsi permettre un retour rapide à la production d'électricité.

Dans le scénario le plus pénalisant, ce délestage permettrait de réduire de 88 kWe (soit environ 2,8 % Pn<sup>9</sup>) la puissance devant être fournie par le diesel de la voie A. Dans un premier temps, le délestage de cette pompe, qui se met en fonctionnement automatiquement environ 30 minutes après la perte des sources électriques externes, sera réalisé manuellement via une ITS<sup>10</sup> nécessitant une action dans les locaux électriques dont le délai de mise en œuvre a été évalué par EDF à 1 h 30 min. La pompe de soulèvement fonctionnerait donc en réalité pendant environ une heure, sans être comptabilisée dans le bilan de puissance d'EDF.

Au cours de l'expertise, EDF s'est ainsi engagé à étudier une modification matérielle automatisant ce délestage afin d'empêcher un fonctionnement transitoire de la pompe. EDF prévoit de mettre en œuvre cette modification lors de l'arrêt pour visite partielle qui suit la visite décennale. **Ce point fait l'objet de l'engagement n° 2 d'EDF en annexe 2.**

L'IRSN considère que la puissance consommée transitoirement par la pompe de soulèvement doit être prise en compte dans le bilan de puissance des diesels. Les marges affichées par EDF seraient, dans ce cas, réduites de 2,8 % Pn pour le diesel de la voie A et deviendraient alors beaucoup trop faibles pour l'IRSN, au regard des incertitudes associées aux bilans de puissance. De plus, les marges telles que présentées à l'état VD3 étant très faibles, l'échéance de la visite partielle suivant la visite décennale (de 2022 à 2026 selon les réacteurs) n'est pas compatible avec l'enjeu de sûreté associé au déploiement de cette modification. À ce titre, l'IRSN estime nécessaire qu'EDF accélère le déploiement de cette modification matérielle. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe 1.**

Par ailleurs, EDF a annoncé qu'il étudierait d'autres modifications permettant d'augmenter la puissance disponible ou de diminuer la puissance consommée, en vue d'un déploiement en phase B de la VD4-900. **Ce point fait l'objet de l'engagement d'EDF n° 3 en annexe 2. Néanmoins, au vu des éléments présentés ci-avant, l'IRSN estime qu'EDF**

<sup>8</sup> La pompe de soulèvement assure notamment le graissage du groupe turboalternateur à faible vitesse, évitant ainsi un endommagement de la turbine lors de la phase de décélération qui suit son déclenchement.

<sup>9</sup> Pn : puissance nominale du diesel.

<sup>10</sup> ITS : instruction temporaire de sûreté.

devrait déployer au plus tôt les modifications qui seront retenues, sans attendre nécessairement la phase B de la VD4 900, qui n'interviendra qu'entre mi-2025 et 2029 selon les réacteurs.

## 5 CONCLUSION

À l'issue de son expertise, l'IRSN considère que les éléments présentés à ce jour par EDF ne permettent pas d'avoir une confiance raisonnable vis-à-vis des marges affichées par EDF entre la puissance disponible des groupes électrogènes de secours (diesels) et la puissance requise, en situation estivale et en agression canicule, sur l'ensemble des réacteurs de la centrale nucléaire du Bugey.

En particulier, l'IRSN considère que la capacité des diesels à fonctionner à une température proche de la TLD doit être démontrée par la réalisation d'essais par température extérieure élevée. **Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe 1.**

Afin d'être en mesure de statuer avec une confiance raisonnable sur la capacité de ces diesels à remplir leur mission dans tous les scénarios de manière pérenne, y compris en agression canicule, il sera nécessaire de disposer des résultats d'essais par température extérieure élevée sur chacun des diesels, d'éléments détaillés sur des dispositions permettant de réduire la puissance requise ou d'augmenter la puissance disponible (**objet de la recommandation n° 1 en annexe 1 et de l'engagement n°3 d'EDF en annexe 2**) et de la mise à jour par EDF de la modélisation utilisée pour calculer la puissance disponible.

Pour le Directeur général et par délégation,  
Frédérique PICHEREAU  
Adjointe à la Directrice de l'expertise de sûreté

## Annexe 1 à l'avis IRSN n° 2020-0052 du 27 mars 2020

### Recommandations de l'IRSN

#### *Recommandation n° 1*

L'IRSN recommande qu'EDF mette en œuvre, sur les réacteurs de la centrale nucléaire du Bugey, une modification matérielle entraînant, en cas de perte des alimentations électriques externes, le délestage automatique de la pompe de soulèvement du groupe turboalternateur.

Cette modification devra être déployée au plus tard lors du prochain arrêt programmé pour renouvellement du combustible pour les réacteurs n° 3, 4 et 5. Pour le réacteur n° 2 actuellement à l'arrêt (quatrième visite décennale en cours), l'IRSN considère qu'EDF doit autant que possible mettre à profit cet arrêt pour réaliser la modification. À défaut, comme les autres réacteurs, la modification devra être réalisée au plus tard lors du prochain arrêt programmé pour renouvellement du combustible.

#### *Recommandation n° 2*

L'IRSN recommande qu'EDF réalise des essais par température extérieure élevée permettant de vérifier le maintien de la performance du refroidissement des groupes électrogènes de secours à puissance nominale et que ces essais se déroulent dès la prochaine période estivale (« grands chauds ») sur tous les réacteurs de la centrale du Bugey, au minimum sur la voie présentant la plus faible marge.

## Annexe 2 à l'avis IRSN n° 2020-00052 du 27 mars 2020

### Engagements principaux de l'exploitant

#### *Engagement n° 1*

EDF s'engage à réaliser dès que possible, une fois le moteur Diesel de la voie B remplacé au cours de la visite décennale de Bugey 2, un essai par une température extérieure proche de la TLD (type essai 2019), permettant de vérifier la performance *in situ* du refroidissement du diesel de la voie B à la puissance valorisée par EDF.

#### *Engagement n° 2*

EDF s'engage à étudier une modification matérielle qui intégrera le délestage de la pompe de soulèvement du groupe turboalternateur dans la séquence des crans automatiques lors de la visite partielle qui suit la visite décennale.

#### *Engagement n° 3*

EDF s'engage à étudier des modifications (matérielles ou d'exploitation) permettant de respecter un bilan de puissance des diesels du Bugey pour la phase B, tenant compte du référentiel qui sera applicable, avec une marge positive suffisante. Ces études couvriront le cas de l'amélioration du refroidissement des fluides servant au fonctionnement des diesels.