

Fontenay-aux-Roses, le 1^{er} février 2021

Monsieur le Président de l'Autorité de sûreté nucléaire

AVIS IRSN N° 2021-00018

Objet : EDF – REP – Palier 1300 MWe – Résorption des fuites d'huile sur les groupes électrogènes de secours causées par la ventilation du hall

Réf. : Saisine ASN - CODEP-DCN-2012-040076 du 11 mars 2013.

1. INTRODUCTION

Les réacteurs du parc nucléaire en exploitation 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.

Lors de l'été 2019, EDF a constaté, sur plusieurs diesels équipant les réacteurs de 1300 MWe, des écoulements d'huile hors du moteur pouvant remettre en cause la capacité de ces diesels à remplir leur fonction. Après avoir identifié l'origine de ces fuites, EDF a procédé à des actions destinées à les résorber temporairement. Il doit à présent définir et mettre en œuvre une solution pérenne à ce problème.

Conformément à la demande de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence⁰, l'IRSN a analysé l'impact vis-à-vis de la sûreté du traitement transitoire de cet écart par EDF, dans l'attente de sa résorption définitive.

2. NOTIONS TECHNIQUES

2.1. REFROIDISSEMENT DU HALL DIESEL

Une partie de la chaleur¹ produite par le fonctionnement d'un diesel est transférée par rayonnement et par convection² au volume d'air du hall abritant le moteur Diesel et l'alternateur (« hall diesel »). Lorsque la température dans le hall devient trop élevée, ces apports thermiques sont évacués à l'aide de ventilateurs d'extraction : l'air est aspiré depuis l'extérieur du bâtiment, traverse une grille, puis transite dans des gaines de ventilation et débouche dans le hall diesel, où il se réchauffe, avant d'en être enfin extrait par les ventilateurs.

¹ Cette chaleur provient de la réaction exothermique de combustion du carburant.

² Le reste de la chaleur est évacué par les circuits de liquide de refroidissement et par le circuit d'échappement.

Par ailleurs, EDF met actuellement en application le référentiel « grands chauds », destiné à prendre en compte l'évolution des conditions climatiques au cours des trente prochaines années, en réévaluant, généralement à la hausse, les températures auxquelles les diesels doivent pouvoir remplir leur fonction. Ceci le conduit à améliorer le système de refroidissement des halls diesels des réacteurs de 1300 MWe³ à travers une modification en cours de déploiement comprenant plusieurs aspects :

- le remplacement des deux ventilateurs d'extraction d'origine par des ventilateurs fournissant un débit plus important ;
- l'ajout d'un troisième ventilateur sur certains sites ;
- l'abaissement des températures d'enclenchement de la ventilation ;
- l'installation d'un système de réfrigération de l'air entrant (« batterie froide ») sur certains sites.

Le choix d'implanter ou non certains matériels a été fait en considérant, d'une part, les températures maximales définies par le référentiel « grands chauds » sur chaque site et, d'autre part, les apports thermiques correspondant à la puissance effectivement développée⁴ par chaque diesel pour répondre aux besoins propres aux matériels secourus sur chaque réacteur.

2.2. SOUPAPES DE SURPRESSION DU CARTER

Sur les réacteurs du palier 1300 MWe, un évent relié à l'extérieur du bâtiment permet de maintenir le carter⁵ du moteur Diesel à la pression atmosphérique. Par ailleurs, le carter est équipé de soupapes destinées à évacuer les surpressions⁶ fortuites pouvant survenir lors du fonctionnement du moteur.

Néanmoins, ces soupapes induisent nécessairement une légère inétanchéité du carter, pouvant conduire à des fuites d'huile à l'extérieur du moteur. Chaque soupape est donc équipée d'une tubulure de récupération destinée à collecter l'huile sous la soupape et à la ramener dans le carter.

3. DESCRIPTION DE L'ÉCART

3.1. DETECTION DE L'ÉCART

Lors de l'été 2019, EDF a constaté des écoulements d'huile hors du moteur, en contrebas des soupapes de surpression du carter lors d'un essai du diesel de la voie A du réacteur n° 1 de la centrale de Cattenom. Pendant cet essai, deux ventilateurs d'extraction étaient en service. Des fuites similaires ont rapidement été observées lors d'essais du diesel de la voie B du même réacteur.

3.2. ORIGINE DES FUITES

Lors de ces essais, EDF a observé que les soupapes de surpression du carter se décollaient sous l'effet d'une forte dépression dans le hall diesel. Il a alors été soupçonné que ces fuites étaient directement liées à la modification du système de refroidissement des halls diesels.

³ Toutefois, les réacteurs de 1300 MWe situés en bord de mer ne sont pas concernés par cette modification, EDF considérant que les températures maximales attendues sur ces sites en application du référentiel « grands chauds » ne nécessitent pas d'améliorer le refroidissement des halls diesels.

⁴ La chaleur qu'un diesel transmet au volume d'air du hall par convection croît avec la puissance qu'il développe.

⁵ Situé en partie basse du moteur Diesel, le carter collecte l'huile de lubrification.

⁶ Des surpressions peuvent survenir notamment en cas de mauvaise étanchéité des pistons, laissant communiquer les chambres de combustion avec le carter. Une mauvaise évacuation des vapeurs d'huile de lubrification par le reniflard peut également causer une augmentation de la pression dans le carter.

Ce raisonnement repose tout d'abord sur le fait que, par conception, cette modification matérielle est susceptible d'augmenter la dépression dans le hall diesel. En effet, l'augmentation du débit d'extraction (via l'installation de nouveaux ventilateurs), sans modification du circuit d'amenée, accentue⁷ la dépression par rapport à l'extérieur et au carter⁸. De plus, l'abaissement des seuils d'enclenchement favorise le fonctionnement simultané effectif de plusieurs ventilateurs, situation qui n'avait pas forcément été observée auparavant⁹. Enfin, les batteries froides installées dans les gaines du circuit d'amenée obstruent partiellement le passage de l'air, générant une perte de charge supplémentaire¹⁰.

À cet égard, EDF reconnaît avoir omis, lors de la conception de cette modification, d'en analyser l'impact sur le fonctionnement du diesel. Il en résulte qu'EDF n'avait pas identifié la nécessité que le diesel soit en marche lors de l'essai de requalification portant sur le bon fonctionnement des ventilateurs et des batteries froides, après intégration de la modification. Or le fonctionnement du moteur participe également à l'apparition des fuites, en augmentant légèrement la pression dans le carter et en mettant l'huile en circulation. **Le caractère insuffisant de l'évaluation des impacts négatifs de cette modification fait l'objet d'une expertise dédiée de l'IRSN, relative au retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires sur la période 2018-2019.**

Toutefois, ces éléments ne suffisent pas à imputer les fuites d'huile au seul déploiement de cette modification. Ce point est détaillé au paragraphe 3.4.

3.3. CONSEQUENCES VIS-A-VIS DE LA SURETE

EDF considère que ces fuites n'ont pas d'impact significatif sur la sûreté. Tout d'abord, il estime qu'elles ne remettent pas en cause l'autonomie en huile du diesel, ce dernier conservant suffisamment d'huile pour fonctionner plusieurs jours. De plus, il considère que le risque d'occurrence d'un incendie n'est pas accru, dans la mesure où, d'une part, la charge calorifique globale du local reste la même et, d'autre part, l'huile échappée ne serait pas amenée à rencontrer des surfaces chaudes au contact desquelles elle pourrait s'enflammer.

Cependant, l'IRSN considère qu'un déversement incontrôlé de plusieurs centaines de litres d'huile en quelques jours¹¹ n'est pas acceptable. En outre, l'huile échappée des soupapes rencontre un plancher en caillebottis en dessous duquel se trouvent notamment des pompes actionnées par des moteurs électriques. **L'huile est alors susceptible de ruisseler le long des caillebottis et d'ensuite couler sur ces moteurs électriques, provoquant un départ de feu pouvant se propager jusqu'au moteur Diesel ou aux matériels nécessaires à son fonctionnement. Ceci rendrait *in fine* le diesel incapable de remplir sa fonction. Par conséquent, l'IRSN estime nécessaire de garantir l'absence de fuites d'huile en mettant en œuvre des moyens adaptés.** Ce point est abordé au paragraphe 4.

3.4. CARACTERE GENERIQUE

Le lien supposé avec le déploiement de la modification du système de refroidissement du hall diesel a conduit EDF à mener des investigations sur les diesels des autres réacteurs de 1300 MWe sur lesquels cette modification a été intégrée. Des essais ont été menés, qui ont révélé des fuites d'huile sur plusieurs de ces diesels.

Ces essais de détection de fuites ont mis en exergue une grande disparité entre les débits de ventilation, pour des installations supposées identiques. **Par conséquent, l'IRSN a considéré que les systèmes de ventilation**

⁷ L'augmentation de débit amplifie particulièrement les pertes de charge linéaires dans les gaines de ventilation.

⁸ Pour rappel, le carter est à la même pression que l'extérieur.

⁹ Avant modification, le second ventilateur d'extraction ne s'enclenchait qu'à partir d'une température de 40 °C dans le hall diesel, situation qui correspond au fonctionnement du diesel lors d'une chaude journée d'été.

¹⁰ Sur ce dernier point, EDF avait pourtant indiqué dans le dossier de déclaration de la modification que « l'aérodynamique du circuit ne [serait] pas remise en cause ».

¹¹ Les débits de fuite mesurés sont de l'ordre d'une dizaine de litres par heure, ce qui conduirait à un déversement de plusieurs centaines de litres si le diesel était amené à fonctionner pendant plusieurs jours lors d'un accident.

d'origine des halls diesels des réacteurs sur lesquels la modification n'a pas encore été intégrée (ou n'étant pas concernés par celle-ci) étaient susceptibles de créer des dépressions plus importantes que prévues et que ces réacteurs devaient, à cet égard, faire eux aussi partie du périmètre d'investigation. L'ASN a alors demandé à EDF d'étendre les essais de détection de fuites à l'ensemble des réacteurs de 1300 MWe. Les actions entreprises par EDF sont analysées dans le paragraphe suivant.

4. TRAITEMENT DE L'ÉCART

4.1.1. Solution temporaire : bouchage des tubulures

Les investigations approfondies menées par EDF pour identifier l'origine des fuites ont montré que ces écoulements n'étaient pas directement causés par la simple inétanchéité des soupapes, mais qu'il s'agissait d'un flux d'huile remontant à contre-courant les tubulures de récupération. Néanmoins, le flux d'huile inversé était, lui aussi, une conséquence de la forte dépression régnant dans le hall diesel.

Pour contrer ce phénomène, EDF a procédé, sur les diesels ayant présenté des fuites lors des essais, au bouchage des tubulures par lesquelles transitait l'huile. Dans l'attente d'une solution pérenne, il prévoit de conserver ces bouchages pendant une durée de deux cycles de fonctionnement d'un réacteur, soit environ trois ans¹². EDF a présenté cette mesure au constructeur des moteurs Diesel, en détaillant les différents types¹³ de fonctionnement que le moteur était susceptible de rencontrer durant ces deux cycles. **Le motoriste n'ayant pas soulevé d'objection, ce point n'appelle pas de remarque de la part de l'IRSN.**

En revanche, les diesels sur lesquels aucune fuite n'a été observée lors des essais ne font l'objet d'aucune mesure particulière. EDF considérant que les résultats des essais sont représentatifs et reproductibles, il juge en effet inutile de procéder à des bouchages sur ces diesels. Pourtant, les éléments présentés par EDF n'expliquent pas précisément pourquoi, malgré des configurations similaires, certains diesels présentent des fuites et d'autres non, ni pourquoi les débits de fuite diffèrent. **En l'absence d'élément de cette nature, l'IRSN considère qu'EDF n'est pas en mesure d'en prévenir l'apparition et que, au vu de l'impact potentiel de telles fuites, EDF doit mettre en œuvre ces mesures temporaires de prévention des fuites d'huile sur l'ensemble des diesels des réacteurs de 1300 MWe. Ce point est intégré à la recommandation n° 1 présentée au paragraphe 4.1.2.**

4.1.2. Mise en œuvre d'une solution pérenne

EDF étudie actuellement une solution destinée à se substituer de façon pérenne aux bouchages des tubulures. Il prévoit d'arrêter le choix d'une solution mi-2021, soit près de deux ans après les premiers bouchages de tubulures.

L'IRSN rappelle à cet égard que la durée retenue par EDF en tant que durée de maintien acceptable de la solution temporaire actuellement en place est de deux cycles et que le calendrier de mise en œuvre d'une modification matérielle des groupes électrogènes de secours des réacteurs de 1300 MWe, destinée à résorber de façon pérenne les fuites d'huile, doit être compatible avec cette durée.

Par ailleurs, pour les raisons évoquées au paragraphe précédent, **l'IRSN considère que la solution temporaire et la solution pérenne que définira EDF devront couvrir l'ensemble des diesels des réacteurs de 1300 MWe. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 1 en annexe.**

¹² Le bouchage des tubulures ne peut pas être considéré *a priori* comme une solution pérenne, dans la mesure où, d'une part il supprime la fonction (mineure) de récupération des égouttures prévue à la conception, d'autre part il introduit dans le moteur un matériau dont une éventuelle dégradation sur le long terme pourrait conduire à disperser des débris de ce matériau dans le moteur, créant un risque de défaillance.

¹³ Il s'agit principalement des essais périodiques et des éventuelles sollicitations en cas de perte réelle des alimentations électriques externes du réacteur.

Par ailleurs, avant même la détection des fuites, EDF avait adapté la modification du système de refroidissement des halls diesels en considérant les puissances devant être développées par les diesels pour secourir les auxiliaires de sauvegarde (et non un fonctionnement des diesels à leur puissance nominale¹⁴). Ceci l'avait conduit, pour les réacteurs de certaines centrales, à réévaluer à la baisse les performances devant être assurées par le système de refroidissement et *in fine* à renoncer à l'installation de certains matériels¹⁵.

Or les puissances devant être fournies par les diesels aux matériels de sauvegardes sont susceptibles d'être réévaluées au long de la vie d'un réacteur¹⁶. Il n'était donc pas pertinent de s'en servir de référence dans le cadre du dimensionnement de la modification du système de refroidissement des halls diesels. À cet égard, en cas d'augmentation de la puissance nécessaire aux matériels secourus, les dégagements thermiques dans le hall diesel pourraient dépasser les valeurs de dimensionnement et remettre en cause la capacité du diesel à assurer sa fonction. **Par conséquent, l'IRSN considère que la solution pérenne que développe actuellement d'EDF pour résorber les fuites d'huile doit s'accompagner d'une réévaluation de la modification du système de refroidissement des halls diesels, qui devra être compatible avec un fonctionnement du diesel à sa puissance nominale ou, à défaut, à une puissance moindre mais enveloppe des évolutions potentielles de ce paramètre à moyen ou à long terme. Ce point fait l'objet de la recommandation n° 2 en annexe.**

IRSN

Le Directeur général

Par délégation

Frédérique PICHEREAU

Adjoint au Directeur de l'expertise de sûreté

¹⁴ La chaleur qu'un diesel transmet au volume d'air du hall par convection et par rayonnement lorsqu'il fonctionne à puissance partielle est moindre que celle qu'il transmettrait en fonctionnant à sa puissance nominale.

¹⁵ Pour rappel, sur certains réacteurs, EDF n'installe pas de troisième ventilateur d'extraction et/ou de matériel de réfrigération de l'air entrant.

¹⁶ Certaines modifications matérielles ou intellectuelles peuvent conduire à réévaluer à la hausse la puissance électrique devant être fournie aux matériels nécessaires à la sauvegarde du réacteur.

ANNEXE A L'AVIS IRSN N° 2021-00018 DU 1^{ER} FEVRIER 2021

Recommandations de l'IRSN

Recommandation n° 1

L'IRSN recommande que les mesures de prévention des fuites d'huile causées par le système de réfrigération du hall diesel soient mises en œuvre par EDF sur l'ensemble des groupes électrogènes de secours des réacteurs de 1300 MWe.

Recommandation n° 2

L'IRSN recommande qu'EDF réévalue, à l'occasion de la définition de la solution de résorption pérenne des fuites d'huile, la modification du système de refroidissement des halls diesels des réacteurs de 1300 MWe, de manière à prendre en compte un fonctionnement du diesel à sa puissance nominale ou, à défaut, à une puissance moindre mais enveloppe des évolutions potentielles de ce paramètre à moyen ou à long terme.