

LA GAZETTE NUCLEAIRE

Prix : 6 € • Abonnement (1 an) :
France : 24 €
Étranger : 30 €
Soutien : à partir de 30 €

Publication du Groupement de
Scientifiques pour l'Information sur
l'Énergie Nucléaire
(GSIEN)

46^{ème} année
INSS 0153-7431
Trimestriel
Janvier 2023


298/299

Quand le nucléaire "dit" civil devient arme par destination

EDITORIAL

Avant d'aborder les sujets sordides, je souhaite à tous nos lecteurs ainsi que leurs proches une belle année 2023.

« Guerre », ou « opération spéciale » selon les points de vue, le conflit Ukrainien, en Europe, dans un pays doté d'installations de production d'électricité d'origine nucléaire crée un précédent. Suite aux exactions commises sur deux de ces installations (Tchernobyl et Zaporijia) l'Agence internationale pour l'Énergie Atomique (AIEA) doit rappeler que la sûreté des installations « civiles » repose sur « [sept piliers](#) » qui vacillent et sont mis à mal.

Sur la situation en Ukraine, Elena Solomarska écrivait à sa manière au tout début des événements il y a 8 mois le texte ci-dessous. Ce mélange de gastronomie d'humour grinçant, si ce n'est de cynisme, nous rappelle une composante oubliée (?) sur les horreurs commises au cours de la « seconde guerre mondiale » ou « grande guerre nationale » selon les blocs.

Bonjour dans l'enfer !

Vous devez penser que je parle de l'Ukraine en feu ? Non, pour une fois il s'agit de ce grand chef russe – le petit homme aux cheveux et aux yeux

déteints qui est déjà agonisant car il ne fait que des cauchemars, le pauvre. Mais il peut connaître son heure de gloire ! C'est quoi ? Mais c'est poutine !

« La poutine est un plat de la cuisine québécoise composé dans sa forme classique, de trois éléments : des frites, du fromage (cheddar) en grains et de la sauce brune ». La recette de la poutine remonte aux années 1950 (1). « Mets longtemps ridiculisé ... la poutine est maintenant en vogue ». Vrai, tout ça ! Les ingrédients sont tout à fait à point. Étymologie de frite :

- 1460 estre frit « être perdu » - Du lat. class. frigere « faire griller, rôtir, frire ». Ça pourrait aller, non ?
- Le cheddar est un fromage jaune au lait de vache – pas d'accord ?
- Et la sauce brune ? – Pas de problème, produite en abondance par l'Allemagne nazie du temps de Hitler (avec des répliques assez réussies en URSS).

D'aucune façon je ne voudrais offenser l'authentique plat québécois, mais je le remercie de la description exacte de la composition physiologue de l'énergumène lequel se morfondant dans son bunker et ne sachant pas se servir de l'ordinateur pour jouer aux jeux vidéo du type « Company of heroes » avait décidé de la jouer « nature » en profitant de la proximité

SOMMAIRE page suivante

www.gazettenucleaire.org

Email : contact@gazettenucleaire.org

d'un pays qui lui semblait assez faible. Pardon, je me trompe. Il a d'abord fait un essai en engloutissant un autre voisin plus petit et plus faible : la Biélorussie. Hélas, il n'a pas avalé de travers. La digestion a été un peu compliquée mais les excréments qu'il fait analyser tous les jours semblaient normaux. L'appétit vient en mangeant. Mais la glotonnerie mène à l'indigestion. L'Ukraine s'est révélée être un trop gros morceau pour l'ingurgiter sans en crever.

Monsieur Sauce brune avait oublié que l'Ukraine est un pays de Cosaques. « Ce peuple, plein de souvenirs de ses ancêtres, a rejeté le joug, et c'est ce qu'on n'a pu lui pardonner » (2).

Elena Solomarska, professeure à l'Université Chevtchenko de Kiev

(1) Vladimir Poutine est né en 1952.

(2) Jean-Benoît Scherer « Annales de la petite Russie ou Histoire des Cosaques saporogues et des Cosaques de l'Ukraine », 1788.

Ce rappel est fort utile en cette période où, un peu partout dans le monde : Asie, Proche et Moyen Orient, USA, Amérique Latine, ..., sans oublier l'Europe, les événements laissent craindre une montée de cette « sauce brune » avec ses conséquences désastreuses.

A-t-on voulu oublier trop vite les horreurs commises et ce qui y avait conduit ? Les « solutions » adoptées, création de l'Organisation des Nations Unies et de ses filiales, étaient-elles à la hauteur des enjeux ? Pas moins de 10 ans de négociations auront été nécessaires autour du nucléaire, en pleine course au développement d'armes de destruction massive pour adopter, en octobre 1956, le statut de l'AIEA, agence de l'ONU qui sera officiellement créée en 1957.

« *L'agence internationale de l'énergie atomique est le centre mondial de la coopération nucléaire. Créée pour représenter « l'atome au service de la paix », l'agence sise à Vienne, doit contribuer fondamentalement à la paix, au développement et à la sécurité dans le monde en aidant à prévenir la prolifération des armes nucléaires et en promouvant une utilisation sûre et pacifique de techniques nucléaires favorisant le développement humain* » (IAEA, bulletin septembre 2006).

Cette création suivait la conférence de l'ONU à Genève de 1955 qui avait mobilisé les milieux scientifiques et industriels impliqués dans le secteur nucléaire.

En Ukraine, des sites nucléaires de production d'électricité en service ont été pris pour cible. Il y a là un précédent qui remet en question la distinction entre nucléaires « civil » et « militaire » ! Notons quand même que nombre d'entre nous ont, tout au long de ce gros demi-siècle, fortement douté de la réalité de cette distinction et alerté tant sur les risques majeurs que sur les rejets massifs qui ont accompagné tant les essais que le développement de l'industrie nucléaire.

Notre Gazette présente quelques éléments de réflexion autour de la situation ukrainienne où la sûreté de la centrale de Zaporijia ne repose, par périodes, que sur le fonctionnement de ses diesels de secours. En cas de situation analogue en France, les centrales françaises ne pourraient compter que sur leurs sources internes de secours : un dossier GSIEN fait le point sur le sujet.

Elle fait aussi un point sur les questions actuelles en matière de maîtrise des armements nucléaires avec la fin de la dissuasion, comme le constate Abraham Béhar, avant de revenir sur l'histoire, ou plutôt quelques histoires qui ont jalonné cette course à la bombe. Avec le témoignage de Raymond Sené, ce dossier GSIEN sur le nucléaire militaire revient également sur les essais atomiques au-travers de quelques articles de presse et la présentation de deux ouvrages dont celui de Jean-Claude Amiard sur les accidents nucléaires militaires.

Parmi les avis de l'IRSN que nous avons sélectionnés et commentés, vous trouverez la confirmation officielle de « **l'anomalie de conception du plenum inférieur** » des cuves EPR, un sujet que nous avons longuement évoqué dans la Gazette 296.

Enfin, *La politique du mensonge à Saint-Laurent* montrera de quelle façon EDF tente de réécrire l'histoire...

SOMMAIRE

ÉDITORIAL

Dossier Ukraine - Zaporijia	3
Déclaration AIEA	3
Note d'information IRSN	4
Mission impossible (GSIEN)	8
Coupures réseau (ACRO/CRIIRAD/AIEA)	8
Analyse GSIEN	10
Dossier GSIEN - Secours des centrales françaises	13
La 5^{ème} roue du carrosse	
Tenue aux séismes	15
Diesel d'ultime secours	16
Incident DUS Flamanville 3	18
Groupes électrogènes de secours	19
Turbine à combustion	21
Turbopompe de secours ASG	22
Turboalternateur LLS	24
Petite histoire de la turbine LLS	25
Dossier GSIEN - Nucléaire militaire	27
La dissuasion est morte (A. Béhar)	27
Nucléaire tactique (S. Seibt - France 24)	28
Arsenal nucléaire français (GSIEN)	29
Arsenal nucléaire mondial (DGS)	30
Nucléaire et climat (N. Chomsky)	31
Carnet de guerre (J-M. Royer)	32
Rubrique histoire	35
Petits rappels historiques (R. Sené)	36
Tir Béryl - 1 ^{er} mai 1962	37
To be or not to be contaminé (A. Gey)	37
Quand l'Armée perd le nord (R. Sené)	39
Essais nucléaires	40
La face cachée de la bombe (ICAN-OBSARM)	40
Dossier algérien (N. Bouzegrane - El Watan)	41
La bombe de l'Afrique du Sud	43
Mise au point (Le Monde Diplomatique)	43
Destruction (BBC news Afrique)	44
Les accidents nucléaires militaires (J-C. Amiard)	45
Moruroa - Essai Centaure	45
Enquête « Toxique » (Disclose)	46
Avis IRSN	47
REX EPRs - Défaut de conception de la cuve	47
REX 1 ^{er} essais Flamanville 3	48
REX REP EDF (période 2018-2019)	49
Palier N4 - Corrosion accélérée gaine M5	51
REP EDF - Éjection de grappe	52
REP EDF - APRP	53
Palier P'4 et N4 - Fuite BR en accident grave	54
Commentaire et analyse GSIEN	55
La politique du mensonge à St Laurent (M. Brun)	57
Extinction des micro-organismes (A. Béhar)	60
Actualités	62
Nucléaire : pas bon pour le climat (H. Kempf)	62
Tribune du CAN OUEST	62
La France reçoit de l'uranium russe	63

Abonnement, courrier, soutien :
GSIEN – 2 Allée François Villon
91400 ORSAY

N'oubliez pas de vous abonner ou réabonner, nous en avons besoin !

Et mille excuses pour le retard de ce numéro.

Bonne année encore
J-C Autret et Monique Sené

Dossier Ukraine

Centrale nucléaire de Запоріжжя (Zaporijia)

Dès le début du conflit, l'armée russe a envahi l'oblast de Zaporijia (Zaporizhzhya pour les anglo-saxons ; Zaporijie en russe). Après avoir bombardé le site une partie de la nuit, elle a pris le contrôle de la centrale le 4 mars 2022. Fort heureusement, les parties sensibles des réacteurs n'ont pas été touchées mais cette attaque démontre la précarité de la sûreté des installations nucléaires lors d'un conflit armé. « **Le monde est entré dans une ère où le nucléaire civil est devenu une cible et une arme** » [[Le Monde](#), 14/03/22].

A partir de début août, des combats ont repris dans l'environnement du site nucléaire, les deux belligérants s'accusant mutuellement de bombarder le site. Selon le Times (13/09/22), il semble toutefois que l'armée ukrainienne soit à l'origine de ces bombardements dans sa stratégie de reprendre le contrôle de ses installations.

Cette situation a tracassé quelque peu le directeur de l'AIEA. Nous reproduisons sa déclaration au lendemain des premiers bombardements du mois d'août ainsi que le point sur la situation publié par l'IRSN un mois plus tard, suite à l'inspection de l'AIEA sur le site de la centrale ukrainienne du 1^{er} au 3 septembre 2022.

En page 10, vous trouverez l'analyse de la situation (à la fin-septembre) par le GSIEN.

—

Le directeur général Grossi est alarmé par les bombardements à la centrale nucléaire d'Ukraine, il déclare que la mission de l'AIEA est vitale pour la sûreté et la sécurité nucléaires
AIEA, 6 août 2022 (Traduit de l'anglais par le GSIEN)

Le directeur général de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Rafael Mariano Grossi, a fait aujourd'hui la déclaration suivante au sujet de la situation à la centrale nucléaire ukrainienne de Zaporizhzhya :

« Je suis extrêmement préoccupé par les bombardements qui ont eu lieu hier à la plus grande centrale nucléaire d'Europe, qui soulignent le risque très réel d'une catastrophe nucléaire qui pourrait menacer la santé publique et l'environnement en Ukraine et ailleurs.

L'AIEA a reçu des informations sur cette situation grave – la dernière d'une longue série de rapports de plus en plus alarmants de toutes les parties.

Selon l'Ukraine, il n'y a eu aucun dommage aux réacteurs eux-mêmes et aucun rejet radiologique. Cependant, il y a des dommages ailleurs sur le site.

Une action militaire mettant en péril la sûreté et la sécurité de la centrale nucléaire de Zaporizhzhya est totalement inacceptable et doit être évitée à tout prix.

Toute puissance de feu militaire dirigée vers ou depuis l'installation reviendrait à jouer avec le feu, avec des conséquences potentiellement catastrophiques.

J'appelle instamment toutes les parties à faire preuve de la plus grande retenue à proximité de cette importante installation nucléaire, qui compte six réacteurs.

Et je condamne tout acte violent commis à la centrale nucléaire de Zaporizhzhya ou à proximité de celle-ci, ou contre son personnel.

Le personnel ukrainien qui exploite l'usine sous occupation russe doit être en mesure de s'acquitter de ses tâches importantes sans que des menaces ou des pressions ne nuisent non seulement à sa propre sécurité, mais aussi à celle de l'installation elle-même.

Dans cette situation extrêmement volatile et dangereuse, il est plus important que jamais que les sept piliers de la sûreté indispensables que j'ai exposés au début de la guerre, et que j'ai réitérés aux Nations Unies à New York lundi dernier, soient pleinement respectés afin de maintenir la sûreté et la sécurité nucléaires.

De manière inquiétante, cependant, presque tous ont été compromis à la centrale nucléaire de Zaporizhzhya au cours des derniers mois, et encore une fois, au cours des dernières 24 heures, plusieurs piliers ont été violés.

Cela doit s'arrêter maintenant.

Les sept piliers de la sûreté

1. L'intégrité physique des installations - réacteurs, piscines de combustible et entrepôts de déchets radioactifs - doit être maintenue ;
2. Tous les systèmes et équipements de sûreté et de sécurité doivent être pleinement fonctionnels à tout moment ;
3. Le personnel d'exploitation doit pouvoir s'acquitter de ses tâches liées à la sûreté et à la sécurité, et pouvoir prendre des décisions sans pression induite ;
4. Il doit y avoir une alimentation électrique hors site sécurisée à partir du réseau pour tous les sites nucléaires ;
5. Il doit y avoir des chaînes logistiques d'approvisionnement et des transports ininterrompus vers les sites et depuis ceux-ci ;
6. Il doit y avoir des systèmes efficaces de contrôle radiologique sur les sites et hors de ceux-ci ainsi que des mesures de préparation et de conduite des interventions d'urgence ; et
7. Il doit y avoir des communications fiables avec l'organisme de réglementation et d'autres personnes.

Source, [AIEA](#)

Afin d'éviter que la situation ne dégénère encore plus, la présence de l'AIEA pour fournir un soutien technique en sûreté et sécurité nucléaires est d'une importance capitale.

Depuis le début de cette guerre tragique, l'AIEA – et moi personnellement – nous efforçons d'aider l'Ukraine à assurer la sécurité de toutes ses installations nucléaires.

Et depuis quatre mois, je suis prêt à diriger une mission de sûreté, sécurité et sauvegarde composée d'experts de l'AIEA à la plus grande centrale nucléaire du pays, Zaporizhzhya.

Cette mission jouerait un rôle crucial dans la stabilisation de la sûreté et de la sécurité nucléaires là-bas, comme nous l'avons fait à la centrale nucléaire de Tchernobyl et ailleurs en Ukraine au cours des derniers mois, où nous avons également livré de l'équipement de sûreté et de sécurité nucléaires dont il y avait un besoin urgent.

En même temps, les inspecteurs de sûreté de l'AIEA effectueraient des activités de vérification essentielles à l'usine.

Nous fournirons également des informations impartiales et indépendantes sur le statut de l'installation de Zaporizhzya.

Ce n'est pas à cause de l'AIEA que cette mission vitale n'a pas encore eu lieu. Malgré nos efforts déterminés, elle n'a pas été possible jusqu'à maintenant.

Je n'abandonnerai pas. Je continuerai à pousser – et à pousser à nouveau – pour que cette mission de l'AIEA ait enfin lieu.

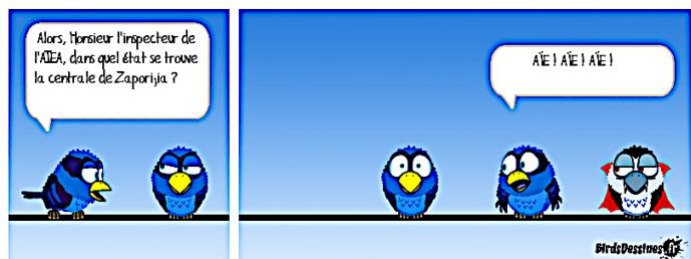
Mais cela nécessitera la coopération, la compréhension et la facilitation de l'Ukraine et de la Russie.

Nous aurons également besoin du soutien des Nations Unies, et je suis très reconnaissant du soutien indéfectible du Secrétaire général des Nations Unies, António Guterres.

On ne peut plus perdre de temps.

Afin de protéger les gens en Ukraine et ailleurs contre un éventuel accident nucléaire, nous devons tous mettre de côté nos différences et agir dès maintenant. L'AIEA est prête ».

www.iaea.org



birdsdesdines.fr

IRSN - Note d'information - Description de la centrale nucléaire de Zaporizhzya et de son environnement 6 septembre 2022

La centrale nucléaire de Zaporizhzya, exploitée par le personnel ukrainien d'Energoatom [exploitant nucléaire d'Ukraine], est sous contrôle des forces russes depuis le 4 mars 2022. Elle a récemment fait l'objet de plusieurs bombardements, suscitant une forte inquiétude sur les conséquences possibles :

- 5 août : bombardement d'un transformateur 330 kV ayant conduit à l'arrêt automatique du réacteur n°3 et au démarrage de ses groupes électrogènes de secours ;
- 5 août : bombardement et endommagement d'une station de production d'azote ;
- 6 août : bombardement à proximité du site d'entreposage à sec du combustible usé ;
- 11 août : bombardements endommageant des équipements de lutte contre les incendies, une station de pompage d'effluents non radioactifs et des capteurs de mesures de radioactivité ;

- 22 août : bombardement à proximité de la centrale thermique entraînant des dommages sur la ligne électrique d'interconnexion avec la centrale nucléaire ;
- 23 août : bombardement entre la centrale nucléaire et la ville voisine d'Energodar, entraînant des incendies de végétation proches de la centrale ;
- 25 août : bombardement au nord de la centrale thermique voisine de la centrale nucléaire, entraînant des incendies de végétation et une déconnexion temporaire de la centrale nucléaire du réseau électrique ; des diesels de secours auraient démarré ;
- 25 août : bombardement d'une galerie d'accès du réacteur n°2 (liaison avec le bâtiment d'exploitation n°1), endommageant des conduites d'eau et des liaisons électriques ;
- 28 août : bombardement du bâtiment d'exploitation n°1 entraînant une perforation du toit et des dommages dans les équipements présents ;
- 1^{er} septembre : bombardement du site ayant conduit à la coupure d'une ligne électrique 750 kV, à l'arrêt du réacteur n°5 et au démarrage des diesels de secours du réacteur n°2,
- 5 septembre : bombardement à proximité de la centrale thermique ayant conduit l'exploitant à couper la dernière ligne électrique connectant la centrale au réseau électrique Ukrainien.

A ce jour, aucun de ces bombardements n'a entraîné de rejets radioactifs sur le site. Aucune augmentation de radioactivité n'a été détectée par les réseaux de surveillance de l'environnement implantés à proximité de la centrale. Les équipes du site sont intervenues à chaque fois pour rétablir, dans la mesure du possible, la situation.

Afin de faciliter la compréhension des conséquences des événements récurrents se produisant sur le site de la centrale nucléaire de Zaporizhzya, la présente note situe la centrale dans son environnement, décrit le site et rappelle les principaux enjeux liés à sa sûreté dans le contexte actuel.

Le site de Zaporizhzya et son environnement (figure 1)

Le site de Zaporizhzya est localisé sur la rive gauche du Dniepr au niveau du réservoir de Kakhovka limité à son aval par le barrage et la centrale hydroélectrique de Kakhovka et à son amont par le barrage et la centrale hydroélectrique de Dnipro. Les ponts permettant de traverser le Dniepr en amont ou en aval sont à plus de deux heures de route de la centrale.

La Figure 1 présente le réseau électrique dans la région de la centrale de Zaporizhzya. Quatre lignes électriques de 750 kV et 2 lignes de 330 kV permettent de connecter cette dernière au réseau électrique.

Les systèmes de la centrale sont alimentés par le réseau 750 kV en fonctionnement. En cas de défaillance du réseau électrique 750 kV (Figure 3), les réacteurs 1 et 2 peuvent être alimentés par une ligne 150 kV via le poste électrique de la centrale thermique¹ et les réacteurs 3, 4, 5 et 6 par deux lignes 330 kV via le même poste électrique. Des connexions entre les réacteurs permettent un secours mutuel des alimentations électriques de leurs systèmes de sauvegarde.

Fin août, seule une ligne 750 kV (vers le Nord) et une ligne 330 kV semblaient disponibles. Début septembre, seule la ligne 330 kV serait disponible. La situation apparaît très évolutive.

Enfin, la figure 1 montre la localisation des balises de surveillance de l'environnement, qu'elles appartiennent à l'exploitant de la centrale ou au réseau national de surveillance ukrainien. Les données issues de ces réseaux sont généralement accessibles en temps quasi-réel soit grâce au réseau IRMIS de l'AIEA soit à celui de la Commission européenne (EURDEP).

Installations présentes sur le site de la centrale de Zaporizhzhya (figure 2)

La figure 2 présente un plan détaillé du site de la centrale de Zaporizhzhya. Celui-ci comporte six réacteurs de type VVER 1000 [REP] de conception russe. Chacun des cœurs de réacteurs est protégé par une enceinte de confinement qui abrite également la piscine de désactivation du combustible usé. Après quelques années, le combustible usé est transféré de la piscine de désactivation vers des containers entreposés à l'extérieur dans une zone dédiée (entreposage à sec).

Le site comporte par ailleurs de nombreuses installations liées à l'exploitation de la centrale : traitements chimiques de l'eau des circuits, gestion et entreposage des effluents radioactifs (bâtiments spéciaux), conditionnement et entreposage des déchets radioactifs solides, centre de formation, laboratoires

Principaux enjeux en termes de sûreté Perte des prises d'eau

Pour assurer le refroidissement des installations, un bassin de rétention a été construit avec un canal d'amenée et un canal de rejet pour l'alimentation de la partie conventionnelle de la centrale nucléaire. Chaque réacteur dispose d'une prise d'eau sur le canal d'amenée.

En cas de défaillance de la prise d'eau (par exemple, si le niveau d'eau du bassin de rétention était trop bas), les réacteurs seraient mis à l'arrêt et le refroidissement des cœurs et des piscines d'entreposage de combustible usé serait assuré par un circuit relié à un bassin équipé de systèmes d'aspersion (Figure 2). Un appoint d'eau à ce bassin est nécessaire pour compenser les pertes d'eau par évaporation.

Perte d'alimentation électrique de la centrale

A ce jour, l'alimentation électrique de la centrale nucléaire de Zaporizhzhya est particulièrement fragilisée. En cas de perte totale du réseau électrique externe, un ou plusieurs



Osama Hajjaj (Jordanie)

réacteurs en fonctionnement pourraient continuer à produire l'électricité nécessaire aux six réacteurs de la centrale de Zaporizhzhya, sous réserve de réussir un « transitoire d'ilotage »². La fiabilité de cette disposition,

qui n'est pas une disposition d'exploitation courante, est limitée. Ce n'est de plus pas une solution pérenne.

Chaque réacteur dispose de trois groupes électrogènes de secours (6,6 kV). Un seul groupe électrogène est suffisant pour maintenir le réacteur dans un état sûr. En outre, deux groupes électrogènes, protégés contre les agressions et les actes de malveillance (bunkerisés), sont également présents sur le site. Les stocks de carburant alimentant les diesels pourraient permettre leur fonctionnement pendant sept à dix jours, délai au-delà duquel un ravitaillement devient nécessaire.

L'état des stocks de carburant n'est toutefois pas connu. [Dans son rapport du 5 septembre 2022, l'AIEA indique une réserve de « 2250 tonnes de fuel disponible pour l'ensemble du site », soit un peu plus de 2500 m³ (source, [AIEA](#)).]

En cas de perte totale du réseau à la centrale de Zaporizhzhya, la note d'information de l'IRSN du 22 mars 2022, n'occultait pas « les risques de défaillance intrinsèque de certains groupes électrogènes dont le fonctionnement long terme dépasserait vraisemblablement le cadre de leurs tests périodiques (sans doute quelques heures) et pourrait générer des problèmes non connus de l'exploitant.

La défaillance de plusieurs groupes électrogènes de secours ne pourrait donc pas être exclue avant épuisement des réserves de carburant ».

Source, [IRSN](#)

Enjeux radiologiques en cas d'accident

La centrale nucléaire de Zaporizhzhya présente des enjeux radiologiques majeurs en cas d'accident.

- **Le refroidissement du combustible des cœurs des réacteurs ou placés dans les piscines de désactivation doit être assuré de manière continue :** une défaillance prolongée du refroidissement (perte des prises d'eau et/ou perte de l'alimentation électrique) conduirait à un accident de fusion du combustible et à des rejets radioactifs dans l'environnement ; l'ampleur des rejets dépendrait de l'étanchéité des enceintes de confinement et de la disponibilité d'un moyen d'évacuation de la chaleur dans les enceintes ;
- **Le site d'entreposage à sec de combustible usé (dans des containers) est vulnérable en cas de bombardement :** les containers sont des structures en acier et béton robustes mais leur endommagement conduirait à une dispersion de matière radioactive, avec des conséquences à l'extérieur du site dont l'ampleur dépendrait des dommages subis par les containers ;
- **D'autres parties de l'installation contenant des matières radioactives sont également vulnérables en cas de bombardement (entreposage de déchets solides, d'effluents radioactifs liquides ou gazeux) ;** les effets seraient néanmoins limités au site en lui-même.

Dans les deux derniers cas, il y aurait un rejet radioactif immédiat. Dans le premier cas, le rejet serait différé, ce qui permettrait d'alerter les populations pour évacuation, mise à l'abri ou prise de pastilles d'iode.

Dans tous les cas, les balises de mesures de radioactivité de l'environnement permettront la détection des rejets.

Enjeux humains, organisationnels et logistiques

La centrale est occupée par les troupes russes depuis début mars. Il semble qu'une forte contrainte soit exercée sur les équipes de l'opérateur ukrainien Energoatom qui continuent à exploiter la centrale. Cet état de stress des équipes, depuis environ 6 mois, augmente fortement le risque d'une erreur humaine susceptible de provoquer un incident ou accident nucléaire. Les inspecteurs de l'autorité de sûreté ukrainienne ne pouvant plus assurer leur mission sur site, il n'est pas possible de savoir si les règles d'exploitation, notamment les essais périodiques et les opérations de maintenance sont correctement appliquées. Les approvisionnements de la centrale en équipements de toutes natures, pour l'exploitation (consommables tels du bore) ou les opérations de maintenance, sont certainement très perturbés.

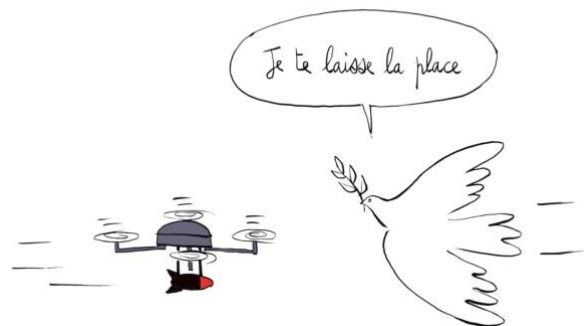
En outre, du fait des communications limitées, les centres techniques de crise nécessaires en cas d'accident nucléaire ne sont pas pleinement opérationnels. Les moyens logistiques qui seraient indispensables pour gérer les situations accidentelles ne sont plus garantis.

Pour l'IRSN, la situation de la centrale nucléaire de Zaporizhzhya et des équipes qui en ont la responsabilité

est actuellement très dégradée : la mission de l'AIEA pourrait permettre d'avoir des informations utiles sur l'état des installations et les conditions d'exploitation.

Notes

1. Cette centrale thermique est actuellement à l'arrêt.
2. Après le transitoire d'ilotage, l'alimentation électrique d'un réacteur est assurée directement par son alternateur principal et non plus par le réseau électrique externe.



unidivers.fr

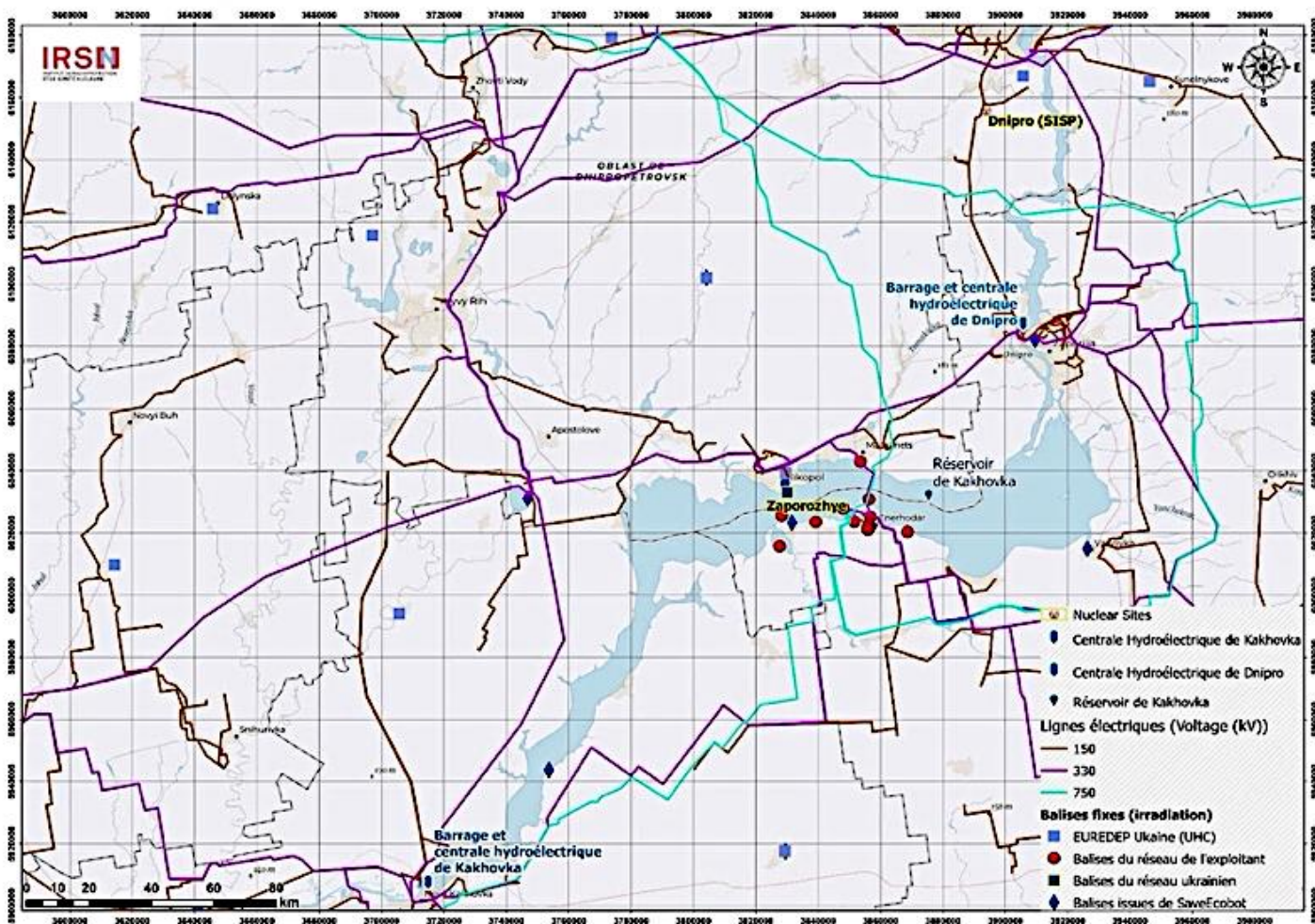


Figure 1 – Vue d'ensemble de la centrale nucléaire de Zaporizhzhya et de son environnement

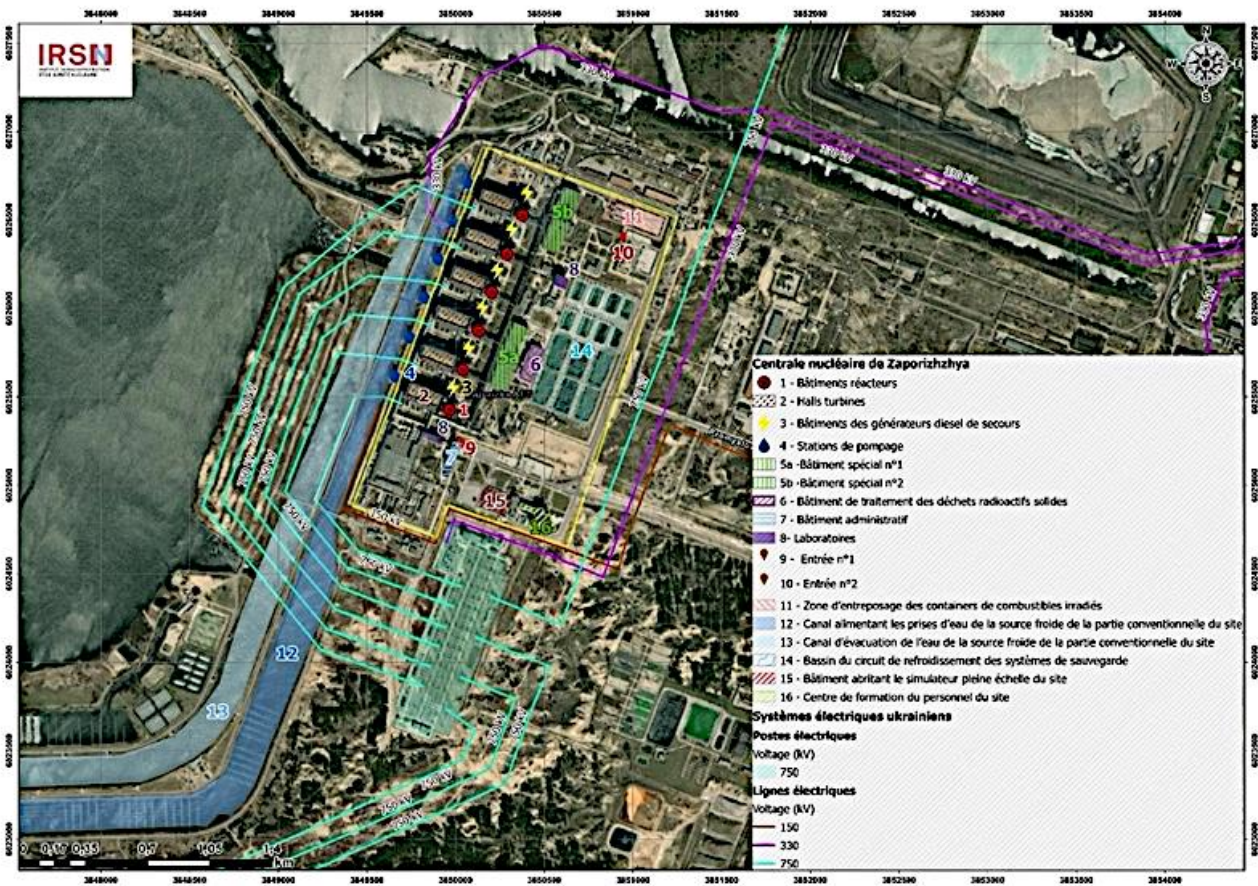


Figure 2 - Plan des installations de la centrale nucléaire de Zaporizhzhya

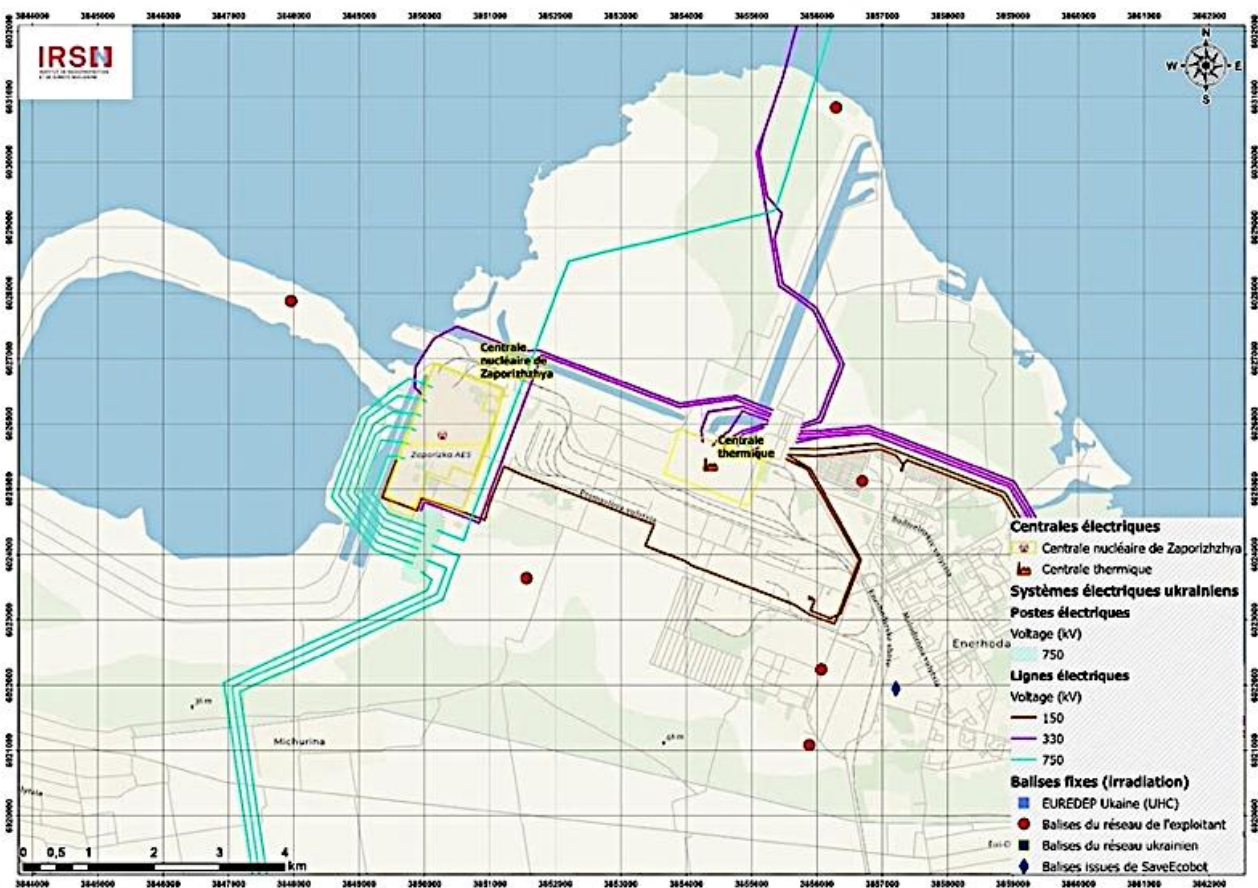


Figure 3 – Cartographie des lignes électriques connectées aux centrales nucléaire et thermique de Zaporizhzhya

ZAPORIJIA, mission impossible pour l'AIEA, ou le piège du nucléaire "civil" empêtré entre sûreté et sécurité

Jacques Terracher et Michel Brun (GSIEN), le 09/09/22

L'AIEA vient de rendre son rapport sur son inspection de Zaporijia en édictant 7 recommandations. Elles ont toutes pour but de restaurer la sûreté de la centrale, mise à mal par les bombardements qu'elle subit depuis des semaines. L'AIEA qualifie la situation « d'intenable », comme un lancement d'alerte.

L'AIEA ne fait pas de politique : elle ne nous a pas dit qui bombarde les installations nucléaires, et elle ne dit pas non plus qu'il faut arrêter cette guerre. Elle demande que la sûreté soit rétablie pour permettre la poursuite de l'exploitation des 6 réacteurs de la centrale.

Et elle n'a pas le choix de recommander autre chose : l'arrêt des réacteurs, par exemple ne résoudrait pas la question de la sûreté du combustible puisqu'il faut de toutes façons le refroidir que ce soit en réacteur ou en piscine. Les pompes de refroidissement ont besoin d'énergie électrique dont l'approvisionnement est incertain en situation de guerre comme on a pu le remarquer à Zaporijia lors de la perte de toutes les sources électriques extérieures.

Un réacteur nucléaire ne se pilote pas comme un réacteur d'avion : une fois mis en route, la réaction nucléaire peut être stoppée, certes, mais il faut évacuer impérativement la puissance résiduelle présente dans le combustible. Cela impose un refroidissement quasi permanent du réacteur : en l'absence de refroidissement, le délai avant le découverture du combustible sera d'autant plus court que la puissance résiduelle est élevée. En cas de fusion, du fait de la décroissance des produits de fission à vie courte, les rejets radioactifs d'un réacteur à l'arrêt depuis quelques semaines ou quelques mois seraient bien moindres que si le réacteur n'était arrêté que depuis peu de temps.

La situation à Zaporijia ressemble à une souricière, un piège diabolique où l'insécurité annihile la sûreté

Un défaut de refroidissement du combustible nucléaire provoquerait sa fusion, comme à Fukushima.

Sécurité, sûreté, safety, security, tout est imbriqué et mélangé dans un cocktail explosif.

Avez-vous remarqué que les notions de sécurité et de sûreté ont été inversées en français dans le langage nucléaire ? Et que si l'insécurité est souvent évoquée, "l'insûreté" n'existe pas ! ... Sauf peut-être à Zaporijia ?

En théorie, l'armée d'un pays assure la sécurité des installations nucléaires. Mais en cas d'invasion par une autre armée, cette fonction ne peut pas être assurée et les installations deviennent des objectifs et des enjeux qui n'ont pas du tout été pris en compte au moment de leur construction.

Décidément, quand le nucléaire civil, « atom for peace », devient à la fois un objectif stratégique et une arme de destruction massive pour une armée en « opération militaire spéciale », on devrait s'en inquiéter sérieusement et cesser son développement de manière universelle et définitive. En ces temps troublés, est-il concevable de construire de nouveaux réacteurs ?

Quant à la poursuite de son exploitation, l'AIEA devrait y réfléchir. La sûreté nucléaire est fondée sur des règles strictes à respecter. Or, la guerre abolit les règles rendant caduques toutes notions de sûreté.

Afin de limiter les risques radiologiques pour les populations sous le vent d'une centrale ayant perdu le refroidissement de ses réacteurs, éradiquer la guerre semblant hors de portée de l'humanité, **l'arrêt préventif de tous les réacteurs serait une sage décision** (avec, dans le cas de l'Ukraine, une perte de production de l'ordre de 50%, la part assurée par la nucléaire dans la production nationale d'électricité).

Peut-on imaginer que l'AIEA aurait la lucidité de le recommander ?

Les 7 piliers sur lesquels reposait la sûreté ont été par moment plus que sérieusement minés Perte des lignes électriques externes en Ukraine

Le point avec l'ACRO, la CRIIRAD et l'AIEA à fin-décembre

Centrale de Zaporijia

« **Les 25 et 26 août 2022, la centrale nucléaire de Zaporizhzhia** a été complètement coupée du réseau électrique pour la première fois de son histoire. Selon l'autorité de régulation, la connexion a été perdue à au moins deux reprises, le jeudi 25 août. Sans pouvoir évacuer l'électricité produite, il a fallu arrêter les réacteurs 5 et 6, les seuls encore en activité. Et comme de l'électricité est nécessaire au refroidissement des combustibles, les diesels de secours ont été mis en service. Sur le papier, selon les stress tests post-Fukushima, la centrale peut tenir 7 jours ainsi, mais il vaut mieux ne pas avoir à tester les limites en situation réelle...

Toujours selon l'autorité de régulation, les lignes électriques ont pu être rétablies le 26 août et les deux réacteurs

nucléaires remis en service. A noter, que des canalisations d'eau ont aussi été endommagées. La situation sur place s'est rapprochée de celle de Fukushima où il y a eu perte de l'alimentation en eau et en électricité. Et c'est un personnel épuisé, en état de stress lié à l'occupation par l'armée russe qui a dû gérer cette situation.

Selon Energoatom sur Telegram, le feu a pris dans une centrale à charbon située près de la centrale et a endommagé la dernière ligne électrique disponible, les autres ayant été coupées par l'occupant » [\[ACRO\]](#).

« **Le 26 août**, Energoatom puis l'AIEA annonçaient que suite à la réparation d'une ligne 750 kV, le réacteur N°6 était reconnecté à nouveau au réseau et en montée en puissance progressive. Le réacteur N°5 a ensuite également été reconnecté au réseau.

Mais les combats se sont poursuivis, y compris dans la nuit précédant l'arrivée de la délégation de l'AIEA à la centrale. Energoatom indiquait en effet le 1^{er} septembre que, du fait de tirs de mortier, une ligne de secours (330 kV) était endommagée, le réacteur N°2 basculé sur générateur diesel et la protection d'urgence du réacteur N°5 déclenchée » [\[CRIIRAD\]](#).

« **Le 3 septembre 2022**, toutes les lignes vers le réseau électrique sont à nouveau coupées, suite à des bombardements. Seule une ligne de secours vers la centrale thermique est disponible. Le réacteur n°5 a de nouveau été arrêté et l'électricité produite par le réacteur n°6 est évacuée vers la centrale thermique avant [d'être] fournie au réseau, selon AIEA.

La présence d'inspecteurs internationaux n'apporte rien à la sécurité du site » [\[ACRO\]](#).

« **Le 5 septembre**, Energoatom annonçait que, suite à un incendie lié à de nouveaux bombardements, la ligne de secours avait dû être déconnectée. Cette fois-ci, non seulement la centrale était déconnectée du réseau principal, mais de plus elle ne disposait d'aucune ligne de secours. L'exploitant décidait alors de laisser le réacteur N°6 en fonctionnement, à puissance réduite (114 à 140 MWe au lieu de la puissance maximale, de l'ordre de 1 000 MWe) et en mode « îlotage », régime durant lequel l'électricité produite par le réacteur n'est pas utilisée pour fournir de l'électricité au réseau, mais uniquement pour faire fonctionner les systèmes de sûreté de la centrale » [\[CRIIRAD\]](#).

« **Le 11 septembre 2022** à 3h41, le réacteur n°6 a été mis à l'arrêt, selon l'exploitant (voir aussi le communiqué de l'Autorité de régulation). Cela faisait trois jours qu'il était en situation d'"îlotage" avec une puissance réduite (114 à 140 MW) pour alimenter les seuls besoins de la centrale. Mais, comme une ligne électrique (celle de secours à 330 kV) a pu être rétablie la veille, afin d'assurer les besoins électriques, il n'était plus nécessaire de maintenir le réacteur n°6 dans cet état. L'électricité et l'eau courantes ont été rétablies à Enerhodar, mais la situation reste précaire et en cas de nouvelle coupure de la ligne, il faudra activer les générateurs diesels de secours. L'exploitant dit faire son possible pour accroître ses réserves de carburant, qui permettraient de tenir 10 jours, selon l'autorité de régulation nucléaire.

Et **le 13 septembre 2022**, selon l'AIEA, 3 lignes électriques ont été rétablies, ce qui est rassurant. Une fournit la centrale en courant et les deux autres sont là en secours. Il n'est pas question de remettre des réacteurs en service pour le moment.

Le 17 septembre 2022, c'est au tour de la ligne haute tension de 750 kV d'être rétablie, selon l'AIEA. Les trois lignes rétablies précédemment redeviennent des lignes de secours, ce qui renforce la sécurité de l'alimentation électrique du site et le maintien à froid des combustibles nucléaires. Il y a toujours trois lignes à haute tension de 750 kV de coupées. Par ailleurs, l'exploitant a augmenté ses réserves en diesel pour les générateurs de secours.

(...)

Le 21 septembre 2022 à 1h13, heure locale, la centrale nucléaire de Zaporizhzhia a de nouveau été bombardée, selon l'exploitant. Deux transformateurs ont été endommagés, entraînant la coupure de l'alimentation

électrique du réacteur n°6. Deux générateurs diesel de secours ont été immédiatement mis en service pour assurer le refroidissement des combustibles usés. Vers 2h, le réacteur n°6 a pu être raccordé aux autres tranches de la centrale et les diesels de secours ont pu être arrêtés. L'exploitant impute le bombardement à la Russie et rappelle qu'il y a deux inspecteurs de l'AIEA sur place.

Et l'AIEA d'ajouter qu'un autre bombardement, le 20 septembre 2022, de l'un des bassins de refroidissement par aspersion du site. Un tuyau a été endommagé, mettant le bassin hors service en attendant les réparations. Espérons qu'il y a des systèmes d'adduction d'eau de secours, car à Fukushima, il y a eu coupure d'électricité et d'eau. De plus, des tirs d'obus ont également été signalés sur le site industriel autour de la centrale thermique, situé à quelques kilomètres.

Les 27 et 28 septembre 2022, l'AIEA fait part d'explosions sur le site de la centrale nucléaire de Zaporizhzhia. Celles du 27 septembre auraient brisé des vitres dans un des bâtiments turbine. Et, le 28 septembre, l'AIEA fait part d'autres explosions qu'elle attribue, comme celle de la veille, à des passages d'animaux sur des mines.

Le 30 septembre, l'AIEA signale dans un tweet qu'il y aurait eu 6 explosions de mines en une semaine.

Le 1er octobre 2022 (...) les explosions de mines sur le site de la centrale continuent.
(...)

Le 5 octobre 2022, un décret signé par le président Poutine prend possession de la centrale de Zaporizhzhia et en confie l'exploitation à une filiale de Rosatom enregistrée à Moscou » [\[ACRO\]](#).

Le 8 octobre, la centrale de Zaporizhzhya (ZNPP) a de nouveau « perdu tout accès à l'alimentation électrique externe en raison de nouveaux bombardements dans la nuit » qui « ont endommagé la dernière ligne électrique de 750 kilovolts (kV) de la centrale ZNPP, obligeant la plus grande centrale nucléaire d'Europe à s'appuyer sur ses générateurs diesel de secours » [\[AIEA, 8/10/22\]](#).

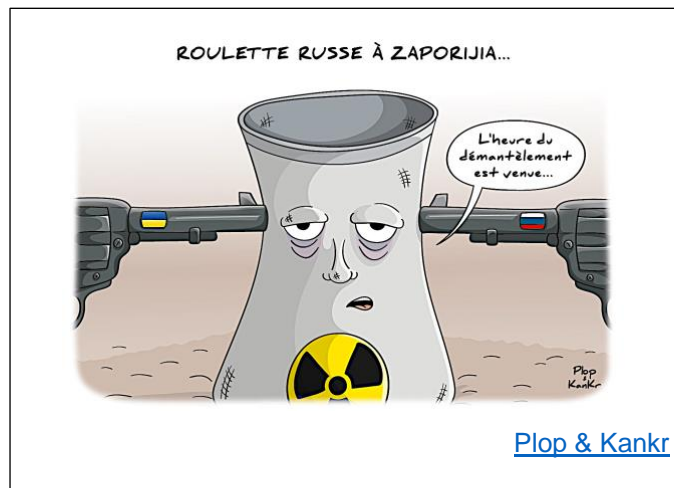
Le 9 octobre 2022, « la ligne de 750 kilovolts (kV) a été reconnectée dans la soirée » [\[AIEA, 9/10/22\]](#).

Le 12 octobre 2022, « L'équipe d'experts de l'AIEA présente à la centrale ZNPP a indiqué que la connexion à la dernière ligne électrique de 750 kilovolts (kV) encore en service avait été coupée vers 9 heures » : « Energoatom, a déclaré que les tirs d'obus avaient provoqué l'endommagement d'une sous-station - qui fait partie du système de transmission et de distribution électrique du réseau - située loin de la centrale elle-même » [\[AIEA, 12/10/22\]](#). Dans un second communiqué le même jour, l'AIEA indique que « la connexion de la centrale à la dernière ligne électrique de 750 kilovolts (kV) encore en service a été rétablie vers 13 h 40 » [\[AIEA, 12/10/22\]](#).

Le 3 novembre 2022, « Le directeur général avait précédemment indiqué que la principale ligne électrique externe de 750 kilovolts (kV) de la centrale de ZNPP avait été déconnectée à la suite d'un bombardement vers 22 heures, heure locale, hier, et qu'une ligne de 330 kV fournissant de l'électricité de secours avait également été perdue peu après minuit » [\[AIEA, 3/11/22\]](#).

Le 5 novembre 2022, « vers 22 heures, l'alimentation électrique de 750 kV des six unités de la centrale ZNPP a été rétablie, et les huit générateurs diesel de secours en fonctionnement ont été éteints et mis en mode veille » selon « le directeur général Grossi, citant les informations qu'il avait reçues de l'équipe d'experts de l'AIEA présente dans la centrale » [AIEA, 5/11/22].

Le 23/11/2022, « la centrale nucléaire ukrainienne de Zaporizhzhya a une fois de plus perdu l'accès à l'électricité externe » [AIEA, 23/11/22]. « L'alimentation externe a été rétablie » le lendemain [AIEA, 24/11/22].



Et pendant ce temps, ailleurs, en Ukraine

Centrale de Pivdennooukraïnsk (Sud de l'Ukraine)

« **Le 19 septembre 2022**, dans un communiqué, Energoatom accuse la Russie d'avoir bombardé une zone industrielle située à proximité de la centrale nucléaire du Sud [3 tranches VVER-1000], à 00h20 locales. Une puissante explosion se serait produite à seulement 300 mètres des 3 réacteurs en fonctionnement. Elle n'a pas fait de morts ou de blessés, mais aurait soufflé une centaine de fenêtres dans le bâtiment de la centrale et provoqué une

brève coupure de trois lignes de haute tension de la centrale. Une des unités hydroélectriques du barrage voisin a été arrêtée » [ACRO].

Centrale nucléaire de Khmel'nitski

(2 tranches VVER-1000 situées dans l'ouest de l'Ukraine)

Le 15 novembre 2022, « la connexion au réseau de la centrale de Khmel'nitski a été complètement interrompue (...) en raison d'attaques de missiles contre l'infrastructure énergétique du pays.

(...)

La centrale a retrouvé le réseau externe grâce à deux lignes électriques de secours de 330 kilovolts (kV), et les générateurs diesel ont été arrêtés » [AIEA, 16/11/22].

Le 23/11/2022, « l'opérateur national ukrainien Energoatom a déclaré qu'en raison d'une baisse de la fréquence dans le système électrique ukrainien aux **centrales nucléaires de Rivné** [2 VVER-440 et 2 VVER-1000], **d'Ukraine du Sud et de Khmel'nitski**, la protection d'urgence a fonctionné, à la suite de quoi toutes les unités de puissance ont été automatiquement déconnectées » du réseau [AIEA, 23/11/22].

« **La perte complète et simultanée de l'alimentation électrique hors site des centrales nucléaires ukrainiennes montre que la situation en matière de sûreté et de sécurité nucléaires dans le pays est de plus en plus précaire, difficile et potentiellement dangereuse. C'est la première fois que toutes les centrales subissent une perte d'alimentation externe en même temps. Cela aurait été totalement inimaginable avant cette guerre tragique. C'est extrêmement préoccupant** » [AIEA, 24/11/22].

Le 25/11/2022, « l'Ukraine a également confirmé aujourd'hui à l'AIEA que les trois autres centrales nucléaires - Rivné, Ukraine du Sud et Khmel'nitski - avaient été reconnectées au réseau et fonctionnaient pour produire l'électricité nécessaire aux besoins du pays » [AIEA, 25/11/22].

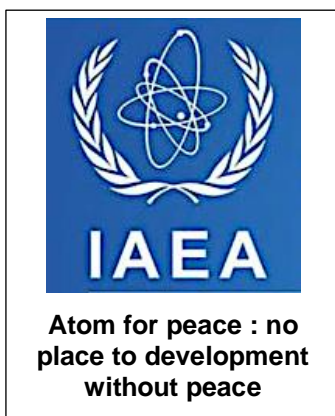
Analyse GSIEN

Puissance résiduelle et délai de grâce

Les centrales atomiques, déjà sensibles aux aléas de la nature humaine et aux caprices de la nature, deviennent extrêmement vulnérables au cœur d'une guerre et les exhortations du directeur de l'AIEA n'y ont pas changé grand-chose : des combats sporadiques continuent autour du site nucléaire.

Nous encourageons l'AIEA à remplacer son slogan fétiche (Cf. ci-contre).

Après la perte des lignes électriques externes, la centrale ne peut compter que sur ses groupes électrogènes de secours pour assurer le refroidissement du réacteur et des piscines de combustibles irradiés. En effet, près d'une heure après l'arrêt d'un réacteur de type VVER-1000, la puissance résiduelle est de l'ordre de 50 MWth. La puissance



électrique d'un réacteur de type VVER-1000 est de 950 MWe pour une puissance thermique de 3000 MWth [CEA - Elecnucl].

Le cœur, de construction hexagonale, est composé de « 163 » assemblages combustibles ayant une masse d'oxyde d'uranium de « $491,5 \pm 5,0$ kg » selon le ministère fédéral allemand en charge de la sûreté nucléaire (BMU) [inis.iaea.org] : la masse totale du cœur est de 80,1t (± 815 kg). Le BMU avait pour objectif de valider les codes de calculs des données physiques des réacteurs VVER-1000 dans le

cadre de la mise à jour de la conception du cœur VVER-1000 afin d'améliorer l'utilisation du combustible, d'augmenter le taux de combustion des assemblages et d'allonger la durée du cycle du combustible.

Rosenergoatom, l'exploitant nucléaire russe, indiquait un taux de combustion (*Maximum fuel burn-up*) de « 40,2 MWj/kg » pour le modèle de réacteur V-320 [iaea.org]. Cependant, Rosenergoatom et le fabricant de combustible TVEL (filiale de Rosatom) ont engagé des travaux visant à augmenter le taux de combustion moyen par assemblage à environ 50 MWj/kg.

En 2002, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) détaille le profil des assemblages combustibles utilisés dans les réacteurs 5 et 6 de la centrale de Kozlodouy en Bulgarie. Les 312 crayons constituant un assemblage ont des taux d'enrichissement différents en uranium 235 : « 234 crayons de combustible enrichi à 3,3 % » au centre et « 78 crayons de combustible enrichi à 3,0 % » en périphérie de l'assemblage [oecd-nea.org]. Pour augmenter le taux de combustion, il est nécessaire d'augmenter le taux d'enrichissement des combustibles chargés en réacteur (et ajouter un poison neutronique consommable, du gadolinium, dans les assemblages).

Détail d'un de ces assemblages combustible gadolinés trouvés dans le document du BMU cité plus haut : la majorité des crayons ont un taux d'enrichissement de « 4,4% ²³⁵U » au centre (avec six crayons "gadolinés" à « 3,6% ²³⁵U and 5,0% Gd₂O₃ ») et de « 4,0% ²³⁵U » en périphérie de l'assemblage [inis.iaea.org].

En étroite coopération et coordination entre l'OCDE/AEN et l'AIEA, des données sur le combustible utilisé dans les réacteurs VVER-1000 ont été intégrées dans la base de données IFPE (International Fuel Performance Experimental Database). Sur « la première tranche de Zaporozskaya pendant les cycles du combustible 4-8 », un assemblage combustible « a été irradié pendant 1142,1 jours effectifs, avec un taux de combustion moyen de l'assemblage de 48,9 MWj/kg U » [oecd-nea]. Le combustible est resté trois années en réacteur, le taux d'enrichissement avant irradiation n'est pas précisé.

Malgré l'absence de données fidèles sur les taux d'enrichissement et du mode de gestion des réacteurs de Zaporijia, nous avons essayé d'évaluer la puissance résiduelle d'un réacteur VVER-1000.

Le tableau ci-contre donne les ordres de grandeur de cette puissance dans le temps. Pendant les premières secondes après l'arrêt du réacteur, la puissance résiduelle est très élevée du fait des fissions résiduelles dues aux neutrons retardés. Elle décroît ensuite rapidement durant la première journée avec la désintégration rapide des produits de fission de courte période.

Perte de toutes les alimentations électriques - Exemple avec les réacteurs français

En cas de perte totale des alimentations électriques externes (PTAE) et de panne des groupes diesels de secours, si la situation devient extrêmement préoccupante pour refroidir le réacteur, elle n'est peut-être pas perdue pour autant, du moins sur le papier. Il y a, ce qu'on nomme dans le jargon, le **délai de grâce**. En France, « **le délai maximal dont dispose l'opérateur, après la première alarme** [perte des alimentations électriques externes et internes], **pour mettre en service un appoint au circuit**

primaire (...) afin d'éviter le découverture du cœur, est d'environ 2 h 40 min pour les réacteurs de 900 MWe, et d'environ 4 heures pour les réacteurs de 1300 MWe et N4 » [ASN. 23/12/15].

En clair, le personnel dispose d'un court délai pour empêcher la fusion du cœur. Mais ce ne sera pas aussi simple que d'appuyer sur un bouton. Il faudra d'abord établir les connexions électriques entre un tableau secours (pour alimenter une pompe d'appoint au primaire) et la source électrique d'ultime secours interne commune à tous les réacteurs d'un site nucléaire. Les connexions réalisées, on pourra alors démarrer manuellement soit un groupe diesel pour les tranches de 900 MWe (sauf Bugey), soit une Turbine à combustion (TAC) pour les autres paliers et pour Bugey, afin de mettre en service une pompe pour refroidir le réacteur. On peut supposer que les opérateurs ukrainiens disposent également d'un certain délai de grâce avant la fusion du cœur.

Le délai avant l'ébullition, l'évaporation, le découverture du combustible et, in fine, sa fusion, est fonction de deux paramètres : la température initiale de l'eau du réacteur (ou de la piscine) et de la chaleur résiduelle des combustibles qui y baignent.

Réacteur VVER-1000 Combustible UO₂ enrichi à 4,5% d'uranium 235 Burn-up : 45 GWj/t-1/3 ; 30 GWj/t-1/3 ; 15 GWj/t-1/3	
Temps de refroidissement après l'arrêt	Estimation de l'évolution de la puissance résiduelle en fonction du temps de refroidissement après l'arrêt du réacteur (3000 MW_{th})
1 seconde	544 MW _{th}
100 secondes	108 MW _{th}
1 heure	46,6 MW _{th}
1 jour	19,3 MW _{th}
8 jours	8,7 MW _{th}
1 mois	4,8 MW _{th}
3 mois	2,7 MW _{th}
1 an	1 MW _{th}
3 ans	0,3 MW _{th}

Dans cette estimation, nous avons pris comme bases les valeurs de puissance résiduelle d'un REP de 2775 MW_{th} (915 MWe) chargé avec 72,5 t d'oxyde d'uranium rapportée à la masse du cœur (80,1 t) d'un VVER-1000 (3000 MW_{th}).

Le taux d'enrichissement retenu (4,5%) est proche du taux d'enrichissement d'un réacteur VVER (4,4%). Le taux d'épuisement (burn-up) correspond à une fin de campagne avec renouvellement du combustible par tiers de cœur d'un REP 900 (source, MTE n° 50 - EDF 1983).

Cette estimation a vocation à donner les ordres de grandeur de la puissance à extraire du cœur après l'arrêt.

Le problème de l'évacuation de la puissance résiduelle des combustibles présents en piscine est le même. En cas de perte de toutes les sources électriques externes et internes, le refroidissement des combustibles ne pourra plus être assuré : l'eau va monter en température.

Avec le tableau présenté ci-contre, on peut se faire une idée du délai qu'aurait le personnel de la centrale de Tricastin pour rétablir l'alimentation électrique alimentant le système de refroidissement. C'est ce qu'on appelle la *marge à l'ébullition* de la piscine BK en cas de perte de son refroidissement.

Petit calcul de coin de table. Continuons avec l'exemple d'une piscine (dite BK) du Tricastin qui a un « *compartiment de stockage* » d'un volume de « 1326 m³ » d'après l'IRSN (voir figure ci-après). Avec pour hypothèse 7MW_{th} de puissance résiduelle et une température initiale de l'eau de 30°C, il faut apporter environ 108 MWh pour la réchauffer jusqu'à 100°C (4,185 kJ/kg°C). Pour une puissance thermique de 7 MW cela représente un délai 15,4 h pour l'atteinte de l'ébullition. Bien que nous n'ayons pas tenu compte ni du volume pris par les combustibles dans leurs racks de stockage ni des pertes thermiques par conduction dans le génie civil de la piscine BK, nous sommes dans l'ordre de grandeur de la marge à l'ébullition de la piscine BK de Tricastin : avec les mêmes hypothèses de départ, les techniciens disposeraient d'un délai plus réaliste de 13,8 h.

A titre de comparaison, pour l'EPR de Flamanville 3 le délai de grâce est bien plus court : « *En l'absence de refroidissement, l'eau de la piscine PTR atteindrait 95°C 5,7 heures après le début du transitoire. L'ébullition de l'eau dans la piscine combustible commencerait après 6,3 heures* » [EDF - Rapport préliminaire de sûreté de Flamanville 3 - Chapitre 19].

Si la piscine tient le coup. En effet, l'IRSN a noté « *que la tenue des équipements qui contribuent à l'étanchéité de la piscine, tels que les tuyauteries des circuits de refroidissement et de traitement de l'eau ou les peaux métalliques d'étanchéité des différents compartiments, n'a pas été vérifiée pour des contraintes thermiques correspondant à une température de l'eau supérieure à 80°C* » [IRSN 2020 - Éléments de sûreté nucléaire, Cf. page 425]. Tous ces délais sont bien théoriques et probablement inutiles si l'étanchéité de la piscine devient aléatoire au-delà de 80°C.

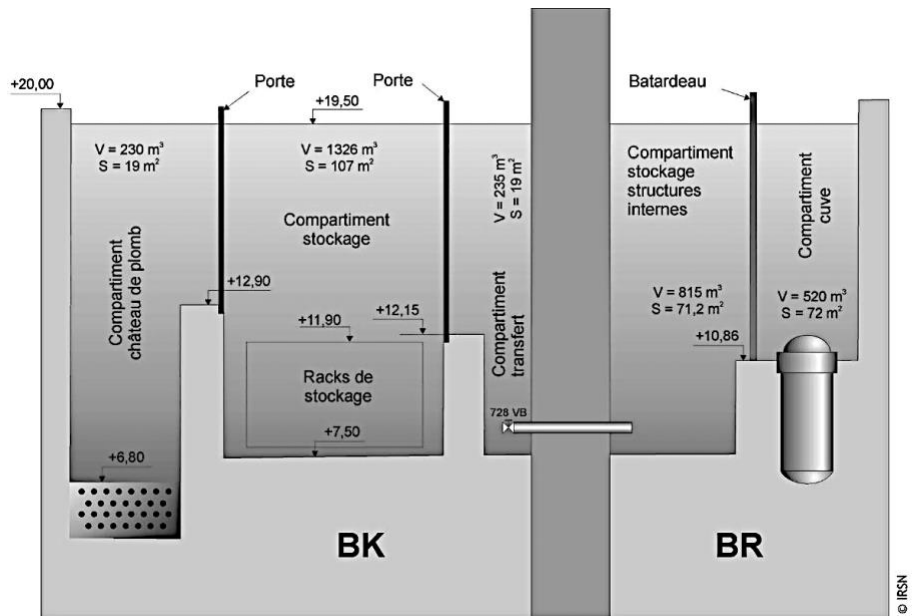
Pour les piscines de refroidissement des combustibles irradiés de Zaporijia, la « *limite admissible [est] de 70°C maximum* » selon le Rapport "StressTest" des centrales ukrainiennes [ensreq.eu].

Par ailleurs, les piscines de Zaporijia, intégrées dans le bâtiment réacteur de chaque tranche, sont moins vulnérables aux tirs directs de projectiles que les piscines BK des tranches françaises.

Délais en heures d'atteinte de l'ébullition piscine BK en situation de perte de refroidissement			
Puissance résiduelle initiale (MW _{th})	Température Initiale de la piscine BK (°C) - CPY		
	10°C	30°C	50°C
1	128 h	98,9 h	70,1 h
2	64,1 h	49,4 h	35 h
3	41,9 h	32,3 h	22,9 h
4	31,4 h	24,2 h	17,2 h
5	25,1 h	19,4 h	13,7 h
6	20,9 h	16,2 h	11,5 h
7	17,9 h	13,8 h	9,8 h
8	15,7 h	12,1 h	8,6 h
9	14 h	10,8 h	7,6 h
10	12,6 h	9,7 h	6,9 h

Référence : Essai périodique Palier CPY - Délai d'ébullition de la piscine BK en cas de perte de refroidissement - EDF CNPE de Tricastin, 2012

En situation d'urgence, quelle que soit l'origine de la crise, la sûreté des installations repose sur les moyens de secours interne du site nucléaire et ceux pouvant être éventuellement acheminés par la Force d'action rapide nucléaire (FARN). C'est l'occasion de détailler les moyens de secours installés sur les sites des centrales françaises.



Vue en coupe des piscines du bâtiment du réacteur (BR) et du bâtiment du combustible (BK) d'un réacteur de 900 MWe du palier CPY, avec les différents compartiments

Source, IRSN

Dossier GSIEN - Sources internes de secours des centrales françaises La cinquième roue du carrosse cabossée

Imaginons une situation analogue à celle de Zaporijia dans une des centrales françaises où toutes les alimentations électriques externes seraient coupées, où la sûreté des réacteurs ne survivrait plus que sur le *bon* fonctionnement des sources électriques internes. Il faudrait pouvoir disposer de matériels robustes, fiables et ayant une autonomie conséquente.

Architecture des alimentations électriques

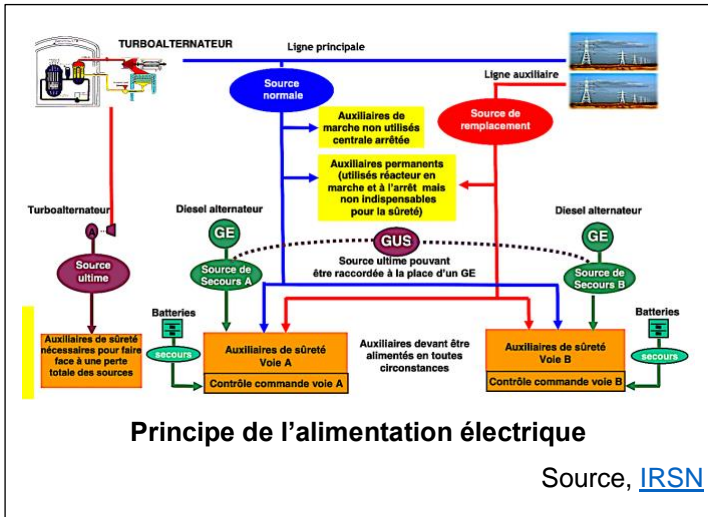
Regardons leur fonctionnement avec l'IRSN : « Le fonctionnement d'une centrale nucléaire nécessite de disposer d'un système d'alimentation électrique permettant d'assurer l'exploitation et la sûreté de l'installation. Le système de distribution électrique est conçu pour répondre aux besoins de l'exploitation normale de la tranche lorsqu'elle produit de l'électricité ou en période d'arrêt (auxiliaires de marche et auxiliaires permanents) mais aussi pour assurer l'alimentation des équipements assurant les fonctions de sûreté requises lors d'une situation incidentelle ou accidentelle sur l'installation (auxiliaires secourus). Sur les tranches françaises, ces fonctions de sûreté sont assurées par deux systèmes indépendants (auxiliaires de sûreté voie A et voie B). Un seul de ces deux systèmes est suffisant pour placer le réacteur dans un état sûr et le maintenir dans cet état. Leur alimentation électrique est assurée par deux tableaux secourus (voies A et B) qui peuvent être alimentés par plusieurs moyens (cf. figures).

électrogènes : GE) propres à la centrale doivent alimenter en quelques secondes chacun une voie de sûreté (...). Un seul générateur est suffisant pour accomplir les actions nécessaires.

Par ailleurs, sur chaque site, **une source dite ultime peut être connectée manuellement en quelques heures à la place d'un groupe de secours défaillant d'une quelconque des tranches du site** (cette source ultime peut être un groupe électrogène [dit GUS - palier 900 MWe CPY] ou une turbine à combustion [TAC - Bugey et les autres paliers]. Enfin pour parer à l'éventualité d'une perte simultanée des deux sources externes et des deux groupes de secours, chaque tranche a été dotée d'un turboalternateur [de secours (TAS) dit] (LLS) alimenté en vapeur par les générateurs de vapeur et qui assure en quelques secondes le secours électrique ultime des fonctions nécessaires pour maîtriser la sûreté en attendant de retrouver une des sources électriques (mise en place de la source ultime, réparation d'un des deux groupes de secours défaillants...).

Il est également à noter que l'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur peut être réalisée par des turbopompes alimentées par la vapeur des générateurs de vapeur [TPS ASG] (1 turbopompe sur les réacteurs du palier 900 MWe et 2 sur les paliers 1300 MWe et N4). Le séisme est pris en compte dans le dimensionnement de des deux générateurs de secours à moteur diesel et du LLS » [IRSN 2013].

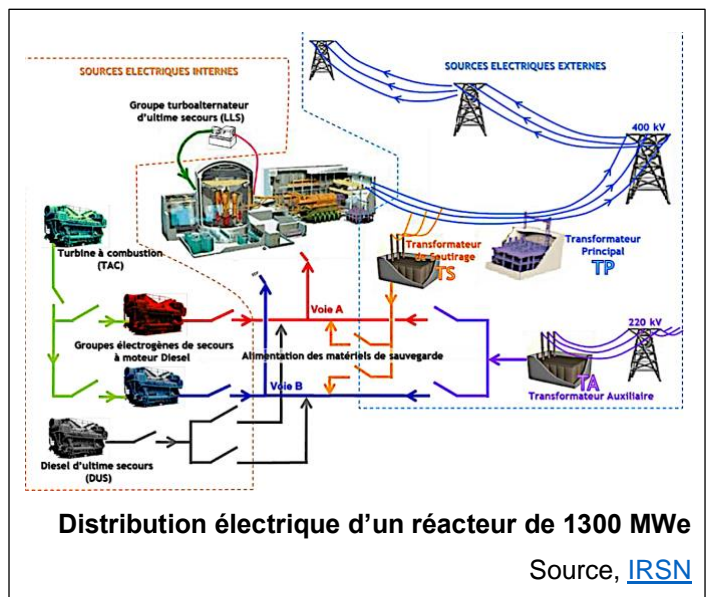
A cette architecture de conception, un Diesel d'ultime secours (DUS) a été ajouté à chaque tranche du parc suite au REX de Fukushima. Cependant, les DUS installés sur le palier 1300 MWe posent des problèmes de fiabilité quoiqu'en dise EDF (Cf. page 16).



En situation normale c'est la ligne électrique dite "principale d'évacuation" de l'énergie produite par la centrale vers le réseau électrique national, qui alimente les auxiliaires de la centrale. Si la centrale fournit de l'énergie au réseau, c'est une partie de sa production qui est ainsi prélevée. Si la centrale est à l'arrêt c'est le réseau électrique national qui apporte la puissance nécessaire.

(...)
En cas d'avarie prolongée sur la ligne "principale" (via le Transformateur de Soutirage - TS), la production est stoppée et l'énergie nécessaire, pour placer le réacteur dans un état sûr et le maintenir dans cet état, reste fournie par le réseau national en utilisant une seconde ligne dite "auxiliaire" (via le transformateur auxiliaire TA) qui relie la centrale au réseau.

(...)
Si un événement rend indisponible les deux sources externes, la centrale s'arrête automatiquement et deux générateurs de secours à moteur diesel (groupes



Le tableau ci-après résume les moyens de secours disponibles sur les tranches en fonctionnement.

Parc EDF - Moyens de secours Type, énergie et nombre par réacteurs			
Moyens de secours Energie	Palier		
	900 MWe Bugey	900 MWe sauf Bugey	1300 et 1500 MWe
GE Fioul	2	2	2
DUS Fioul	1	1	1
GE LLS Fioul	1	1	1
TAS LLS Vapeur GV	1	1	1
TPS ASG Vapeur GV	1	1	2
Il existe également 1 GUS (GE ou TAC selon le palier) commun à toutes les tranches d'un même site			
GE Gazole	0	1	0
TAC Fioul ou Kérosène	1	0	1
TAC fioul : Cattenom, Paluel, Golfech, Penly et Saint-Alban; Civaux et Chooz. TAC kérosène : Flamanville, Nogent et Belleville.			

La saga des problèmes rencontrés par EDF avec ses moyens de secours est longue. Un de ces épisodes a été relaté dans la [Gazette n° 279](#) (mars 2016) avec un article sur la « Défaillance des groupes électrogènes à moteur diesel » des tranches de 900MWe causée par les coussinets de bielles des moteurs diesel (voir également l'enquête du [Journal de l'Energie](#)).

Les sources de secours des centrales EDF sont vétustes voire obsolètes comme le turbo-alternateur dit LLS. Certes, les Diesels d'ultime secours (DUS) post Fukushima ont été installés afin de sanctuariser l'alimentation électrique des réacteurs. Ils ne sont pourtant pas au rendez-vous de la sûreté, EDF ayant privilégié l'aspect économique à l'aspect technique comme nous le verrons plus loin.

Parfois, même si les groupes électrogènes démarrent correctement, un mode commun affectant les deux voies électriques secourues d'un réacteur (voie A et voie B) peut empêcher le fonctionnement des systèmes de sauvegarde. Exemple avec cet incident (INES 2) sur la tranche n° 2 de Penly en 2019 : lors du redémarrage du réacteur après un renouvellement du combustible, l'IRSN explique que « l'exploitant a constaté successivement des refus de démarrage de quatre pompes de systèmes importants pour la sûreté. Dans les quatre cas, le diagnostic des défaillances s'est orienté vers les CI relatifs à ces pompes, qui venaient d'être remplacés ». Les CI, ou « Contact d'insertion », sont des composants de contacteurs de cellules de 6,6 kV. « Ces composants défaillants provenant d'un même lot, tous les CI installés, lors de l'arrêt de 2019, dans des contacteurs de cellules de 6,6 kV des deux voies électriques

secourues ont été considérés potentiellement affectés par un défaut de fabrication » [souligné par l'IRSN]. « **L'IRSN a estimé l'accroissement du risque de fusion du cœur du réacteur n° 2 de Penly induit par la présence de composants en écart dans les contacteurs de cellules de 6,6 kV des deux voies électriques secourues, pendant une durée de 15 jours. Il est supérieur, d'au moins un facteur 10, au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur** (Un événement est dit « précurseur » lorsque son occurrence sur un réacteur induit un accroissement du risque de fusion du cœur supérieur à 10^{-6} par rapport à la valeur de référence) » [[IRSN, 21/06/21](#)].

Sur les antiques groupes diesel équipant les réacteurs (deux par tranches) des échanges standards de moteurs ont été réalisés mais des **problèmes de conception et de corrosion** (entre autres) ont été découverts ces dernières années sur les matériels auxiliaires. Cela a posé des **problèmes de résistance aux séismes**, de manière parfois récurrente, problèmes mis en évidence par l'ASN depuis plusieurs années. Ces dernières années, le GSIEN a répertorié **trois incidents classés au niveau 2 de l'échelle INES qui concernent respectivement 20, 7 et 39 réacteurs...**

Pour faire le lien entre le risque sismique et le danger d'un bombardement, voici une réflexion sur des engins tels les *bunker busters* capables de créer une onde de choc supersonique :

« Pendant la Seconde Guerre mondiale, le designer britannique Barnes Wallis, déjà célèbre pour avoir inventé la bombe rebondissante, a conçu deux bombes qui deviendraient les prédécesseurs conceptuels des bunkers modernes : le Tallboy de cinq tonnes et le Grand Slam de dix tonnes. Il s'agissait de bombes "tremblements de terre" — un concept qu'il avait proposé pour la première fois en 1939 ».

(...)

« Bien que ces bombes puissent être considérées aujourd'hui comme des "busters de bunker", en fait, la théorie originale du "séisme" était plus complexe et subtile que de simplement pénétrer une surface durcie. Les bombes sismiques ont été conçues pour ne pas frapper une cible directement, mais pour frapper à côté d'elle, pénétrer en dessous et créer un "camouflet" ou une grande caverne enfouie tout en délivrant une onde de choc à travers les fondations de la cible. La cible s'effondre alors dans le trou, quelle que soit sa dureté » [[stringfixer.com](#)].

Retournons rapidement à la centrale de Zaporijia, où comme on l'a vu dans la note de l'IRSN, « Les stocks de carburant alimentant les diesels pourraient permettre leur fonctionnement pendant sept à dix jours ».

En France, d'après la consigne de conduite des « Groupe électrogène d'ultime secours » du CNPE de Chinon, « La citerne combustible (80 m³) d'une capacité utile de 74 m³ autorise une autonomie de 3,5 j à la puissance maximale ». « L'autonomie requise du groupe est de 72 h ce qui impose une réserve de combustible $\geq 60 \text{ m}^3$ » [1]. Il y a deux groupes associés à chaque réacteur et, même s'ils ne fonctionnent pas à la puissance maximale, il faudra organiser rapidement une noria de camions citerne nécessaire à la poursuite de leur fonctionnement (s'ils ne tombent pas en panne...), au milieu d'une zone de conflit.

Réf. [1] Consigne permanente de conduite - F.0/9/8LHT.1 - Groupe électrogène d'ultime secours GUS - CNPE de Chinon, 11 février 2005.

Problèmes de tenue aux séismes

On peut citer en exemple les problèmes les plus récents, identifiés par EDF en 2017 et 2018, qui ont touché les vases d'expansion (ancrage et corrosion) des systèmes de refroidissement des groupes électrogènes de secours de nombreux réacteurs :

- « **Incident de niveau 2** » qui concerne les **20 réacteurs du paliers 1300 MWe**. « *L'événement significatif porte sur l'absence de démonstration de la tenue au séisme des ancrages dans le génie civil des systèmes auxiliaires des diesels de secours. Il recouvre à la fois des problèmes de conception, génériques à l'ensemble des réacteurs de 1300 MWe, et des problèmes locaux liés à un mauvais état ou à un mauvais montage des ancrages* » [[ASN, 19/06/17](#)].
- « **Incident de niveau 2** » : « portant sur l'absence de démonstration de résistance au séisme » et concernant **7 réacteurs** du paliers 1300 MWe avec des défauts liés à un phénomène de « **Corrosion des vases d'expansion** ». « Ces défauts résultent notamment d'une maintenance insuffisante de ces matériels » [[ASN, 18/01/18](#)].

Suite du feuilleton : de 2019 à 2022, une multitude de défauts ont été détectés sur les groupes de secours lors des contrôles réalisés suite à une décision de l'ASN prescrivant à EDF une « vérification de la conformité » de toutes les « sources électriques existantes et de leurs équipements » associés [[ASN, 19/02/19](#)].

Le point avec l'ASN : « Le 8 juin 2022, EDF a déclaré à l'ASN des **défauts de résistance au séisme des sources électriques** de ses centrales nucléaires » ; « Ces contrôles ont mis en évidence des défauts sur quatre réacteurs qui n'étaient jusqu'alors pas concernés, **portant à 39 le nombre total de réacteurs affectés**. Ils conduisent également à réévaluer au **niveau 2 de l'échelle INES** le classement de l'événement **pour trois réacteurs pour lesquels des défauts avaient déjà été détectés** » ; « le fonctionnement des diesels de secours pourrait ne plus être assuré en raison de ces défauts » ; « L'ensemble des défauts constatés a fait l'objet de réparations par EDF » [[ASN, 11/07/22](#)], jusqu'aux prochains avis d'incident...

Il nous semblait bien qu'EDF trainait parfois des pieds pour mettre ses installations en conformité avec le niveau sismique recommandé par l'IRSN. Une thèse récente (Mathias Roger, 2020), au titre révélateur, va pleinement nous éclairer sur le sujet : « **Le séisme, la centrale et la règle : instaurer et maintenir la robustesse des installations nucléaires en France** ». Extraits :

« Dans le cas de l'aléa sismique, les experts d'EDF donnent une définition restreinte de ce qui constitue une donnée scientifique nouvelle, minimisent quasi systématiquement l'impact de telle donnée quand il y en a, et utilisent en dernier ressort, la marge de sécurité fournie par le séisme majoré de sécurité pour ne pas en tenir compte dans la procédure de maintenance. Ils tentent également d'exclure purement et simplement les séismes superficiels (caractéristiques de la sismicité française et qui mettent à mal la démonstration de

robustesse depuis le milieu des années 1970) du giron de la maintenance en prétendant leur innocuité ».

(...)

« Cette position, qui vise à refuser de reconsidérer les bases de conception de l'objet technique, est contestée catégoriquement par les experts de l'IPSN [futur IRSN]. Pour ces derniers, si l'évolution des connaissances sur la sismicité pousse à réévaluer l'aléa sismique d'un site, alors il faut le répercuter à tous les niveaux. Au regard des incertitudes radicales entourant la connaissance de l'aléa sismique en France, il n'est pas question pour eux d'accepter de consommer les marges de sécurité, et en particulier celles obtenues par la majoration forfaitaire de l'aléa pour la définition du séisme majoré de sécurité, point de référence à partir duquel est créée la conviction dans la robustesse parasismique » [[Thèse Mathias Roger, 2020](#) - cf. pages 442 et 443].

Les écarts constatés sur les matériels auxiliaires ayant a priori été résorbés, la question se pose de la tenue aux séismes des groupes électrogènes et de leur distribution électrique permettant de réalimenter les tableaux secourus sur lesquels sont raccordées les pompes de sauvegarde, par exemple. En 2015, l'ASN avait quelques doutes : « **des actions complémentaires s'avèrent ou pourront s'avérer nécessaires pour fiabiliser les sources électriques internes et la distribution électrique secourue** de puissance, notamment la résorption d'écarts potentiels qui seraient susceptibles de compromettre la fiabilité des équipements associés. En particulier, l'ASN estime que la conformité des groupes électrogènes diesels à leurs exigences de sûreté, notamment leur fonctionnalité à la suite d'un séisme, constitue une ligne de défense indispensable pour éviter l'apparition des scénarios redoutés » [[ASN, 23/12/15](#)]

En juin 2021, l'ASN signale un « **Défaut de résistance au séisme du circuit de réfrigération d'un groupe électrogène de secours du réacteur 1** » de la centrale de Saint-Laurent : « Le 3 décembre 2020, une fissure sur une tuyauterie du circuit de refroidissement du groupe électrogène de secours à moteur diesel de la voie B du réacteur 1 a été détectée au cours d'une opération de maintenance préventive. Le 8 décembre 2020, à la suite d'une première analyse de l'exploitant, la fissure a été considérée comme ne remettant pas en cause le fonctionnement du groupe électrogène de secours en situation normale.

Le 8 février 2021, l'analyse complémentaire réalisée par l'exploitant a cependant mis en évidence que la fissure identifiée sur le circuit de refroidissement pouvait remettre en cause la résistance de ce dernier en cas de séisme. La voie B d'alimentation électrique du réacteur 1 a donc été considérée comme **non disponible**. Après plusieurs échanges avec l'ASN, l'exploitant a confirmé l'existence d'un écart qui l'a amené à également considérer la voie A électrique de ce réacteur comme **indisponible en cas de séisme** ».

L'ASN n'a pu que constater « l'indisponibilité potentielle de ses deux voies d'alimentation électrique en cas de séisme » [[ASN, 01/06/2021](#)]. Les deux groupes électrogènes de secours d'une tranche assurent une alimentation électrique redondante des systèmes de sauvegarde via deux tableaux électriques secourus, la voie A et la voie B. Avec les deux voies secourues

devenues indisponibles en cas de séisme, le repli du réacteur dans un état sûr aurait été compliqué.

Diesel d'ultime secours (DUS) post Fukushima

Après Fukushima, l'ASN a incité EDF à équiper chaque réacteur d'un groupe d'ultime secours (DUS) supplémentaire là où l'IRSN en espérait deux.

EDF n'a pas pu respecter l'échéance (comme bien souvent !) de mise en service des DUS, prévue au 31/12/2018. Alors obligamment (mais avait-elle le choix ?), « L'ASN a décidé de modifier le calendrier de mise en service des groupes électrogènes à moteur diesel d'ultime secours (DUS) compte tenu des difficultés rencontrées par EDF lors des opérations de construction. L'ASN a assorti ce rééchelonnement, qui s'étend jusqu'au 31 décembre 2020, de prescriptions relatives au contrôle de la conformité des sources électriques existantes » [ASN, 27/02/19]. L'ASN devra à nouveau repousser de deux mois cette échéance compte-tenu de nouvelles difficultés rencontrées par EDF pour tenter de fiabiliser ses DUS.

Avec une « cuve de 60 000 l de fuel », les DUS peuvent atteindre, si le plein est fait, « une autonomie de quinze jours » [SFEN, 2017]. Mais les DUS des tranches de 1300 MWe ont une fâcheuse tendance à vouloir jouer à Capitaine Flamme.

En effet, lors des essais de qualification des DUS du palier 1300 MWe, comme plusieurs moteurs ont pris feu, EDF a déclaré un Évènement significatif pour la sûreté (ESS) générique. Suite au « départ de feu survenu le 25 février 2021 au niveau du groupe électrogène d'ultime secours du réacteur 2 » de Flamanville, l'ASN a fait une inspection inopinée sur le site.

Penchons-nous sur quelques extraits du compte-rendu de l'inspection :

« Par courrier du 6 octobre 2020 en référence [1] EDF a déclaré un ESS générique pour le palier 1300 MWe relatif à des écarts ayant provoqué la survenue de plusieurs départs de feu au niveau des DUS, au cours de la réalisation d'essais préalables à leur mise en exploitation.

Dans son courrier du 24 décembre 2020 en référence [2] EDF détaille son analyse de l'évènement et définit deux actions censées corriger les dysfonctionnements. Plus particulièrement, la seule action de virage du moteur, consistant à faire tourner le moteur après arrêt, devait permettre d'éviter le renouvellement des départs de feu liés au phénomène de « candle fire » identifié. En effet, la technologie des moteurs des DUS du palier 1300MWe est telle que l'huile de lubrification circulant dans le carter supérieur peut suinter à travers les cylindres et pénétrer dans le collecteur d'échappement. Les préconisations du constructeur, qui connaissait ce phénomène, consistaient à la réalisation d'un virage moteur après 30 minutes suivant l'arrêt d'un fonctionnement du moteur ou bien après la réalisation d'une pré-lubrification non suivie d'un démarrage moteur. Ces consignes ont été diffusées à l'ensemble des CNPE du palier 1300 MWe ».

(...)

« L'analyse de l'ESS [réalisée par EDF] en référence [2] porte en particulier sur ses conséquences potentielles sur la sûreté.

Elle indique "la disponibilité des DUS en exploitation n'ayant pas été remise en cause et ceux-ci n'étant pas valorisés dans la démonstration de sûreté, les conséquences potentielles en termes de sûreté sont négligeables". Il a par ailleurs été indiqué à l'ASN dans le cadre d'échanges afférents que le dégagement de fumées ou le départ de feu de type "candle fire" n'est pas de nature à affecter les fonctions des DUS.

Toutefois dans votre communication du 26 février 2021 aux inspecteurs, vous avez indiqué que le DUS du réacteur 2 avait « déclenché automatiquement sur détection JDT [alarme incendie] », à cause des dégagements de fumées. Un tel comportement ne permettrait donc pas de considérer disponible un DUS dont le collecteur d'échappement présenterait des traces d'huile.

Enfin, bien que les DUS ne soient pas valorisés dans la démonstration de sûreté, ils sont intégrés dans le référentiel d'exploitation et notamment dans la documentation de conduite incidentelle-accidentelle (CIA) qui a été contrôlée dans le cadre de l'inspection du 8 et du 9 octobre 2020 ».

« Réf. [1] 6/10/2020 - Courrier EDF D455020006151 - Déclaration d'un événement significatif pour la sûreté à caractère générique pour le palier 1300 MWe - Départs de feu sur les DUS de BEL 1, CAT 1 & 4, PEN 2, SAL 2 et GOL 2

[2] 24/12/2020 - Rapport EDF D455620110428 indice A - Rapport d'évènement significatif pour la sûreté - Départs de feu sur les DUS de BEL 1, CAT 1 & 4, PEN 2, SAL 2 et GOL 2 » [ASN, 6/04/21].

Vous l'aurez compris, **les DUS concernés sont ceux des tranches de Belleville 1, Cattenom 1 & 4, Penly 2, Saint-Alban 2 et Golfech 2**. On voit dans cet exemple avec quelle désinvolture, une fois de plus, EDF analyse les conséquences pour la sûreté de la défaillance de ses diesels d'ultime secours : un diesel se met à fumer, l'alarme incendie arrête automatiquement le diesel mais les conséquences potentielles en termes de sûreté sont négligeables.

Mais en juin 2022, l'ASN a dû retourner à Flamanville. Une lettre de suite explique pourquoi : « une inspection inopinée a eu lieu le 15 juin 2022 au CNPE de Flamanville consécutivement à l'évènement de **départ de feu survenu le 14 juin 2022 au niveau du groupe électrogène d'ultime secours du réacteur 2** ». Toujours le même DUS...

« Les inspecteurs ont visité les locaux des bâtiments des groupes électrogènes diesels d'ultime secours (DUS) du réacteur 2 après le sinistre survenu la veille et ont échangé avec les personnes témoins du départ de feu ainsi que vos représentants ».

(...)

« Par courrier du 6 octobre 2020 en référence [1] [voir Réf. ci-dessus] EDF a déclaré un ESS générique pour le palier 1300 MWe relatif à des écarts ayant provoqué la survenue de plusieurs départs de feu au niveau des DUS pendant leurs essais.

L'analyse de cet ESS a conduit à la définition de plusieurs actions correctives sur les réacteurs concernés :

- limiter la migration de l'huile vers les collecteurs d'échappement, notamment par la réalisation de modifications matérielles et l'application d'une nouvelle procédure de virage du moteur ;
- diminuer la quantité d'huile susceptible de se trouver en contact avec les parties chaudes du collecteur,

notamment par la mise en œuvre de calorifuges non absorbant et la réfection de l'étanchéité des tuyauteries des gaz d'échappement.

Le DUS du réacteur 2 [de Flamanville] a été affecté par deux incidents de départs de feu en 2021. En réponse à la lettre de suite d'inspection réactive après l'incident du 25 février 2021 en référence [\[lien\]](#) du 6 avril 2021, vous aviez indiqué que l'amélioration du virage moteur serait efficace pour prévenir le phénomène de "candle fire".

Les inspecteurs ont observé que les actions précitées ont été correctement mises en œuvre sur le diesel du réacteur 2. Néanmoins, ils ont constaté qu'elles n'ont pas empêché le renouvellement d'un départ de feu dans le même secteur que le 25 février 2021 au niveau du collecteur d'échappement ».

(...)

Demande II.1 : Caractériser l'événement de départ de feu survenu sur le réacteur 2 le 14 juin 2022 au regard notamment de la suffisance et de l'efficacité des actions définies dans l'analyse en référence [2], ayant pour conséquence une dégradation importante de la disponibilité des DUS.

Demande II.2 : Transmettre dans les meilleurs délais les conclusions des expertises réalisées par vos services et le constructeur du DUS sur l'origine du départ du feu, et les actions de remédiation engagées » [\[ASN, 23/06/22\]](#).

Avec trois départs de feu sur le moteur du DUS de Flamanville 2, dont le dernier requalifié par l'ASN en sinistre avec une dégradation importante de la disponibilité, il va être délicat pour EDF de continuer à faire des incantations sur les conséquences potentielles, en termes de sûreté, négligeables.

Comme on l'a vu, de tels propos se trouvent dans son rapport d'ESS du 24 décembre 2020, envoyé à l'ASN, dans lequel elle explique que la disponibilité des DUS en exploitation n'a pas été remise en cause. Mais, à la même période et en interne, EDF n'a pas la même opinion sur la disponibilité des DUS de modèle candle fire.

Capital s'est procuré, un courrier « adressé par la division de l'ingénierie d'EDF à Westinghouse France. L'auteur y indique : "Nous continuons à subir de nombreuses avaries. En particulier, lors de plusieurs démarrages moteurs, des départs de feu sont survenus au niveau du collecteur d'échappement des machines. (...)

Le risque d'incendie n'ayant pas été écarté après 6 départs de feu, nous avons été contraints, le 12 juin 2020, de demander aux exploitants de ne plus démarrer les moteurs et de déclarer indisponibles les DUS Nogent 1, Nogent 2, Cattenom 2, Cattenom 3, Golfech 1 et Golfech 2." Rien que cela...

Interrogés par Capital, EDF, l'ASN et Westinghouse (le fournisseur des DUS) répondent en cœur que tout va bien (lire leur réponse en fin d'article*), que ces incidents ont été résolus. Une source interne à Westinghouse assure pourtant à Capital que le souci n'est toujours pas définitivement réglé, qu'il le sera d'ici le printemps. Et les multiples demandes de reports d'échéances EDF incitent à la méfiance.

(...)

Les réponses d'EDF, de l'ASN et de Westinghouse

*Sollicité par Capital sur les incidents survenus sur 6 DUS, EDF nous a répondu ainsi : "À date, 52 des 56 DUS construits sont mis en exploitation et fonctionnent correctement. Les quatre DUS restant seront mis en exploitation conformément au calendrier prescrit par l'Autorité de sûreté nucléaire. Tous les matériels en exploitation (52 DUS) ont passé des essais d'endurance et ont été qualifiés. Ils sont conformes et sûrs."

L'Autorité de sûreté nucléaire indique de son côté avoir été "informée de ces événements". Et d'ajouter : "L'ASN a veillé à ce que les causes en soient déterminées et à ce que des mesures correctives soient mises en œuvre, ce qui a été fait."

Enfin Westinghouse se veut aussi rassurant : "La situation observée lors de certains essais a fait l'objet d'une analyse de causes et a été corrigée. Elle est aujourd'hui sous contrôle. Aucun départ de feu n'a été constaté depuis cet été." » [\[Capital, 24/11/20\]](#).

Ainsi chez EDF, malgré six DUS en indisponibilité admis en interne en juin 2020, son rapport d'ESS de fin 2020 indique que la disponibilité des DUS n'a pas été remise en cause. L'ASN n'a pu que constater que les mesures correctives n'ont pas empêché les deux départs de feu (en 2021) et le sinistre du DUS de Flamanville 2 en juin 2022. Manifestement, Westinghouse n'a toujours pas le contrôle de la situation. Les mesures correctives mises en œuvre n'ont pas réussi à rendre le DUS de Flamanville 2 conforme et sûr...

Fin 2021, dans deux articles, le Canard enchaîné indique que « **lors des dix-huit derniers mois 9 des 20 moteurs ont pris feu** ». Il s'agit des moteurs FME (Fairbanks Morse Engine) équipant les DUS des vingt réacteurs de 1300 MWe. La faiblesse de ces moteurs diesel était connue de longue date de l'autre côté de l'atlantique. Il y a près d'une quinzaine d'années : « la NRC avait publié un rapport relatant des accidents de ce type dans sept centrales US » ; « EDF en avait eu connaissance ».

Genèse du choix des DUS : « EDF lance un appel d'offre européen. Trois groupements sont sélectionnés : d'abord, le français Alstom, associé à l'allemand MAN, champion incontesté du secteur, agréé dans les principales puissances nucléaires (France, Etats-Unis, Japon, Corée du Sud, etc.). Ensuite, le belge ABC, spécialiste dans la construction de moteurs de bateau et de petites centrales en Afrique. Enfin, le duo américain Westinghouse-FME, présentant un moteur retiré de la circulation au Etats-Unis dans les années 70... qu'il promet d'améliorer.

A la surprise générale, EDF choisit en 2014, ce peu séduisant candidat, qui partagera le marché avec ABC. Il faut dire que l'américain est légèrement moins cher et qu'EDF, dans son appel d'offres, accorde une pondération de 92% au prix et de 8% seulement à la qualité technique. Et ce, malgré le rapport sans appel d'Yves-Marie Le Marchant (missionné par MAN), un expert en génie atomique auprès de la cour d'appel de Paris. De ce document il ressort que les deux lauréats échouent à remplir plusieurs conditions du cahier des charges : un, ils ne

présentent pas, selon lui, de références internationales ; deux, la puissance de leurs moteurs est insuffisante ; trois, ces derniers ne sont pas conçus pour fonctionner par très grand froid ; quatre, il faut les mettre en route, les purger au préalable (...). Pratique en cas d'urgence » [Le Canard enchaîné, 8/12/21 & 15/12/21].

Sur les opérations de purges nécessaires avant démarrage, Basta, qui a questionné l'ASN sur le sujet, nous en dit un peu plus : « l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) nous a répondu que les départs de feux étaient liés "à une insuffisance dans la procédure de démarrage et d'arrêt des moteurs, et à l'utilisation de tuyaux de mauvais diamètres lors de la fabrication des moteurs. EDF a résorbé ces défauts". Au lendemain de cette réponse rassurante, le 25 février [2021], le quotidien régional Ouest-France signalait un incendie au niveau du DUS de la centrale de Flamanville (Manche), construit par Westinghouse-Fairbanks Morse.

(...)

« Il est vrai que des changements sont intervenus au niveau de l'échappement, d'où démarraient les incendies, rapporte un agent EDF. Mais la procédure dont parle l'ASN et que l'on doit appliquer au démarrage des DUS est très compliquée à mettre en œuvre. Il y a une opération de purge des tuyaux vraiment fastidieuse à réaliser. À Chaque fois, il faut faire intervenir les mécanos et les électriciens. En cas d'urgence, ce sera difficile à faire. » Au-delà de cette procédure visant à éviter les départs de feu, le démarrage des DUS est « une vraie usine à gaz, rapporte un ingénieur. Il faut modifier des branchements au niveau des armoires électriques, consigner certains équipements... C'est une procédure lourde qui prendra bien trois ou quatre heures, dans des conditions très difficiles. Peut-être dans le noir, les pieds dans l'eau, avec des blessés à gérer, un risque nucléaire élevé, voire une atmosphère déjà radioactive. Bref, il ne faut pas imaginer les DUS comme des équipements de secours qui vont démarrer automatiquement » [Basta, 11/03/21]. On flirte là avec le délai de grâce (Cf. page 8).

Tout nouvel avatar en 2022 à Paluel (1300 MWe) : « Mardi 20 septembre, vers 15h45, un départ de feu est survenu sur le Diesel d'ultime secours (DUS) de l'unité de production n° 4 lors d'un essai périodique », un feu « vite maîtrisé » [Le Courrier Cauchois, 21/09/22]. En deux années, il y a eu 11 départs de feu sur les DUS des tranches de 1300 MWe, des groupes pourtant flambant neufs...

En priorisant l'aspect financier au détriment de la qualité technique, EDF prend des risques avec la sûreté malgré un laïus bien réglé : « Pour s'assurer du fonctionnement des centrales nucléaires françaises dans les conditions optimales de sûreté, des dispositions sont prises à tous les niveaux » [EDF-La sûreté nucléaire], sauf lors de la commande des diesels d'ultime secours où d'antiques moteurs diesel américains ont été préférés aux robustes matériels allemands, les moteurs MAN.

Incidents sur un DUS de l'EPR de Flamanville

Sur un de ces groupes électrogènes, en janvier 2020, EDF a indiqué à la CLI de Flamanville avoir rencontré « un incident » (et non un événement) : « on travaille avec l'industriel, justement le fournisseur du diesel, pour retrouver

la pleine disponibilité de la machine » [CLI Flamanville-30/01/2020].

L'EPR dispose de quatre groupes électrogènes principaux ayant une autonomie de « 72 heures » comme sur les paliers précédents, selon l'IRSN ; Flamanville 3 peut aussi compter sur « deux générateurs diesel d'ultime secours [DUS]. Ces deux générateurs (...) peuvent fournir de l'électricité pendant 24 heures » [IRSN, juin 2017], seulement...

Ce sont les diesels dit SBO (2 500 kWe - 690 V) dont l'un est affecté à la gestion d'un accident sur le réacteur (diesel LJS) et l'autre alimente le système de refroidissement de la piscine de combustible (diesel LJP).

C'est ce dernier qui a connu non pas un mais deux incidents. Le premier est survenu le 7 novembre 2019. Que s'est-il passé ce jour-là ? Un rapport d'inspection de l'ASN fait état « d'un événement ayant conduit à une dégradation de l'alternateur référencé 3LJP8101AP. Selon les premières indications, un agent de terrain a fermé un disjoncteur par action réflexe, ce qui a mis le groupe électrogène de secours LJP en relation directe avec un tableau électrique sous tension. Des témoins ont alors observé un dégagement de fumée au niveau de la grille de l'alternateur » [ASN, 22/01/20]. En clair, l'alternateur a cramé.

Début janvier 2020, il est prévu des essais de requalification de l'alternateur du diesel d'ultime secours LJP suite à l'aléa survenu en novembre de l'année passée. Récit selon une source proche du GSIEN : « La première partie de la requalification mercredi 8 janvier consistait à faire un essai à vide (...), lequel s'est déroulé sans encombre. Jeudi 9 janvier jour de l'incident, a été joué un essai en charge du diesel et de l'alternateur ».

« Le jeudi 10 janvier à 14h10, alors que le moteur est à 100% Pn [Puissance nominale], (...) une fuite d'eau a été observée (...) provenant de la soupape de sécurité. (...) Un geyser d'eau glycolée d'environ 1m a été observé sortant de cette soupape et poussant à l'arrêt du diesel ».

D'après les premières analyses, il s'agirait d'une « Rupture mécanique au niveau du turbocompresseur qui a entraîné la perte d'étanchéité entre celui-ci et le circuit d'eau » de refroidissement du moteur diesel : « De l'eau glycolée a été retrouvée dans le carter d'huile moteur » mais aussi « dans le pot de condensat fioul » et « coté échappement du turbocompresseur ».

« La manchette souple située après le coude en sortie du turbocompresseur est détériorée (cf. photo ci-contre) ».

[Source, GSIEN]



Groupes électrogènes de secours Incidents, maintenance et sûreté

Parfois c'est la maintenance qui met à mal la sûreté comme nous l'avons relevé avec quelques incidents répertoriés par l'ASN et l'IRSN.

Saint-Alban 1 - AVIS IRSN N° 2022-00070 - Prise en compte du retour d'expérience – Accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'événement survenu en 2020 relatif à l'indisponibilité du diesel de la voie B à la suite d'une fuite sur son circuit de refroidissement

Extraits de l'avis :

« Au cours d'un essai périodique du diesel LHQ du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Saint-Alban dans le domaine d'exploitation « réacteur en production » le **30 décembre 2020, un intervenant détecte une fuite « goutte à goutte »** au niveau du raccord d'une des deux vannes de prélèvement du circuit d'eau de refroidissement HT [Haute température] du diesel. L'intervenant diagnostique un sous-serrage du raccord entre la vanne de prélèvement et le circuit d'eau HT et resserre cette liaison. Toutefois, le resserrage provoque **une aggravation de la fuite et la rupture du raccord, conduisant à une fuite d'eau non isolable**. EDF répare le raccord, met en place une nouvelle vanne et réalise un essai de requalification du diesel qui est déclaré satisfaisant.

(...)

Le raccord de la vanne de prélèvement était dégradé au moins depuis février 2020. En effet, l'exploitant a détecté sur le sol, en février 2020, des résidus de fuites provenant du raccord du robinet de prélèvement d'eau HT du diesel LHQ.

(...)

En termes de conséquences sur la sûreté, **la perte de fluide de refroidissement lors du fonctionnement d'un diesel à la suite d'une sollicitation réelle conduit à sa ruine**.

(...)

À la suite de la **détection, en février 2020**, de résidus de fuites provenant du raccord du robinet de prélèvement du circuit d'eau HT du diesel LHQ, **l'exploitant avait programmé la réparation de ce matériel, en avril 2020**, lors de l'arrêt du réacteur pour renouvellement du combustible. Toutefois, **cette réparation n'a pas été réalisée lors de l'arrêt en raison de l'absence de transmission d'un dossier d'intervention mis à jour au prestataire**.

(...)

Un premier rapport d'expertise du raccord du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Saint-Alban mentionne que sa rupture résulte d'un **mécanisme de fissuration progressive par fatigue vibratoire**.

(...)

Étant donnés ces éléments, **l'IRSN ne peut pas exclure l'apparition d'une fissure par fatigue vibratoire sur d'autres diesels de réacteurs de 1300 MWe** au niveau du raccord d'une des deux vannes de prélèvement du circuit d'eau HT. À cet égard, **l'IRSN estime que le périmètre d'expertise prévu par EDF, qui couvre seulement 2 diesels, à savoir 5 % des diesels des réacteurs de 1300 MWe, est trop limité** et pourrait ne concerner que des moteurs diesel pour lesquels ce phénomène de fatigue vibratoire n'est pas encore amorcé. Les résultats des contrôles pourraient alors conclure, à tort, à l'absence de

défaut et à la non-nécessité d'action corrective. Or, **une fissure par fatigue vibratoire au niveau du raccord d'une vanne de prélèvement du circuit d'eau HT conduit à un accroissement du risque de fusion du cœur important**. Aussi, **l'IRSN estime qu'EDF doit contrôler un nombre plus important de diesels, afin de disposer d'une vision plus exhaustive de la situation du parc eu égard au phénomène de fissuration par fatigue vibratoire** » [IRSN, 6/04/22].

Commentaire GSIEN : on voit comment une petite fuite non réparée à cause d'un problème administratif (absence de transmission d'un dossier d'intervention) aurait conduit à la ruine du diesel en cas de sollicitation réelle, comme lors de la perte des lignes électriques extérieures par exemple.

Dampierre 3 - AVIS IRSN N° 2022-00008 - Prise en compte du retour d'expérience – Accroissement du risque de fusion du cœur induit par une fuite interne de liquide de refroidissement constatée le 4 septembre 2020 au niveau d'une culasse du moteur Diesel de la voie B.

Extrait de l'avis :

« Début septembre 2020, le réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Dampierre, d'une puissance de 900 MWe, est en puissance. Un essai sur le banc de charge est effectué au titre de la requalification du diesel LHQ à l'issue de sa maintenance préventive. Pendant cet essai, d'une durée totale de sept heures, le diesel fonctionne jusqu'à 100 % de sa charge nominale. Avant l'essai, le niveau du vase d'expansion du circuit d'eau HT est relevé conforme, tandis que, le lendemain, une fois le diesel refroidi, une baisse significative du niveau d'eau est constatée, ce qui conduit l'exploitant à déclarer indisponible ce diesel.

Lors des investigations, **une fuite interne est identifiée au niveau de la culasse de l'un des vingt cylindres du moteur** (fuite d'eau dans la chambre de combustion et dans le cylindre). L'analyse des appoints de liquide de refroidissement effectués pour ce diesel met en évidence que les pertes significatives de liquide ont débuté en février 2017. Les données recensées lors des essais périodiques à pleine charge ont permis d'estimer un débit de fuite de 5 l/h en février 2017, de 10 l/h en octobre 2019 et de 15 l/h en septembre 2020.

La perte de fluide de refroidissement lors du fonctionnement du diesel en situation incidentelle ou accidentelle conduit à sa ruine ; avec un débit de fuite de l'ordre d'une dizaine de litres/h, la défaillance en fonctionnement du diesel survient en quelques heures. De février 2017 à septembre 2020, huit baisses significatives de niveau dans le vase d'expansion ont été constatées lors des rondes en local ou des vérifications préalables aux essais périodiques. Chaque constat a été suivi d'un appoint, sans qu'aucune autre action corrective ne soit engagée ».

(...)

L'IRSN souligne que, parmi les défauts des diesels récemment recensés sur le parc en exploitation, celui ayant fait l'objet de la présente analyse se distingue par sa durée de latence particulièrement longue. Celle-ci provient notamment du fait que l'exploitant a systématiquement restreint l'analyse relative à la perte du fluide de refroidissement à la seule recherche d'une fuite externe, qui est le défaut le plus courant, tandis qu'une analyse réalisée en corrélant les baisses de niveau d'eau HT à la hausse du

taux de sodium dans l'huile aurait permis de détecter la fuite interne plus rapidement » [[IRSN, 26/01/22](#)].

Commentaire GSIEN : encore une fuite qui aurait pu mener à la ruine du diesel en quelques heures. Les baisses anormales du niveau d'eau de refroidissement (8 fois en 4 ans) auraient dû alerter un exploitant soucieux des conditions optimales de fonctionnement d'un de ses groupes électrogènes d'ultime secours.

Cruas 4 - Avis d'incident de l'ASN - Détection tardive de l'indisponibilité d'un groupe électrogène de secours à moteur diesel.

Extrait de l'avis :

« Le 9 juillet 2021, alors que le groupe électrogène de secours à moteur diesel de la voie A était démarré dans le cadre d'un essai périodique, un **léger dégagement de fumée** a été constaté dans le local. L'équipe de quart a considéré que ce dégagement de fumée ne remettait pas en cause le résultat satisfaisant de l'essai. Néanmoins, elle a sollicité le service métier afin de déterminer l'origine de ce dégagement de fumée. Les investigations menées, moteur diesel à l'arrêt, n'ont pas mis en évidence d'anomalie et un nouveau diagnostic a été planifié lors de la réalisation d'un prochain essai périodique.

Le 6 août 2021, dans le cadre d'un essai périodique, le démarrage du groupe électrogène a de nouveau conduit à un léger dégagement de fumée dans le local. Les investigations complémentaires réalisées ont alors mis en évidence l'absence d'un collier au niveau d'un compensateur d'échappement du moteur. Les travaux de réparation ont été lancés immédiatement et le moteur a été remis en conformité le 7 août 2021.

L'analyse montre que ce défaut a remis en cause la capacité du groupe électrogène de secours à assurer complètement sa fonction. En effet, en cas de perte totale des alimentations électriques externes, **le fonctionnement dans la durée du groupe électrogène de secours à moteur diesel n'était pas garanti** » [[ASN, 12/08/2021](#)].

Commentaire GSIEN : toujours un problème de maintenance (oubli d'un collier au niveau de l'échappement du moteur) qui aurait empêché le fonctionnement dans la durée d'un groupe électrogène de secours.

Flamanville 1 - Avis d'incident de l'ASN - Détection tardive de défauts affectant un groupe électrogène de secours à moteur diesel.

Extrait de l'avis :

« Le 23 octobre 2020, EDF a réalisé un essai de requalification sur l'un des deux générateurs de secours à moteur diesel du réacteur 1. Cet essai s'est révélé non-satisfaisant en raison d'une **élévation anormale de la température au niveau de l'alternateur**. Les expertises ultérieures réalisées par l'exploitant ont conclu à un mauvais montage d'un composant de l'alternateur.

Le générateur de secours en question n'était pas requis au moment de la détection de cet événement. Pour autant, les analyses complémentaires menées par EDF ont mis en évidence que celui-ci **n'était pas en mesure d'assurer**

pleinement sa fonction depuis novembre 2019. Cela a conduit à une **dégradation de la sûreté** du réacteur 1 depuis cette date. **EDF a notamment conclu qu'entre les mois de décembre 2019 et janvier 2020, aucune source d'alimentation électrique interne n'aurait permis de palier une perte des alimentations externes du site** [souligné par le GSIEN]. Dans ce cas, seuls les systèmes de secours LLS et d'alimentation en eau des générateurs de vapeur [ASG] auraient permis d'assurer une conduite sûre de l'installation » [[ASN, 10/03/2021](#)].

Commentaire GSIEN : on peut supposer que le second groupe électrogène était indisponible entre les mois de décembre 2019 et janvier 2020 puisqu'il n'y avait aucune source d'alimentation électrique interne. La sûreté optimale ne reposait plus que sur le turboalternateur de secours LLS peu fiable, « de conception archaïque » aux dires d'experts internationaux (voir page 26) et sur la Turbopompe de secours ASG qui, sur le site de Flamanville était potentiellement indisponible à la pleine charge depuis 1999 (voir page 23). La perte simultanée de tous les systèmes de secours internes est donc tout à fait envisageable. Quant à la perte de toutes les alimentations électriques externes d'un réacteur, est-elle concevable ?

Blayais 3 - Avis d'incident de l'ASN - Perte des sources électriques externes sur le réacteur 3 nécessitant le fonctionnement d'un groupe électrogène de secours à moteur diesel.

Extrait de l'avis :

« Le 28 mai 2022, le réacteur 3 de la centrale nucléaire du Blayais était à l'arrêt pour maintenance et renouvellement du combustible. Le cœur du réacteur était totalement déchargé dans la piscine du bâtiment combustible, dont le refroidissement doit être assuré en continu par des systèmes alimentés électriquement. L'exploitant a réalisé un essai périodique réglementaire visant à basculer l'alimentation électrique du transformateur principal vers le transformateur auxiliaire.

Au cours de cet essai, le dysfonctionnement d'un disjoncteur a provoqué un **court-circuit entre les deux sources électriques externes**. Le démarrage du groupe électrogène de secours à moteur diesel a permis de réalimenter électriquement les équipements dont le fonctionnement était requis. **L'alimentation électrique a été assurée par le groupe électrogène de secours pendant une durée de 23 heures et 31 minutes** » [[ASN, 12/07/22](#)].

Commentaire GSIEN : cet incident montre la fragilité de l'alimentation électrique via le réseau national. Un banal court-circuit peut rendre indisponible les deux alimentations externes. Un groupe électrogène a pris le relais pour assurer l'alimentation électrique du système de refroidissement de la piscine BK, et, on peut le souligner, sans tomber en panne.

Ces groupes sont en fait équipés de moteurs de locomotive ou de navire. De tels moteurs diesel requièrent une montée en température progressive avant de fournir la pleine puissance, en tournant au ralenti avec une faible charge pendant au moins une dizaine de minutes. Cependant, en

centrale nucléaire, on demande à ces moteurs de bateau de démarrer tels des hors-bords en compétition, comme l'explique EDF dans sa fiche technique sur les groupes électrogènes de secours : « *la prise de charge totale n'excédant pas une minute* » : « *démarrage en 10'' maximum, couplage, prise de charge rapide. Dans ce cas, toutes les sécurités sont hors service excepté la survitesse mécanique (pour des raisons de sécurité concernant le personnel) et dans le REP 900 MW, minimum de tension. Pour l'avenir la question des sécurités à maintenir opérationnelles sera revue, l'esprit est de conserver les sécurités sans l'action desquelles l'espérance de fonctionnement à pleine puissance est très brève* ».

Le fonctionnement lors des essais périodiques mensuels sollicite bien moins le matériel : « *dans ce type de fonctionnement, le démarrage comporte un palier de ralenti (sauf un à deux essais par 12 à 18 mois)* ».

De fréquents démarrages usent prématurément la mécanique avec un impact sur la sûreté : « *Un grand nombre de démarrages fatigue inutilement le matériel ; par contre, des périodes d'arrêt prolongées masquent des défauts. (...) L'expérience montre que le nombre d'heures de fonctionnement et le nombre de démarrages sont sensiblement les mêmes ; on s'aperçoit donc qu'un groupe fonctionne une trentaine d'heures par an. Même si durant les 2-3 premières années ce nombre est d'une centaine, les durées cumulées de fonctionnement sont très faibles et les essais périodiques ne sont pas une garantie suffisante de bon fonctionnement pour des matériels importants pour la sûreté* » [Source, MTE n° 135, EDF 1987].

Des essais d'endurance des groupes électrogènes sur plusieurs jours avec alimentation des systèmes de sauvegarde du réacteur permettraient de valider (ou pas) leur fonctionnement réel dans la durée.

Le risque de casse moteur lors de démarrage à pleine vitesse provient du manque de graissage de la mécanique pendant les premières secondes suivant le démarrage. Lors de la perte totale des alimentations électriques externes, faire tourner au ralenti les groupes électrogènes est peu envisageable. Faut-il donc se résigner à subir ces démarrages pied au plancher, en croisant les doigts ? Pour sécuriser leur fonctionnement, la solution pourrait être d'accoupler à chaque moteur un système de virage à basse vitesse qui le maintiendrait en rotation continue afin d'assurer le graissage permanent de la mécanique. La sûreté y trouverait son compte : réduction du temps de démarrage et baisse sensible du risque de casse moteur. Encore faut-il que l'exploitant soit pleinement sensibilisé de l'absolue nécessité de disposer de moyens de secours fiables *pour assurer le fonctionnement des centrales nucléaires françaises dans les conditions optimales de sûreté...*

Les quelques incidents relatés ci-dessus révèlent les problèmes récurrents de maintenance des groupes électrogènes de secours provoquant pannes et indisponibilités.

Qu'en est-il des autres systèmes de secours ?

Turbine à combustion

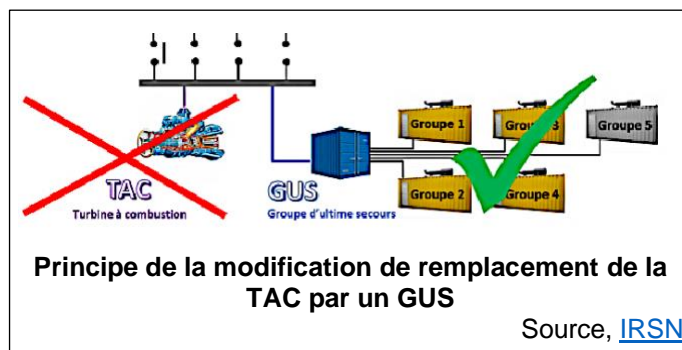
La turbine à combustion (TAC) permet de remplacer un diesel indisponible. « *Pour cela, la TAC [doit être] raccordée au tableau électrique d'alimentation* » de la voie du diesel indisponible [[ASN, 27/07/2015](#)].

Les TAC approchant de l'âge de la retraite, le **remplacement des turbines à combustion** par des Groupes électrogènes diesel d'ultime secours (GUS) est envisagé. En 2021, l'IRSN est saisi pour l'examen de cette modification sur le « *palier 1300 MWe (hors Paluel)* ». Extraits de l'avis n° 2021-00082 :

« **Depuis plusieurs années, le retour d'expérience montre une recrudescence d'avarie à caractère générique sur la TAC au détriment de sa fiabilité. De plus, de nombreux éléments des TAC ne sont plus fabriqués par le constructeur et ne peuvent donc plus être remplacés en cas d'avarie.**

EDF a donc prévu de remplacer les TAC des sites du palier 1300 MWe par des GUS, présentant les mêmes fonctionnalités et répondant aux mêmes exigences.

Chaque GUS est constitué de quatre modules dits « de puissance », qui sont des groupes électrogènes à moteur Diesel, et d'un module « électrique/contrôle-commande » qui regroupe les armoires de contrôle-commande ainsi que le tableau « haute-tension » qui assure la connexion du nouveau GUS au réseau existant. Il reste une place disponible pour l'installation, à terme, d'un cinquième module de puissance. L'objectif d'EDF est d'utiliser ce cinquième module afin de pouvoir réaliser la maintenance d'un autre module sans générer d'indisponibilité du GUS. Ce cinquième module sera mobile et commun à plusieurs sites.



Ces modules sont installés chacun dans un conteneur particulier, les conteneurs étant situés en extérieur. Chaque conteneur est notamment équipé d'un système de conditionnement thermique composé de ventilateurs pour les modules de puissance et de climatiseurs pour le module électrique/contrôle-commande ainsi que d'un système de détection et d'extinction d'incendie.

(...)

Plage de température extérieure retenue pour le dimensionnement du GUS

EDF indique que **le GUS est apte à fournir la puissance électrique requise pour des températures ambiantes extérieures allant jusqu'à 38°C**. Toutefois, **EDF valorise le GUS uniquement jusqu'à 33,1°C qui correspond à la température enveloppe des sites du palier 1300 MWe retenue par EDF en situation de « grands chauds » dans le cadre du domaine complémentaire auquel appartient la situation H3** [Perte totale des alimentations électriques

externes et internes]. Comme indiqué dans son [avis](#), l'IRSN rappelle qu'il considère que cette température n'est pas suffisamment enveloppe des températures élevées pouvant survenir en situation H3 et souligne d'ailleurs que cette valeur de température n'apparaît pas dans le rapport de sûreté associé au réexamen VD3 1300. Toutefois, la présente expertise a été réalisée avec la valeur valorisée par EDF dans sa demande d'autorisation. En outre, la température de référence en situation « grands chauds » (dite « température longue durée ») enveloppe pour les sites du palier 1300 MWe est inférieure à 38 °C » [[IRSN, 18/05/2021](#)].

Commentaire GSIEN : température de référence inférieure à 38°C...

Vagues de chaleur de 2019 : « le nouveau record absolu en France métropolitaine a été enregistré fin juin dans le Sud-Est avec 46°C. Fin juillet, la température a souvent dépassé 40°C sur la moitié Nord du pays et de très nombreux records absolus ont été battus au niveau des stations météorologiques à proximité des sites d'EDF » [[IRSN, 23/01/2020](#)].

L'IRSN explique qu'à la suite « des canicules de 2003 et 2006 », « EDF a élaboré un référentiel "grands chauds" afin de réévaluer la sûreté des installations pour des températures extérieures supérieures, susceptibles d'être atteintes à l'horizon 2042 en tenant compte du réchauffement climatique. Pour le réexamen VD4-900, EDF a réévalué les températures extérieures à considérer et mis à jour les études thermiques visant à montrer la robustesse des installations, et ce en intégrant les demandes formulées par l'ASN en 2013 sur le référentiel "grands chauds".

L'IRSN a examiné la démarche et les hypothèses utilisées par EDF (données, hypothèses et modèles statistiques, prise en compte des incertitudes...) pour définir les températures de l'air (température de longue durée TLD pour les "grands chauds de redimensionnement"; température exceptionnelle TE et température minimale Tmin de la sinusoïde définie pour l'"agression canicule") et les valeurs d'humidité. L'IRSN souligne, notamment en réponse à des questions posées au cours du dialogue technique organisé avec l'ANCCLI, que ces températures prennent en compte l'impact du changement climatique. L'IRSN considère qu'EDF doit néanmoins revoir certains aspects de sa méthodologie, notamment la période de retour considérée, pour déterminer les températures TE et Tmin en "agression canicule" ».

En clair, EDF sous-estime les valeurs de températures exceptionnelles à prendre en compte. L'IRSN fait des recommandations pour certains sites. « Les valeurs à retenir pour ces sites dans le cadre de leur VD4 devraient être au minimum les suivantes :

- pour le site de Gravelines, une température TE de 41°C et une température Tmin de 26°C ;
- pour le site du Blayais, une température TE de 44°C et une température Tmin de 29°C ;
- pour le site de Cruas, une température TE de 45°C et une température Tmin de 27°C ;
- pour les sites de Dampierre et Saint-Laurent-des-Eaux, une température TE de 44°C » [[IRSN, 6/02/2019](#)].

Les records de température atteints cet été sur les sites nucléaires n'ont pas été analysés par l'IRSN mais les records atteints en 2019 semblent avoir été par endroits

dépassés. La température minimale à retenir pour 2042 pourrait avoir été atteinte ou franchie dès 2022 sur certains sites.

Flamanville - Avis d'incident de l'ASN - Non-respect de la périodicité de la maintenance de la turbine à combustion.

Extrait de l'avis :

« Le 2 février 2020, dans le cadre d'une analyse approfondie menée sur le bon fonctionnement de plusieurs systèmes, l'exploitant a détecté que la **maintenance annuelle de la turbine à combustion**, qui aurait dû être réalisée avant le 26 mai 2019, **n'avait pas été effectuée**.

Les dernières vérifications réalisées sur cet équipement en février 2018 avaient notamment mis en évidence des défauts sur certains composants. Un suivi particulier de leur évolution avait été décidé par EDF. Les expertises réalisées depuis le 11 février 2020 sur la turbine à combustion ont confirmé l'aggravation de ces défauts, qui remet en cause la disponibilité du matériel » [[ASN, 02/04/2020](#)].

Commentaire GSIEN : avec cet incident, ce n'est plus un manque de qualité dans la maintenance réalisée mais une absence de maintenance. Les conditions optimales de maintenance n'étaient manifestement pas au rendez-vous.

Turbopompe de secours (TPS) de l'Alimentation de secours des générateurs de vapeur (ASG)

Dampierre 1 - AVIS IRSN N° 2022-00042 - Prise en compte du retour d'expérience – Accroissement du risque de fusion du cœur induit par la fuite de vapeur constatée le 15 octobre 2020 au niveau de la vanne de garde de la turbopompe du système d'alimentation de secours des générateurs de vapeur.

Rôle de la TPS ASG

« Le circuit ASG constitue un moyen d'extraction de la puissance résiduelle du cœur par les générateurs de vapeur qui peut être utilisé après l'arrêt du réacteur, en fonctionnement normal aussi bien qu'en conduite incidentelle ou accidentelle, lorsque le circuit primaire est fermé ou pressurisable. Son fonctionnement est nécessaire jusqu'à ce que les conditions de mise en service du système de refroidissement du cœur à l'arrêt (RRA) soient atteintes ou, à long terme, si l'initiateur de la situation accidentelle rend indisponible le système RRA.

Le circuit ASG comporte deux motopompes et une turbopompe (réacteurs de 900 MWe) ou deux turbopompes (réacteurs de 1300 MWe ou de 1450 MWe).

Événement survenu à Dampierre en octobre 2020

Un essai périodique de la TPS ASG du réacteur n° 1 du CNPE de Dampierre, d'une puissance de 900 MWe, est effectué pendant la nuit du 14 au 15 octobre 2020, dans le domaine d'exploitation « arrêt normal sur les générateurs de vapeur (AN/GV) ». **Lors de cet essai, d'une durée de quatre heures, une fuite de vapeur importante est détectée au niveau de la vanne de garde de la turbopompe. L'exploitant déclare alors indisponible la TPS ASG considérant que, si celle-ci avait été sollicitée pour pallier**

une situation incidentelle ou accidentelle, la fuite de vapeur à l'admission de la turbine aurait été suffisante pour altérer le débit ou la pression de la vapeur nécessaire à son alimentation.

Les investigations effectuées à cette occasion montrent qu'un **bouchon fileté, obturant un alésage** (1) effectué dans le corps de la vanne, **est desserré. Le serrage de ce bouchon ne fait l'objet d'aucun contrôle et d'aucune exigence.** Un mauvais serrage constitue un défaut évolutif qui, une fois amorcé, s'accroît à chaque démarrage de la TPS ASG et pendant son fonctionnement, sous l'effet cumulé des vibrations et de la pression de vapeur. Dans le cas présent, **le défaut de serrage a évolué jusqu'à ce qu'une fuite se déclare** le 15 octobre 2020.

Il convient de noter que cette fuite de vapeur au niveau de la vanne de garde de la TPS ASG est constatée dans un contexte particulier. En effet, le réacteur n° 1 du CNPE de Dampierre est en phase de redémarrage, après un arrêt pour économie de combustible (2) ayant débuté cinq mois auparavant. Lors de cet arrêt, le réacteur a été conduit dans l'état standard « arrêt pour intervention, circuit primaire fermé (API fermé) ». Pendant toute cette période d'arrêt, la disponibilité de la TPS ASG était requise par les spécifications techniques d'exploitation, sans qu'elle ne puisse toutefois être vérifiée par des essais fonctionnels, qui nécessitent des conditions de pression et température dans le circuit primaire supérieures à celles de l'état API fermé. De plus, lors d'un arrêt de longue durée du réacteur, le poste d'eau est consigné et vidangé, donc non utilisable à court terme en cas de défaillance du système ASG.

Analyse probabiliste (...)

En utilisant ses propres modèles EPS de niveau 1, l'IRSN a estimé l'**accroissement du risque de fusion du cœur** du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Dampierre induit par le défaut constaté le 15 octobre 2020 au niveau de la vanne de garde de la TPS ASG, **pendant les cinq mois précédant ce constat.** Il est supérieur d'un facteur dix au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur.

(...)

L'alésage dans le corps de la vanne de garde est spécifique aux TPS ASG des réacteurs des paliers CPY et 1300 MWe. Il n'a aucune fonctionnalité en exploitation normale. Pour autant, la présence d'un bouchon fileté pour l'obturer engendre un risque de fuite de vapeur. **Plusieurs fuites de ce type ayant déjà été constatées par le passé,** EDF a mis en œuvre, avec le support technique du fournisseur, des mesures au niveau national. Ainsi, depuis 2014, les nouveaux corps de vanne fabriqués en tant que pièces de rechange ne sont plus percés. Il est en outre prévu, lors des retours en usine des vannes de garde pour une visite complète, d'opérer un échange standard par un corps de vanne sans bouchon, ou d'effectuer une soudure du bouchon et la vérification de son étanchéité par une épreuve hydraulique, et, dans l'attente, sur site, d'effectuer un serrage du bouchon après remplacement du joint par un modèle plus épais ».

Note

(1) Cet alésage a été réalisé pour permettre de mesurer la pression d'admission en usine ou lors du démarrage des réacteurs. Il n'a plus de fonction en exploitation.

(2) Un arrêt pour économie de combustible est un arrêt du réacteur effectué en cours de cycle, sans déchargement du combustible, pour une durée de quelques semaines, voire de quelques mois, dans un souci d'optimisation économique de la gestion du parc nucléaire. Un réacteur ainsi arrêté reste à la disposition de la production pour être capable de faire face à un événement imprévu [IRSN, 24/02/22].

Commentaire GSIEN : malgré plusieurs défauts constatés par le passé, un bouchon qui a servi lors des essais de démarrage de la tranche en 1980 (il n'a plus de fonction en exploitation) s'est desserré et a rendu indisponible la turbopompe de secours. Le serrage de ce bouchon n'a fait l'objet d'aucun contrôle et d'aucune exigence malgré les "dispositions prises à tous les niveaux"...

Flamanville - Avis d'incident de l'ASN - Détection tardive [souligné par le GSIEN] de l'indisponibilité d'une motopompe de secours.

Extraits de l'avis :

« En décembre 1999, cette pompe mobile de secours a fait l'objet d'une modification visant à améliorer la gestion du risque de contamination en cas d'utilisation. Cette modification a consisté à remplacer le moteur thermique par un moteur électrique, couplé à un groupe électrogène thermique dédié. Depuis cette date, cette pompe de secours a fait l'objet d'essais périodiques annuels, visant à en vérifier le bon fonctionnement.

Lors du dernier essai annuel, le 25 juin 2020, la pompe a cessé de fonctionner après 10 minutes d'utilisation. L'essai a donc été déclaré insatisfaisant et a conduit l'exploitant à déclarer la pompe de secours indisponible. L'analyse menée à la suite de cet essai a identifié un sous-dimensionnement du relais thermique par rapport à l'intensité nominale de fonctionnement du moteur. Cette anomalie existait depuis la modification de 1999 » [ASN, 29/10/20].

Commentaire GSIEN : une détection tardive... 20 ans après la modification ! L'ASN a le sens de l'euphémisme.

Civaux - Inspection de l'ASN du 9 décembre 2020 - Systèmes de sauvegarde : système ASG.

Synthèse de l'inspection :

« L'inspection en objet concernait la gestion des systèmes de sauvegarde sur le CNPE. Les inspecteurs ont contrôlé le déploiement du plan d'action par le CNPE visant à **trouver des solutions pour remédier de façon pérenne aux aléas rencontrés sur le système d'alimentation en eau de secours des générateurs de vapeur (ASG), et particulièrement sur les motopompes et turbopompes de ce système, qui ont fait l'objet de nombreuses déclarations d'événements significatifs pour la sûreté (ESS) ces dernières années.**

Au vu de cet examen, l'ASN considère favorablement la démarche entreprise par vos services visant à **mettre en œuvre un plan d'action ambitieux relatif à la maîtrise technique et à la fiabilité du matériel du système ASG,** et visant à apporter des **améliorations significatives au niveau organisationnel et humain dans un objectif de mieux maîtriser la connaissance de ce matériel et les**

interventions de maintenance dont il fait l'objet. Les inspecteurs ont cependant constaté que la mise en œuvre de ce plan n'a été que partiellement réalisée et que des actions déjà engagées doivent être menées à terme dans les prochains mois.

En particulier, les inspecteurs considèrent qu'une analyse approfondie de l'événement ayant conduit à la **défaillance d'une turbopompe ASG en raison d'un remplissage insuffisant en huile** doit être menée. Les inspecteurs estiment par ailleurs que la maîtrise du risque d'introduction de corps étrangers dans les circuits (risque FME) lors des interventions de maintenance doit être améliorée significativement. Une analyse de la conformité du fonctionnement des turbopompes avec des portes ouvertes pour faire évacuer la vapeur produite doit également être conduite. Enfin, **les inspecteurs vous demandent de vous réinterroger sur le renoncement annoncé de modifications concourant à la sûreté.**

La visite des installations a enfin **mis en évidence des écarts qui doivent être traités dans des délais appropriés aux enjeux** » [ASN, 28/01/21].

Commentaire GSIEN : le renoncement annoncé de modifications concourant à la sûreté semble difficilement compatible avec les enjeux concourant aux conditions optimales de sûreté.

Turboalternateur LLS (380 V secouru)

Palier CPY (900) - AVIS IRSN N° 2021-00166 - Prise en compte du retour d'expérience d'exploitation - Accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'événement survenu sur le réacteur n° 2 de Saint-Laurent B relatif au mauvais réglage d'un relais de protection thermique du ventilateur assurant la ventilation du local du turbo-alternateur de secours du système de distribution électrique de 380 V secouru.

Réf. [1] Saisine cadre ASN - CODEP-DCN-2012-040076 du **11 mars 2013 [sic]**

[2] Avis IRSN - 2020-00044 du 23 mars 2020

« Dans le cadre de la saisine citée en référence [1], l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a réalisé une analyse probabiliste de l'événement significatif pour la sûreté (ESS) survenu en 2020 sur le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Saint-Laurent B relatif au **mauvais réglage du seuil de protection d'un relais thermique (1)** du moto-ventilateur assurant la ventilation du local du turbo-alternateur de secours (TAS) du système de distribution électrique de 380 V secouru (LLS), afin d'évaluer son niveau de gravité. L'IRSN a ensuite évalué la pertinence des actions mises en œuvre par EDF pour traiter cet écart, générique aux autres réacteurs du palier CPY.

Afin de résorber de manière pérenne, sur les réacteurs du palier CPY, **l'écart de conformité** relatif à « **l'échauffement des locaux du turbo-alternateur de secours (TAS) du système de distribution électrique de 380 V secouru (LLS)** », EDF a mis en œuvre à partir de septembre 2018 une modification matérielle, consistant à

mettre en place une ventilation mécanique dans le but de garantir l'absence d'atteinte des températures maximales admissibles des matériels les plus sensibles installés dans les locaux du TAS LLS. Cette ventilation est notamment assurée par un moto-ventilateur LLS, protégée électriquement par deux relais thermiques.

Le 7 février 2020, au cours d'une ronde, un de ces deux relais a été détecté en défaut sur le réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Saint Laurent B. **Du fait de ce défaut, lié à un réglage inadapté du seuil de protection du relais, le moto-ventilateur LLS n'était plus disponible.** Or ce moto-ventilateur est nécessaire pour assurer le fonctionnement du TAS LLS. Pour rappel, **le TAS LLS est requis au titre de la démonstration de sûreté en situation accidentelle de perte totale des alimentations électriques** (situation dite « H3 ») afin d'assurer l'alimentation électrique de la pompe de secours de l'injection aux joints des pompes primaires, nécessaire au maintien de l'intégrité du circuit primaire. **Le TAS LLS assure également l'alimentation électrique de l'éclairage de la salle de commande, ainsi que celle de l'instrumentation nécessaire à la conduite du réacteur.**

Après analyse, EDF a identifié que **les deux relais de protection thermique du moto-ventilateur LLS étaient réglés à un seuil de protection inférieur à celui prescrit par le dossier de modification matérielle. De plus, des mesures de l'intensité absorbée par le ventilateur ont mis en évidence que la valeur du seuil de protection des relais prescrite par le dossier de modification matérielle était elle-même sous-estimée.**

En mars 2020, l'IRSN a émis un avis [2] concernant le caractère potentiellement générique au palier CPY de l'événement survenu à Saint-Laurent B. Par la suite, un écart de conformité en émergence potentiellement générique a été déclaré par EDF. Dans un premier temps, EDF a procédé, jusqu'à mi-mai 2020, au réglage des relais de protection thermique en butée haute de la plage de réglage, pour les 12 réacteurs du palier CPY ayant mis en place le système de ventilation du local du TAS LLS. Ensuite, afin de résorber définitivement l'écart, EDF a procédé, avant juin 2021, au remplacement des relais initialement installés par des relais d'un calibre supérieur.

La faible valeur du seuil initialement réglée sur les relais thermiques conduit l'IRSN à considérer que, jusqu'à la résorption de cet écart en juin 2021, **la défaillance du ventilateur, et donc du TAS LLS, aurait été certaine en cas de scénario accidentel pour les 12 réacteurs affectés.** En utilisant son propre modèle EPS (2) de niveau 1 de référence du palier CPY, l'IRSN a estimé **l'accroissement du risque de fusion du cœur induit par l'écart sur une durée d'un cycle pour les 12 réacteurs du palier CPY affectés. Il est supérieur, d'au moins un facteur quatre, au seuil au-delà duquel un événement est considéré précurseur (3).**

(...)

En outre, **l'origine principale de l'écart générique provient de l'utilisation d'une valeur de puissance électrique du moto-ventilateur LLS sous-évaluée** lors du calcul du seuil de réglage des relais de protection. Or cette valeur erronée est également utilisée dans le bilan de puissance du TAS LLS (4). Lors de l'expertise, EDF s'est

engagé à le mettre à jour. **EDF ne s'est toutefois pas engagé à démontrer, à l'issue de cette mise à jour, l'existence d'une marge suffisante entre la puissance du TAS LLS et la puissance appelée par l'ensemble de ses consommateurs.** Aussi, **l'IRSN estime que l'engagement d'EDF n'est pas suffisant et formule une recommandation en annexe.**

Par ailleurs, l'IRSN rappelle que, dans le cadre de la réunion du groupe permanent d'experts consacrée à l'analyse du retour d'expérience de l'exploitation des REP sur la période 2018-2019, EDF a indiqué avoir mis en place un nouveau processus permettant, le traitement, l'instruction, la validation et le déploiement du retour d'expérience de l'exploitation des modifications matérielles. Aussi, pour ce qui concerne cette modification matérielle, installée sur l'ensemble des réacteurs du parc, dont l'objectif est de garantir une température ambiante dans le local du TAS LLS compatible avec son fonctionnement en situation accidentelle (situation H3), **EDF devrait réaliser un examen du retour d'expérience de l'exploitation de cette modification matérielle pour répondre aux objectifs qui lui sont assignés.**

Réf. (1) Un relais thermique assure la protection des moteurs électriques en cas d'augmentation faible, mais anormalement longue, du courant absorbé par le moteur, notamment en cas de surcharge. Un mauvais réglage du seuil de protection thermique peut conduire au déclenchement intempestif du ventilateur, en cas de valeur trop faible ou à l'endommagement du ventilateur, en cas de réglage du seuil trop élevé.

(2) EPS : études probabilistes de sûreté. Les EPS de niveau 1 permettent d'estimer la fréquence annuelle de fusion du cœur d'un réacteur.

(3) Un événement est dit « précurseur » lorsque son occurrence sur un réacteur induit un accroissement du risque de fusion du cœur supérieur à 10^{-6} par rapport à la valeur de référence. (...)

(4) Le bilan de puissance électrique inventorie les puissances consommées par les matériels secourus par le TAS LLS, afin de vérifier l'aptitude de ce dernier à alimenter les équipements nécessaires en situation H3 et de déterminer les éventuelles marges de puissance électrique.

Annexe - Recommandation de l'IRSN

L'IRSN recommande que l'exploitant apporte, à l'issue de la mise à jour du bilan de puissance du TAS LLS, la démonstration qu'il existe toujours une marge suffisante entre la puissance mécanique du TAS LLS et la puissance électrique appelée corrigée, ceci afin de confirmer la capacité du TAS LLS à assurer sa fonction » [IRSN, 19/10/21].

Commentaire GSIEN : comment le mauvais réglage de relais de protection du ventilateur du local LLS aurait provoqué, de façon certaine, la défaillance de la TAS LLS en cas de scénario accidentel, pour 12 réacteurs. Et même si les relais avaient été réglés comme le prescrivait le dossier de modification, le ventilateur serait resté en défaut car son intensité avait été sous-estimée dans le dossier... Les conditions optimales pour la préparation du dossier d'une modification importante pour la sûreté n'étaient manifestement pas au rendez-vous.

Petite histoire de la turbine LLS (Low and Light Safety?)

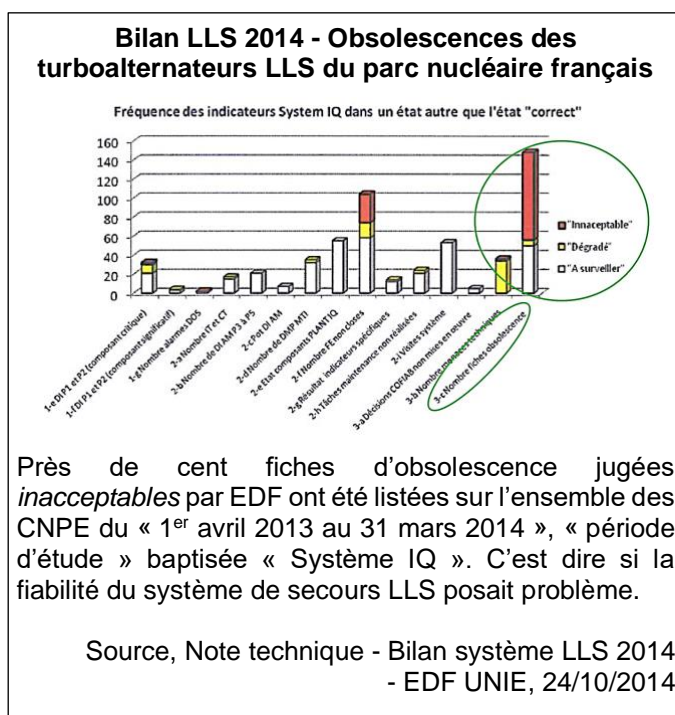
Turboalternateur LLS

Sa puissance électrique est bien moindre que celle des groupes diesel : un peu plus de cent kilowatts contre quelques milliers de kilowatts pour les alternateurs à moteur diesel. Le LLS ne pourra par conséquent alimenter qu'un nombre restreint d'équipement de sauvegarde.

Explication d'EDF en 2014 : « Le système LLS intervient en cas de perte de tension sur les tableaux » électriques des auxiliaires de sûreté. « La perte de tension (...) peut être due soit à la perte des sources électriques externes et internes, soit à l'indisponibilité du tableau ». L'alternateur LLS alimente d'une part une pompe nécessaire à l'injection d'eau aux joints des pompes primaires, « nécessaire à leur intégrité » et « d'autre part, (...) les principaux capteurs et enregistreurs nécessaires à la conduite de l'accident et l'éclairage de la salle de commande.

Le système LLS est indispensable dans le cas, hors dimensionnement, d'une perte totale de sources électriques externes (réseau) et internes, pour se prémunir contre les risques de détérioration des joints n° 1 des pompes primaires conduisant à une brèche primaire en l'absence des moyens normaux de sauvegarde ». Quand on évoque une situation hors dimensionnement, on parle en fait d'une situation non prise en compte à la conception des installations qui peut rapidement dégénérer en situation incontrôlable. Et bien que dernier recours pour faire face à un accident grave, le système LLS n'en est pas moins obsolète. Le « Bilan système LLS 2014 » fait état d'un nombre impressionnant de « **fiches obsolescence** » classées « **inacceptables** » [1] par EDF, tous paliers confondus (voir figure ci-après).

Ce système LLS vieillissant est-il adapté pour assurer le dernier secours électrique d'une centrale nucléaire ? Pas vraiment selon une **note d'EDF de 2011** présentant « les différentes implantations proposées pour le bâtiment



abritant le groupe diesel qui remplacera le turbo-alternateur LLS actuel » : « les conditions de fonctionnement du turbo-alternateur LLS sur les tranches nucléaires sont très différentes de l'utilisation industrielle classique de ce type de matériel ce qui conduit à de **nombreux dysfonctionnement du système venant d'une part impacter la durée des essais périodiques réalisés au redémarrage des tranches et d'autre part interroger sur la fiabilité à long terme de ce système** ». Il a donc fallu une quarantaine d'années d'exploitation pour que les ingénieurs d'EDF mettent enfin en cause la fiabilité d'un matériel inadapté et désormais obsolète. Et de proposer une alternative en 2011 : « **une des solutions envisagées pour pallier ces dysfonctionnements consiste au remplacement de ce turbo-alternateur par un groupe électrogène** » [2].

Trois années plus tard, en 2014, le vieux système LLS est toujours en place dans les centrales. Et l'exploitant vient de découvrir un nouveau problème : « le 28 mars 2014, EDF a déclaré à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) un **écart mettant en cause la capacité du turboalternateur de secours (LLS) des réacteurs nucléaires de 900 MWe à assurer sa mission après 24 heures de fonctionnement** ». La cause : « les températures atteintes dans le local dans lequel est situé le turbo-alternateur LLS peuvent être supérieures, après 24 heures de fonctionnement du LLS, aux températures maximales admissibles par ce matériel et ainsi conduire à son indisponibilité » [ASN, 03/04/14], le local LLS n'étant pas ventilé. Non seulement ce matériel d'ultime secours est inadapté et obsolète mais en plus il va entrer en surchauffe au bout d'une journée de fonctionnement, s'il arrive à fonctionner aussi longtemps le jour de l'accident. Nous mesurons la fragilité de la sûreté des installations nucléaires reposant sur d'antiques turbo-alternateurs que le moindre épisode de canicule risque de rendre rapidement indisponible.

En fin d'année 2014, le problème est constaté sur les autres paliers du parc : « Le 17 décembre 2014, EDF a déclaré à l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) un **écart mettant en cause la capacité du turboalternateur de secours (LLS) des réacteurs nucléaires de 1300 et 1450 MWe à assurer sa mission après 24 heures de fonctionnement** » [ASN, 18/12/14].

Sur le site du Bugey, la situation est encore plus critique car les locaux LLS abritent également les turbopompes de secours (TPS) chargées de l'alimentation secours (en eau) des générateurs de vapeur (ASG). Comme le turbo-alternateur LLS, une turbopompe fonctionne avec de la vapeur de récupération sur les GV. La température des locaux va donc monter encore plus rapidement que sur les autres tranches. En conséquence, **au Bugey, les « dispositions complémentaires » envisagées pour le parc ne permettent pas « de garantir l'évitement de conséquences inacceptables »** comme « **le découverture du cœur** » dans la cuve du réacteur. La fusion du combustible étant alors sérieusement envisageable, l'exploitant a sorti sa botte secrète qui consiste en une « **ouverture des portes du local LLS** » [3]. L'ASN ne souhaitait-elle pas divulguer la botte secrète d'EDF ? Elle est restée évasive dans son avis d'incident : « Pour le cas particulier de la centrale nucléaire du Bugey,

EDF met en place, en complément, une disposition de conduite temporaire afin d'assurer la ventilation naturelle de ce local en cas de sollicitation du LLS ou de la TPS » [ASN, 03/04/14].

La fiabilité du système LLS est remise en cause par de nombreux dysfonctionnements constatés par EDF dès 2011. Le remplacement du LLS par un groupe électrogène est envisagé bien avant la découverte du problème de surchauffe sur l'ensemble du parc. Mais les problèmes de fiabilité du LLS sont aussi vieux que le parc comme le rapporte le compte-rendu du « **Colloque du 30 mai 1989 sur l'entretien des centrales nucléaires** » : « **Problèmes rencontrés sur le groupe turbo-alternateur LLS. (...) Les solutions techniques retenues à la conception initiale ne sont pas les meilleures. Aussi, le Département Matériel émet des réserves sur une fiabilisation suffisante et durable du système LLS et a demandé à l'Équipement d'étudier une solution de remplacement de type diesel (une préétude est en cours)** » [4].

En 2015 et de façon discrète, l'ASN évoque le problème récurrent de fiabilisation du LLS : « la fiabilité de la TAC dispose d'un mauvais retour d'expérience sur les réacteurs en fonctionnement » [ASN, 23/12/15].

En 2014, un Rapport significatif d'expérience en exploitation (SOER) de l'Association mondiale des exploitants nucléaires (WANO) n'y va pas par quatre chemins dans son analyse du « **Turboalternateur LLS** ». C'est le « *Service management de la fiabilité* » du CNPE du Bugey qui rédige le rapport : « **De conception archaïque, ce TAS doit à terme être remplacé par une turbine "Rateau" plus performante et fiable. (...)**

Dans le cadre des actions Post Fukushima, des groupes électrogènes d'une puissance de 100 KVA sur pilotis ont été installés (un par tranche) » [5].

LLS Post-Fukushima

Compte-tenu des faiblesses du système électrique de secours, de son besoin vital en tout dernier recours et surtout du retour d'expérience des accidents de Fukushima, **une sorte de secours du secours de l'ultime secours a été ajouté sur chaque réacteur**. Plus sérieusement, on parle de « **groupes électrogènes de secours LLS (GE LLS)** [qui] ont pour rôle d'alimenter les coffrets LLS et les mesures de niveau BK [piscine combustible] en cas de coupure des alimentations externes et de défaillance des turbines LLS. Ils jouent ainsi un rôle primordial dans la sûreté des centrales nucléaires ». Les 58 tranches du pays sont chacune équipées de secours LLS qui « **ont été installés et mis en service entre Février et Juin 2013** ». Précisons que « la Force d'Action Rapide du Nucléaire (FARN) possède des groupes électrogènes autonomes mobiles (GE FARN) pour la même fonction d'alimentation électrique de secours » [6], soit 25 groupes mobiles répartis sur le territoire.

La « *Consigne de conduite* » de la centrale de Cruas décrit ces nouveaux groupes de secours. Ils sont constitués de « **moteur diesel John DEERE couplé à un alternateur Leroy SOMER permettant de fournir une puissance électrique de 100 kWe** », un peu moins puissant que l'alternateur LLS de base. Ils permettent « **de fournir une nouvelle possibilité d'alimentation, sous 1h** » d'une « **partie du système LLS** ».

Ils permettent par exemple « de garantir l'éclairage de secours de la salle de commande », « d'assurer le maintien de certains indicateurs en salle de commande », comme le niveau de la piscine et « de rendre disponible les commandes indispensables à la conduite de la tranche ». L'installation de ces groupes LLS « fait suite à l'accident nucléaire de Fukushima Daïchi » [7].

C'est dans des conteneurs 20 pieds qu'ils ont été installés sur site suite au retour d'expérience de Fukushima, catastrophe causée en premier lieu par un séisme. Logiquement, cette nouvelle installation devrait donc pouvoir résister à un séisme. Petit problème selon une « Fiche de synthèse » d'EDF : « **Les GE LLS installés en 2013 dans le cadre de la phase 1 du plan d'actions post-Fukushima (...) ne sont pas qualifiés au séisme** » [8].

Bricolage

Nous allons faire un petit aparté sur l'installation LLS des tranches de 1300 MWe. Il s'agissait en 2013, comme sur tous les sites EDF, de mettre en place les conteneurs dits LLS, de les raccorder électriquement aux matériels à secourir et de réaliser un essai de fonctionnement. Manque de bol, « Des essais de requalification ont généré des défaillances du disjoncteur LLS 011 JA » qui est le disjoncteur du turbo-alternateur LLS d'origine : « *le matériel est obsolète et il existe très peu de pièces de rechange* ». Et en effet, au moment de l'incident, « *les 3 uniques pièces de rechange recensées étaient en cours de réparation* ». Que faire ? Les ingénieurs se grattent la tête. « **Les disjoncteurs LLS 011 JA ne sont plus fabriqués et font donc partie des matériels obsolètes : en juin 2013, on constate que les études de remplacement sont au point**

mort ». Et de conclure qu'il « **convient de relancer les études d'obsolescence (...) de manière à disposer de nouveaux disjoncteurs sous environ 3 ans** » [9]. Et dire qu'il est question de prolonger la durée de vie des centrales...

Références

- [1] Note technique – Bilan système LLS 2014 – EDF UNIE, 24/10/2014
- [2] Note d'implantation d'un bâtiment abritant le groupe diesel alimentant le système LLS sur les paliers CP0-CP1-CP2 – EDF CIPN, 03/03/2011
- [3] Déclaration d'un événement significatif pour le sûreté à caractère générique sur Bugey et le palier CPY « Écart de conformité relatif à la température dans les locaux LLS » – EDF UNIE, 28 mars 2014
- [4] Compte-rendu du colloque du 30 mai 1989 sur l'entretien des centrales nucléaires 900 et 1300 MW à eau sous pression - EDF SPT, 30 août 1989
- [5] Analyse de la déclinaison du SOER n° 2002-2 - Fiabilité des alimentations électriques auxiliaires sur le CNPE de Bugey - EDF Bugey, 19/06/2014
- [6] Marché de maintenance des groupes électrogènes diesels FARN, LLS et SEG des CNPE – EDF UTO, 01/04/2015
- [7] Consigne de conduite particulière – LLS – Groupe électrogène de secours LLS 682 GE – EDF CNPE de Cruas, 16 août 2013
- [8] Directoire matériel du 22/05/2014 – Fiche de synthèse – EDF UNIE, 25/09/14
- [9] Fiche de synthèse permanence DPN – requalification de la PNPP 3682 : ajout d'un groupe électrogène sur LLS – EDF UNIE, 12/11/2013

Dossier GSIEN Nucléaire militaire

« Je ne sais pas comment sera la troisième guerre mondiale, mais je sais qu'il n'y aura plus beaucoup de monde pour voir la quatrième »

Albert Einstein

La dissuasion de Papa est morte... Place à la dissémination atomique !

Abraham BEHAR, membre du GSIEN et Président de l'Association des médecins français pour la prévention de la guerre nucléaire (AMFPGN) - Avril 2022

Quand nous avons indiqué le consensus mondial sur la fin de la dissuasion nucléaire classique, nous savions que la nature a horreur du vide. L'article de Claude ANGELI dans le Canard Enchaîné du 20/04/2022 vient confirmer le grand remplacement par les USA : « le 12 avril, Jessica Cox, directrice de la politique nucléaire de l'OTAN, en a défini les grandes lignes... Une nouvelle arme nucléaire, le B61-MODELE 12, sera bientôt stockée sur le sol européen. Les pays qui ont acheté des

avions F-35 américains *pourront l'utiliser contre un agresseur, sous le strict contrôle du pentagone* ».

Le B61-MODÈLE 12 : c'est quoi au juste ?

La B61-12 en développement depuis 2012 doit entrer en production en 2022.

En date de décembre 2021, ses vecteurs sont les chasseurs F-15E, F-16, [Panavia Tornado](#) et le bombardier [B-2 Spirit](#). Il est prévu dans l'avenir que le chasseur F-35 et le bombardier [B-21 Raider](#) puissent l'employer. Le [F/A-18E Super Hornet](#) avait été également mis sur la liste en 2018 puis retiré en novembre 2021.



Source, [Military Watch](#)

Spécifications et Dimensions

La bombe pour avion B61 a un diamètre 13,3 pouces (33,78 cm), une longueur de 141 pouces (358,14 cm) et pèse entre 695 et 715 livres (de 315 à 324 kg) selon le modèle. Cette masse inclut la coquille aérodynamique

externe, un nez déformable en forme de cône, un compartiment à parachute dans la queue, des ailes stabilisatrices, etc. Le diamètre est celui de la bombe même, sans ailes.

L'appareil qui entoure le cœur de la B61 a probablement les mêmes dimensions que la [W80](#), qui a un diamètre de 11,8 pouces (30 cm) et une longueur de 31,4 pouces (79,8 cm).

Certains experts dénoncent le coût prohibitif et l'inutilité du programme de modernisation de la B61 qui est, depuis les années 2000, la seule arme nucléaire tactique de l'arsenal des États-Unis. Sa puissance est variable, allant de 0,3 kt (tactique) à plus de 100 kt (stratégique). Sa puissance maximale est de 340 kt. Le nouveau modèle B61-12 a été classé selon ses caractéristiques comme tactique et stratégique.

Normalisation de l'arme nucléaire

D'après le magazine Military Watch, « *La B61-12 est une arme nucléaire tactique dotée d'une charge utile relativement faible, conçue pour des frappes de précision contre des cibles ennemies bien fortifiées et des concentrations de troupes. Selon l'éminent stratège nucléaire américain, le général James Cartwright, chef d'état-major interarmées, le fait de rendre les armes nucléaires plus petites et plus précises a pour effet de "rendre l'arme plus pensable". Les armes nucléaires tactiques permettent des frappes nucléaires précises sans le nombre de victimes civiles et de dommages collatéraux qu'entraînerait une arme nucléaire à haut rendement. Leur développement est donc largement considéré par les analystes de la défense, y compris le général Cartwright, comme un moyen de rendre l'utilisation des armes nucléaires plus applicable et, par conséquent, potentiellement normalisée en temps de guerre* ».

Les fondements stratégiques de la nouvelle dissuasion

Contrairement à la doctrine ultra concentrée de l'ancienne dissuasion, et à la maîtrise directe des USA sur tout le processus d'utilisation des armes nucléaires (même pour les "TRIDENT" Britanniques) pour les pays de l'OTAN (avec une coordination, pour une force de frappe indépendante, comme pour la France) on retourne à l'ancienne doctrine des fusées Pershing disséminées en EUROPE, mais avec une possibilité d'utilisation nationale, même si le contrôle par le PENTAGONE, est proclamé. Les premiers pays bénéficiaires sont l'Allemagne, la Belgique, l'Italie et les Pays Bas, puis ensuite tous les autres (même l'Albanie !).

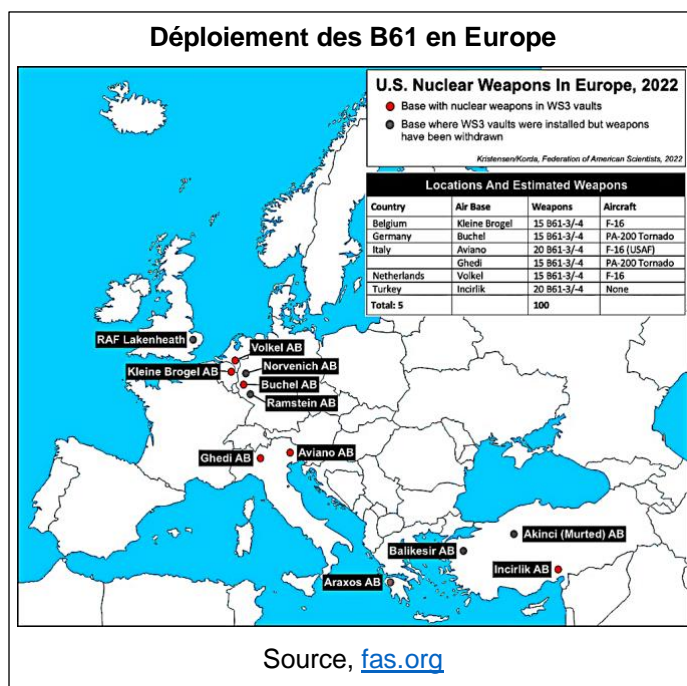
Quelle contre-attaque pour nous ?

Nous ne pouvons pas reprendre nos vieux slogans : "NI PERSHING, NI SS20", car, même déguisé en "Ni stade 2 Russe ni stade 2 Américain", ils resteraient incompréhensibles. Nous sommes condamnés à inventer une autre forme de lutte, et trouver un mot d'ordre immédiat. Face à l'agression russe en Ukraine, en tant que soignants, nous nous battons pour "un cessez le feu immédiat" compréhensible par tous. Face à cette nouvelle donne, l'urgence est dans cette recherche d'une cible simple comme : "la prolifération atomique est en Europe".

Il faut un moratoire immédiat, « **la prévention du désastre nucléaire c'est ici et maintenant** ».

Bibliographie

- « [The B61 \(Mk-61\) Bomb](#) », sur [nuclearweaponarchive.org](#), 9 janvier 2007 (consulté le 9 décembre 2015).
- National Nuclear Security Administration, « [A look at the U.S. nuclear stockpile](#) », sur YouTube, 5 novembre 2021 (consulté le 13 novembre 2021).
- « [L'US Air Force teste sa nouvelle bombe nucléaire B61-12](#) », sur Radio-télévision belge de la Communauté française, 10 juin 2020 (consulté le 13 novembre 2021).
- https://fas.org/blogs/security/2021/12/fa-18_removed-from-fact-sheet/
- AFP, « Les Etats-Unis lancés dans un programme de modernisation nucléaire controversé », *La Libre.be*, 6 novembre 2013.
- The U.S. Military's Development and Testing of the B61-12 Tactical Nuclear Bomb; Why it is Cause for Concern in Russia and North Korea, <https://militarywatchmagazine.com/>, 20 août 2017



Nucléaire "tactique" : le mirage de bombes moins dévastatrices

Par Sébastien Seibt - France 24, 10 octobre 2022

Alors que la menace d'utilisation d'armes nucléaires grandit, que ce soit du côté de la Russie ou de la Corée du Nord, la discussion tourne essentiellement autour du recours aux bombes dites "tactiques". Une famille d'armes nucléaires présentées comme "moins puissantes". Au risque de rendre plus acceptable l'utilisation d'armes de destruction massive ?

C'est un qualificatif qui revient de plus en plus souvent pour évoquer les armes nucléaires. La Corée du Nord a affirmé, lundi 10 septembre, avoir effectué une simulation "nucléaire tactique". La Russie a multiplié les références à son arsenal nucléaire "tactique" en guise de menace d'intensification de sa guerre en Ukraine. Même Joe Biden, le président américain, y a fait une référence directe en évoquant vendredi le risque d'un "Armageddon" nucléaire si Moscou avait recours à de telles armes sur le champ de bataille.

"Jusqu'à cet été, on parlait essentiellement d'armes nucléaires sans vraiment préciser, et puis on a commencé à recourir de plus en plus souvent au qualificatif 'tactique', remarque Jean-Marie Collin, expert et porte-parole de l'Ican France [Campagne internationale pour abolir l'arme nucléaire], la chapelle hexagonale de la Campagne internationale pour abolir les armes nucléaires.

Des armes utilisables sur le champ de bataille ?

Un glissement sémantique qui correspond avant tout à un distinguo militaire. Les armes nucléaires tactiques se différencient de leurs aînées stratégiques tout d'abord "à cause de raisons techniques liées à la physique", explique Alexandre Vautravers, expert en sécurité et en armement et rédacteur en chef de la Revue militaire suisse (RMS).

Là où un missile balistique nucléaire cherche à frapper fort sur tous les tableaux – souffle de l'explosion, impact thermique, rayonnement des radiations et des perturbations électromagnétiques –, avec l'arme dite "tactique", "on cherche à maximiser l'onde de choc et minimiser les autres effets pouvant être indésirables, si les propres troupes de l'utilisateur de l'arme ont prévu de traverser la zone battue", précise ce spécialiste.

De ce fait, elles sont considérées plus "mobiles" et peuvent être transportées plus aisément sur un champ de bataille. Rien de tel avec les missiles stratégiques, situés dans des silos, ou embarqués sur des sous-marins et des bombardiers spécialement conçus à cet effet.

Il existe une autre manière de diviser l'arsenal nucléaire, qui "tient à la fonction qu'on accorde à chaque bombe", souligne Fabian Rene Hoffmann, spécialiste des armes nucléaires pour l'Oslo Nuclear Project de l'université d'Oslo.

En théorie, les armes stratégiques "doivent pouvoir être utilisées par les États pour viser directement d'autres nations afin de les dissuader d'attaquer, tandis que ogives tactiques sont censées pouvoir être utilisées directement sur le champ de bataille pour viser des objectifs précis", résume Jana Baldus, spécialiste des questions de contrôle des armes nucléaires au Peace Research Institute de Francfort.

Les armes nucléaires tactiques sont présentées comme étant plus précises et leurs effets plus limités : "L'explosion a lieu à très basse altitude ou au niveau du sol ; l'objectif est la destruction d'une infrastructure ou d'une cible précise et les effets peuvent se limiter à un rayon de quelques centaines de mètres à quelques kilomètres", précise Alexandre Vautravers.

D'un point de vue opérationnel, c'est l'ultime recours sur le champ de bataille quand une armée fait face à un danger que les armes conventionnelles ne sont pas en mesure d'écartier efficacement, ou pour viser un objectif trop grand pour de simples missiles. Il pourrait, à ce titre, être utilisé pour détruire une colonne de chars qui s'avance vers la ligne de front ou pour viser une base aérienne militaire d'une taille importante.

La tentation de banaliser l'arme nucléaire

Mais ce sont des différences théoriques. En effet, aucune bombe nucléaire – quel que soit son type – n'a été utilisée

durant un conflit depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale. Et "la frontière entre les deux catégories demeure très artificielle. Les États-Unis et la Russie ont débattu à de nombreuses occasions de ce qui relevait du 'tactique' ou du 'stratégique' sans réussir à se mettre vraiment d'accord", souligne Jana Baldus.

Ce flou se retrouve même dans les documents officiels de l'Otan. Leur récapitulatif de la "définition des forces nucléaires" prouve le grand écart qu'il y a entre, par exemple, la vision française des armes nucléaires stratégiques – dont la "définition tient à la doctrine de dissuasion nucléaire plutôt qu'à des spécifications techniques" – et celle de la Russie, qui remplit presque une page entière de spécifications.

En réalité, le recours de plus en plus fréquent au qualificatif "tactique" répond à "un motif très politique qui est de rendre l'arme nucléaire 'utilisable' dans le cadre d'un conflit", affirme Fabian Rene Hoffmann. Ce terme "introduit un biais inconscient parmi les populations : il y aurait une forme d'arme nucléaire plus acceptable qu'une autre car son utilisation serait limitée à des objectifs militaires", ajoute Jana Baldus.

Une pente très dangereuse pour Jean-Marie Collin car elle tend à faire oublier que toutes les bombes nucléaires – tactiques ou stratégiques – sont "des armes de destruction massive". Ainsi, "il y a de fortes chances que les bombes américaines larguées sur Hiroshima ou Nagasaki soient considérées aujourd'hui comme des armes tactiques", note Jana Baldus.

En outre, la plus redoutable "des bombes conventionnelles américaines – surnommée [Moab](#) (pour 'Massive Ordnance Air Blast bomb' – ou bombe à effet de souffle massif) – a une puissance de destruction équivalente à 11 tonnes de TNT alors que la moins puissante des armes nucléaires dites 'tactiques' russes a une puissance équivalente à 300 tonnes de TNT", résume Jean-Marie Collin.

Cette obsession sémantique russe pour le nucléaire "tactique" risque aussi de relancer une course aux armements. Actuellement, la France n'a que des armes nucléaires stratégiques, tandis que les États-Unis se sont débarrassés de leur arsenal tactique au profit d'armes conventionnelles.

Mais si Moscou fait planer la menace de l'utilisation d'une telle arme tactique sur le champ de bataille, cela pourrait pousser d'autres puissances nucléaires à en acquérir. Et plus il y aura d'armes de ce type – présentées comme moins dévastatrices – en circulation, plus le risque qu'elles soient utilisées un jour grandira.

[\[France 24, 10/10/22\]](#)

Arsenal nucléaire français (GSIEN)



La France ne dispose pas d'arme tactique. Son arsenal est constitué d'environ 290 armes stratégiques thermo-nucléaires (bombe H) dans deux gammes de puissance associées à deux modes de lancement (vecteur) :

- La Tête nucléaire océanique (TNO) équipe les Sous-marin nucléaire lanceur d'engins (SNLE) ;
- La Tête nucléaire aéroportée (TNA) est destinée à être embarquée sur l'avion Rafale.

Fin 2021, « *La face cachée de la bombe atomique française* » (Rapport présenté page 40) nous donne quelques précisions : « *Les missiles balistiques M51 et M51.2 de la Force océanique stratégique (FOST) sont équipés depuis 2016 d'ogives type TNO (puissance unitaire estimée à 150 kilotonnes [100 kt selon [opex.360](#)]) qui viennent remplacer au fur et à mesure les ogives TN75 en service depuis le milieu des années 1990. Les Forces aériennes stratégiques (FAS) sont équipées, depuis 2009, d'ogives de type TNA (puissance unitaire estimée à 300 kilotonnes). D'ores et déjà, des études et développements sont en cours pour "la tête nucléaire océanique future, et la tête nucléaire aéroportée future" (1). Il n'existe pas en effet de volonté des dirigeants politiques français actuels de mettre un terme à la politique de dissuasion nucléaire. Celle-ci doit se poursuivre, selon les processus de modernisation et de renouvellement en cours, au moins jusqu'en 2090 (2). Réf. (1) ALVETTI Vincenzo, directeur des applications militaires au CEA, compte rendu n° 71, Commission de la défense nationale et des forces armées, 30 juin 2021. (2) PARLY Florence, ministre des Armées, Discours sur lancement en réalisation du programme sous-marin nucléaire lanceur d'engins de troisième génération, 19 février 2021 » [[icanfrance](#)].*

Combien d'armes nucléaires existe-t-il dans le monde ? Et qui les possède ?

Daily Geek Show, 18 septembre 2022

Selon les analystes, neuf États comptent des armes nucléaires dans leur artillerie militaire. L'Arms Control Association estime qu'il existe actuellement 13 000 armes actives et prêtes à l'emploi. Cependant, cette estimation est basée uniquement sur des informations publiques. Il y en a peut-être plus dans les États qui ont caché leur possession d'une arme de ce genre. Nous allons voir la quantité d'armes de ce calibre produite par l'Homme.

Combien y a-t-il d'armes nucléaires dans le monde ?

Depuis la fin de la guerre froide, les États-Unis et la Russie ont respectivement réduit leur arsenal nucléaire, et leurs stocks nucléaires sont également bien inférieurs à ce qu'ils étaient à leur apogée. En 1967, les États-Unis possédaient 31 225 armes nucléaires. Aujourd'hui, la Russie prétend disposer de 6 257 ogives nucléaires, tandis que les États-Unis n'en auraient que 5 550.

Cependant, cette forte baisse est principalement due au démantèlement des ogives hors d'usage. En fait, il y a effectivement eu une augmentation du nombre d'ogives déployées en 2021. Quant à la rapidité avec laquelle une arme nucléaire peut être déployée, les armes sont mises à disposition en fonction de la situation de l'État. Les États-Unis et la Russie maintiennent certaines de leurs armes nucléaires en état d'alerte élevée, ce qui signifie qu'elles pourraient être prêtes à être lancées en moins de 15 minutes.

Un article de 2015 publié par l'Union of Concerned Scientists estime que les États-Unis et la Russie ont chacun environ 900 armes en état d'alerte. D'autres pays comme la Chine, Israël, l'Inde et le Pakistan conservent leurs armes nucléaires dans des dépôts centraux, ce qui signifie qu'elles devront être retirées et associées à leurs systèmes de distribution en cas de crise. Cela peut prendre des jours voire des semaines à régler. Et certains pays, comme le Royaume-Uni, ont des armes nucléaires qui seront déployées à tout moment sur des sous-marins lance-missiles balistiques, mais elles prendraient des heures ou des jours pour se déployer.

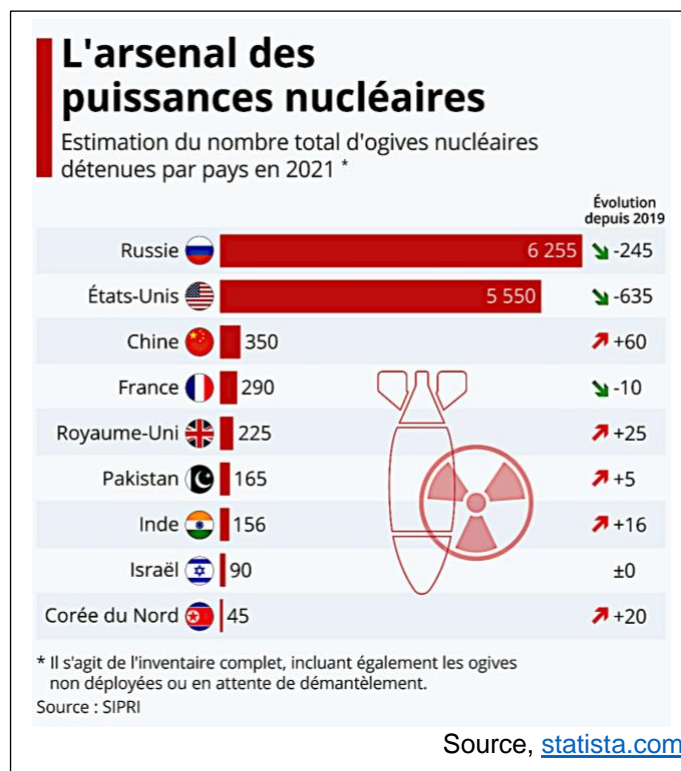
Quelle est la puissance des armes nucléaires actuelles ?

Les armes nucléaires diffèrent par leur pouvoir destructeur. Dans l'arsenal nucléaire américain actuel, la bombe la plus puissante est la B83 avec un rendement maximum de 1,2 mégatonne, 60 fois plus puissante que la bombe larguée sur Nagasaki, au Japon, en 1945.

Cependant, la puissance destructrice de la B83 était inférieure à celle de la bombe la plus puissante jamais construite : la « Tsar Bomba » soviétique, qui avait un rendement explosif de 50 mégatonnes, environ 2 500 fois plus puissante que cette arme qui a détruit Nagasaki. La Tsar Bomba était une bombe spécialement conçue pour mettre en valeur la puissance militaire de l'Union soviétique et à ce jour, aucune itération de cette arme n'a été faite.

Les bombes à hydrogène, telles que la B83 ou la Tsar Bomba, utilisent la fusion nucléaire, tandis que les bombes atomiques sont basées sur la fission. En termes de puissance destructrice, il n'y a pas de comparaison : la bombe à hydrogène est potentiellement 1 000 fois plus puissante que la bombe atomique.

[[DGS, 18/09/22](#)]



Nucléaire et Climat : L'humanité est confrontée à deux menaces existentielles – Noam Chomsky

C.J. Polychroniou, 13 juin 2022

Traduit par les lecteurs du site Les-Crises

[Extraits]

Nous vivons une époque dangereuse et déconcertante. L'humanité est confrontée à deux menaces existentielles qui pourraient mettre fin à la civilisation telle que nous la connaissons — ainsi qu'à toute autre forme de vie sur Terre. Pourtant, dans le cas du réchauffement de la planète et des armes nucléaires, la coopération internationale fait cruellement défaut. Pire encore, en ce qui concerne les armes nucléaires, depuis l'invasion de l'Ukraine par la Russie, la tendance est à la banalisation de l'idée d'une guerre nucléaire. En fait, comme l'affirme Noam Chomsky dans cet entretien en exclusivité avec *Truthout*, la dénégation de la réalité de la menace d'annihilation nucléaire a atteint des niveaux très dangereux et « les instruments visant à réduire la menace de guerre finale sont jetés aux orties ». Pourtant, il n'est pas nécessaire qu'il en soit ainsi.

« La vie humaine est encore présente, souligne Chomsky. Les moyens de protéger l'humanité de la menace existentielle que constituent les armes nucléaires sont réalistes. »

(...)

C.J. Polychroniou : Noam, l'invasion de l'Ukraine par la Russie a engendré plusieurs conséquences inattendues et imprévues. L'une d'elles, dont on ne débat pas autant qu'il le faudrait, est que l'utilisation des arsenaux nucléaires, certes avec des performances plus faibles, est presque banalisée. En effet, au cours de cette guerre, nous avons entendu plusieurs scénarios expliquant comment la Russie pourrait utiliser des armes nucléaires et, dans les premiers jours de l'invasion, le président russe Vladimir Poutine a même donné l'ordre de placer les forces nucléaires de son pays en état d'alerte maximale. Et le mois dernier, il a déclaré que la Russie utiliserait des armes nucléaires pour défendre sa souveraineté, soulignant que « l'ère du monde unipolaire » avait pris fin. D'un autre côté, des personnes comme Francis Fukuyama affirment que la possibilité d'une guerre nucléaire « n'est pas quelque chose dont on devrait s'inquiéter », parce qu'il y a de multiples possibilités de s'arrêter avant d'en arriver là. Comment en sommes-nous arrivés à une telle attitude de nonchalance vis-à-vis des armes nucléaires ?

Noam Chomsky : Avant d'aborder les questions importantes soulevées, nous devons garder fermement à l'esprit une préoccupation impérieuse : les grandes puissances trouveront un moyen de coopérer pour résoudre les problèmes critiques d'aujourd'hui, sinon le naufrage de la société humaine sera si extrême que plus personne ne s'en souciera. Tout le reste devient caduc quand on reconnaît ce fait fondamental concernant le monde contemporain, qui est vraisemblablement la dernière étape de l'histoire de l'humanité. On ne saurait le répéter trop souvent ou trop fermement.

Dans le *Toronto Star*, la journaliste et analyste politique chevronnée Linda McQuaig a écrit qu'elle venait d'entendre « ce qui m'a paru être probablement la remarque la plus stupide jamais prononcée à la télévision. Et je sais que la barre est haute ».

McQuaig faisait référence au « célèbre politologue américain Francis Fukuyama » et à son commentaire que vous venez de citer. Pour le dire simplement, « il n'y a pas lieu de s'inquiéter au sujet de la guerre nucléaire. Croyez-moi sur parole. »

Pour défendre la « remarque probablement la plus stupide jamais prononcée à la télévision », nous pourrions faire valoir qu'elle est non seulement utilisée de façon courante, mais qu'elle est en fait implicite dans la politique officielle des États-Unis. En avril dernier, le secrétaire à la défense Lloyd Austin a déclaré que l'objectif de Washington en Ukraine était « de voir la Russie affaiblie au point qu'elle ne puisse plus faire le genre de choses qu'elle a faites en envahissant l'Ukraine ». Il a été admonesté par le président, mais « les responsables ont reconnu que c'était effectivement la stratégie à long terme, même si Biden ne voulait pas provoquer publiquement Poutine pour le pousser à une escalade ».

La stratégie à long terme consiste donc à poursuivre la guerre afin d'affaiblir la Russie, et ce à un degré considérablement plus radical que le traitement infligé à l'Allemagne à Versailles il y a un siècle, lequel n'a pas atteint l'objectif proclamé.

La stratégie à long terme a été réaffirmée avec suffisamment de clarté lors du récent sommet de l'Organisation du traité de l'Atlantique Nord (OTAN), qui a abouti à un nouveau « concept stratégique » reposant sur un principe fondamental : pas de diplomatie en ce qui concerne l'Ukraine, mais simplement la guerre pour « affaiblir la Russie ».

Il n'est pas nécessaire d'être grand clerc pour comprendre que cela se rapproche de ce qui pourrait être la remarque la plus stupide jamais formulée. L'hypothèse tacite est que, pendant que les États-Unis et leurs alliés s'emploient à affaiblir suffisamment la Russie, les dirigeants russes se tiendront tranquilles, s'abstenant de recourir aux armes de pointe dont nous savons tous que la Russie dispose.

Peut-être, mais c'est un sacré pari, non seulement pour le sort des Ukrainiens, mais aussi pour bien d'autres.

Pour défendre davantage cette folie colossale, nous pourrions ajouter que c'est le bon sens qui prévaut. Il est communément admis que nous pouvons ignorer le bilan choquant des 75 dernières années, lequel démontre avec une clarté magistrale que c'est un quasi-miracle que nous ayons échappé à la guerre nucléaire — une guerre qui sera finale si de grandes puissances sont impliquées.

Les exemples sont légion. Pour n'en citer qu'un, certaines des études les plus minutieuses et les plus sophistiquées concernant l'opinion publique et les grandes questions sont menées par le programme de communication sur le changement climatique de l'université de Yale. Bien que le

climat soit le principal objet de leurs préoccupations, les études ont une portée beaucoup plus large.

L'étude la plus récente, qui vient d'être publiée, pose 29 grandes questions d'actualité et demande aux sujets de les classer en fonction de leur importance dans la perspective des élections de novembre prochain. La guerre nucléaire n'est pas mentionnée. La menace est grave et croissante, et il est facile d'élaborer des scénarios des plus plausibles qui conduiraient à une escalade menant tout droit à la destruction finale. Mais nos dirigeants et nos « célèbres politologues » nous assurent, que ce soit explicitement ou implicitement : « Inutile de vous inquiéter, croyez-nous sur parole. »

Ce qui est exclu de l'étude est assez terrifiant. Ce qui y est inclus l'est à peine moins. « Sur les 29 questions que nous avons posées, rapportent les directeurs du sondage, les électeurs inscrits ont globalement indiqué que le réchauffement climatique était la 24e question la plus importante en matière d'enjeu électoral. »

Ce n'est que la question la plus importante qui se soit jamais posée dans l'histoire de l'humanité, au même titre que la guerre nucléaire.

Si on y regarde de plus près, les choses sont encore pires. Les Républicains pourraient bien remporter le Congrès dans quelques mois. Leurs dirigeants ne cachent pas leur intention de trouver des moyens de s'accrocher de façon quasi permanente au pouvoir politique, sans tenir aucun compte de la volonté populaire, et ils pourraient y parvenir avec l'aide de la Cour suprême ultra-réactionnaire. Le parti — l'appeler ainsi est lui faire honneur — a été 100 % négationniste concernant le réchauffement climatique depuis qu'il a cédé à la charge du conglomérat Koch en 2009, et ses dirigeants ont entraîné la base électorale. Dans l'étude de Yale, les Républicains modérés ont placé le réchauffement climatique en 28e position sur les 29 options proposées. Les autres l'ont classé 29e.

Les deux questions les plus importantes de l'histoire de l'humanité, littéralement des questions de survie, pourraient bientôt ne plus être à l'ordre du jour dans l'État le plus puissant de l'histoire de l'humanité, perpétuant ainsi la funeste expérience des quatre années Trump.

Pas totalement exclues, bien sûr. Il existe des voix raisonnables, dont certaines jouissent d'un prestige et d'une expérience considérables. Il y a dix ans, quatre d'entre eux — William Perry, Henry Kissinger, George Shultz et Sam Nunn — ont rédigé une tribune pour le *Wall Street Journal* appelant à « infléchir la dépendance du monde vis-à-vis des armes nucléaires, à empêcher leur prolifération dans des mains potentiellement dangereuses et, finalement, à les éliminer comme source de menace pour le monde ».

Mais ils ne sont pas isolés. Le mois dernier (21-23 juin), les États signataires du Traité de 2017 sur l'interdiction des armes nucléaires (TPNW) se sont réunis pour la première fois. Invoquant une « rhétorique nucléaire de plus en plus véhémente », ils ont publié la déclaration de Vienne, qui condamne toute tentative d'utilisation d'armes nucléaires comme étant une violation du droit international, notamment

de la Charte des Nations unies. La déclaration exige « qu'en aucune circonstance, les États dotés d'armes nucléaires ne devront utiliser, ou menacer d'utiliser des armes nucléaires, c'est valable pour tous ces États, sans aucune exception ».

Les États nucléarisés ont refusé d'adhérer au traité, mais cela peut changer sous la pression populaire, comme nous l'avons souvent vu auparavant.

Rester des observateurs passifs, satisfaits d'être de simples instruments entre les mains des puissants n'est pas une nécessité. Il s'agit bien d'un choix, et non d'une fatalité.

En août, aura lieu la 10e conférence de révision du traité de non-prolifération nucléaire (TNP). Elle pourrait être l'occasion pour une opinion publique bien structurée d'exiger une adhésion à ses principes, qui appellent à des engagements « de bonne foi » pour éliminer le fléau des armes nucléaires de la Terre et, ce faisant, pour réduire fortement les énormes menaces qu'elles représentent. Voilà qui ne se produira pas si les deux questions les plus importantes de l'histoire de l'humanité sont évacuées, l'une presque complètement tandis que l'autre ne suscite qu'une fraction de l'intérêt qu'elle requiert si l'on veut que le monde soit vivable.

Article complet : les-crises.fr - En anglais : truthout.org

Commentaire GSIEN avec Abraham Béhar : la 10^{ème} conférence d'examen des parties au Traité sur la non-prolifération des armes nucléaires (TNP) s'est tenue du 1^{er} au 26 août 2022. Pour la première fois, à la suite du veto russe, **il n'y a pas de révision du traité, de fait le TNP est caduc !** Cela veut dire qu'il n'y a plus de frein international à la prolifération atomique, la porte est ouverte à une nouvelle course aux armements de ce type, avec priorité aux armes dites tactiques.

Tout se passe comme si la guerre en Ukraine avait levé toutes les inhibitions et précipité la fin de la longue agonie du TNP depuis 2014.

Début 2021, le Traité sur l'interdiction des armes nucléaires (TIAN) est entré en vigueur : « à la date du 22 septembre 2022, 91 États ont signé et 68 États ont ratifié ce traité » [[ican France](https://www.ican.france/)]. Bien évidemment, les pays possédant l'arme atomique ne l'ont pas signé...

Vers l'emploi de l'arme nucléaire en Europe ?

Carnets de Guerre #4

Jean-Marc Royer, 30 septembre 2022

« La porte du feu nucléaire est ouverte depuis le 24 février 2022 en Europe et à ce jour, elle n'a pas été refermée ».

[Extraits]

Des élargissements de l'Otan aux manœuvres guerrières de part et d'autre

Le 9 février 1990 à Moscou, dans une phrase devenue célèbre depuis, le secrétaire d'état James Baker avait dit à Gorbatchev que : « les discussions entre les deux Allemagnes et les quatre forces d'occupation doivent garantir que l'Otan n'ira pas plus loin : sa juridiction militaire actuelle ne s'étendra pas d'un pouce vers l'est ». Le lendemain, Helmut Kohl, affirmait à son tour : « Nous

pensons que l'Otan ne devrait pas élargir sa portée ». Neuf ans plus tard, fin avril 1999, le plan d'action pour l'adhésion de nouveaux membres était adopté lors de son 15^e sommet à Washington. La Pologne, la Hongrie, la République Tchèque rejoignaient l'organisation militaire et à partir de 2004, onze nouveaux membres étaient successivement intégrés.

Lors de la conférence de Munich sur la sécurité en 2007, Poutine avait publiquement et clairement indiqué qu'il considérait l'élargissement de l'alliance Atlantique comme une provocation sérieuse qui réduisait le niveau de confiance mutuelle. C'est un fait, l'Otan s'est rapprochée de 1 200 kilomètres des frontières occidentales de la Russie depuis la fin de la guerre froide et la frontière lettone est à moins de 600 km de sa capitale.

En 1999 également, durant la guerre du Kosovo, l'Otan a participé au conflit par des bombardements massifs (trois cents par jour durant quatre mois !), sans avoir l'approbation du Conseil de sécurité et en violation des articles 5 et 6 de ses statuts qui précisent qu'elle n'est pas une structure offensive, mais défensive. D'autre part, depuis la fin de l'année 2001, l'organisation Atlantique a mené des opérations très largement en dehors de ses périmètres géographiques et légaux d'intervention, à savoir : en Afghanistan, en Mer Rouge, dans le golfe d'Aden, en Océan Indien et en Lybie.

De son côté, Poutine allait mener huit guerres entre la fin de 1999 et 2022. Pour le récapituler rapidement, il intègre l'administration présidentielle en mars 1997, juste après la première guerre contre la Tchétchénie. Pendant la période où il est chef du FSB – de juillet 1998 à décembre 1999 – se produisent les cinq attentats qui serviront de prétexte au déclenchement de la seconde guerre tchétchène afin de « laver l'affront » de la défaite précédente. Il devient président de la Russie fin 1999, pendant le siège de Grozny. Les combats dévastèrent la capitale tchétchène au point qu'en 2003, les Nations unies la qualifièrent de « ville la plus détruite sur Terre ». En 2008, Poutine a mené une guerre éclair contre la Géorgie. En 2014, le Donbass et la Crimée étaient envahis, causant la mort de 18 000 personnes en huit années. À partir du 30 septembre 2015, l'État russe a commencé à se déployer militairement en Syrie[vi] afin de soutenir Bachar Al Assad et ses propres intérêts au Moyen-Orient. En 2016, après Grozny et avant Marioupol, Alep était réduite à un champ de ruines. En septembre 2020 une intervention de « maintien de la paix » dans le Haut-Karabakh avait lieu et en janvier 2022, l'armée russe est intervenue au Kazakhstan.

Les traités de limitation des armes nucléaires sont devenus caducs

En fait, après avoir promulgué le « Patriot Act » à la fin du mois d'octobre 2001, l'administration états-unienne commençait à mettre en œuvre ce qui fut par la suite théorisé comme le « continuum de sécurité globale ». Le 13 décembre suivant, les États-Unis se retirèrent unilatéralement du traité ABM (Anti Balistique Missile) qui limitait drastiquement l'emploi de ces armes nucléaires. George W Bush présenta ce retrait comme une première étape vers la mise au point et le déploiement d'un bouclier de défense anti-missiles destiné, selon lui, à protéger les États-Unis et ses alliés, dont la Russie (!), d'une attaque

de missiles tirés par des « États voyous », mentionnant notamment l'Iran, la Corée du Nord ou la Somalie... De fait, les anciens traités de maîtrise des armements nucléaires issus de la guerre froide et l'accord de Ciel ouvert entré en vigueur en 2002 ont été remis en cause. Il ne reste à présent que le traité New Start.

Le 2 août 2019, les États-Unis sortaient officiellement du traité de limitation des Forces Nucléaires à portée Intermédiaire (INF en anglais) conclus en 1987, suivis par la Russie quelques mois plus tard. La route était libre pour une relance de la course aux armements. Dès le lendemain du retrait, le Pentagone publiait la photo du tir d'un nouveau missile Tomahawk suivi de deux autres essais de missiles sol/sol – l'ATACMS « upgraded » et le « Precise Strike Missile ». Un peu plus tard, cette même année, le Pentagone signalait le déploiement du Sous-marin Nucléaire Lanceurs d'Engins « USS Tennessee » avec des missiles Mer-Sol Balistique à tête nucléaire de 5 à 7 Kilotonnes de puissance, tandis que Poutine annonçait la mise au point par la Russie d'une panoplie de nouvelles armes stratégiques toutes réputées quasi impossibles à intercepter, et capables de frapper en n'importe quel point du globe.

(...)

En 2013, Poutine s'engouffre dans la porte ouverte...

En août 2012, un mois après que le régime de Bachar el Assad ait reconnu posséder des armes chimiques, Barack Obama déclarait que l'utilisation de telles armes constituait « une ligne rouge » à ne pas franchir sous peine « d'énormes conséquences ». Lorsqu'en août 2013, 1 400 personnes dont 426 enfants décédaient suite à l'usage de gaz toxiques lors d'attaques dans la banlieue de Damas, Obama reculait piteusement. Poutine a ainsi trouvé la voie ouverte à une présence impériale en Syrie. Et Bachar a donc continué à se servir du chlore, ce qui fut le cas au moins à trois reprises en 2014 et 2015, sur des localités de la province d'Idleb, ce qu'une commission d'enquête de l'ONU a ensuite confirmé. On ne peut évidemment s'empêcher de rapprocher la reculade d'Obama – et de ses terribles suites pour les populations locales – de la spectaculaire défaite des États-Unis en Afghanistan en août 2021, laquelle fut contemporaine des préparatifs militaires d'invasion de l'Ukraine par Poutine.

L'invasion de l'Ukraine en 2014 et les implantations de missiles US en 2016

Lorsque George W. Bush avait annoncé la sortie du traité ABM au profit d'un « bouclier anti-missiles » dont les premiers éléments devaient être déployés en Pologne et en République tchèque, cela fut assez vite contesté par la fédération de Russie qui y vit une invalidation de sa propre dissuasion nucléaire. En effet, ces missiles pouvaient tout aussi bien permettre des tirs défensifs sol-air – le « bouclier » de G. W. Bush – que des tirs offensifs sol-sol de missiles nucléaires vers le territoire russe. De fait, cela constituait une remise en cause de « sa capacité de frappe en second » et invalidait du même coup la stratégie dite de « dissuasion nucléaire » de la Russie. Les implantations de missiles du « bouclier » devaient finalement se concrétiser, d'abord en Roumanie en mai 2016, puis en 2018 en Pologne. Pour y répondre, les russes déployèrent alors leur système sol-sol Iskander dans l'enclave de Kaliningrad.

L'invasion du Donbass et l'annexion de la Crimée en 2014 furent un « coup de poker » minutieusement mis au point par le clan Poutine. Ceci dit, cette blitzkrieg fut d'autant plus facile à réaliser que les Européens ont détourné les yeux et se sont bouchés les oreilles afin de « sécuriser » leurs gigantesques investissements en Russie. Devant les opinions, ils ont continué à justifier leur attentisme par un dogme vieux de deux siècles : « continuons à faire du commerce avec les russes, ils progresseront vers notre modèle libéral ».

Ce vieux credo raciste a particulièrement sévi en Allemagne depuis 1990, car ce capital voue une reconnaissance éternelle au pouvoir de Gorby (un sobriquet affectif particulièrement en vogue outre-Rhin) pour l'avoir laissé faire le casse du siècle en RDA, un Anschluss plus connu sous le nom de « réunification ». C'est également ce qui explique que, malgré les renseignements concordants et les images satellites à profusion, les européens ne voulaient toujours pas croire à l'invasion de l'Ukraine quelques jours avant qu'elle se produise. « Il n'y a pas plus aveugle que celui qui ne veut pas voir » (diction populaire).

Tout s'accélère à partir de juin 2019

Le nucléaire dans la nouvelle stratégie militaire des USA

Le 11 juin 2019, l'état-major US publie un document intitulé "Nuclear Operations Joint Publication 3-72" qui précise le mode d'emploi de l'arme nucléaire dite tactique: « Integration of nuclear weapons employment with conventional and special operations forces is essential to the success of any mission or operation ». Cette nouvelle conception intègre d'emblée dans la confrontation militaire une dimension nucléaire conçue comme un « continuum de l'engagement conventionnel » avec l'emploi possible de charges nucléaires de faible puissance sur la ligne de front. Ce qui signifie que le nucléaire peut s'utiliser comme n'importe quelle arme dès lors que la cible est militaire et qu'obtenir la victoire l'impose, une évolution qui sera aussi celle de Moscou l'année suivante. Face aux armées chinoise ou russe, ce type d'engagement provoquerait vraisemblablement une riposte du même ordre, suivie d'une escalade nucléaire impliquant tous les membres de l'Otan, selon les implications de son article 5.

Autrement dit, si l'on rapproche cette nouvelle stratégie militaire des manœuvres annuelles de l'Otan et de ses implantations de missiles, on peut avancer qu'au moins depuis 2016, les Etats-Unis préparent, organisent et accoutument de facto les européens à l'éventualité d'une « bataille nucléaire de l'avant » contre la Russie – pour reprendre la terminologie de la guerre froide – sauf qu'à présent « le glacis » séparant l'Europe de l'Ouest de la Russie est réduit à l'Ukraine.

En outre, il ne faudrait pas négliger ceci : durant la « guerre froide », les affrontements entre blocs ne se sont pas déroulés en Europe pour de multiples raisons, mais ailleurs, sur ce qui fut alors appelé « des terrains secondaires ». Il se trouve qu'aujourd'hui l'affrontement principal est celui qui se joue entre les États-Unis et la Chine en Asie-pacifique et que l'Europe est justement devenue une sorte de « terrain

secondaire » dans ce face à face, de tous les points de vue : militaire, économique, politique.

Last but not least, du point de vue de la « dissuasion », la nouvelle stratégie états-unienne (puis russe, un an après) rend en grande partie caduque l'activation d'un « ultime avertissement unique » dont se prévalaient et se prévalent encore des pays dotés de l'arme nucléaire... Exit donc tous les arguments militaires qui soutenaient ladite « dissuasion nucléaire » depuis plus d'un demi-siècle.

La nouvelle stratégie nucléaire de la Russie

Le texte de 2020, listant les « conditions déterminant la possibilité d'emploi de l'arme nucléaire » (point 19), prévoit quatre circonstances :

- l'obtention « d'informations fiables sur le lancement de missiles balistiques attaquant le territoire russe et (ou) celui de ses alliés » ;
- la réalisation par l'adversaire « d'actes contre des sites étatiques ou militaires d'importance critique de la Fédération de Russie dont la mise hors de fonctionnement conduirait à compromettre la riposte des forces nucléaires » ;
- « l'emploi par l'adversaire d'armes nucléaires ou d'autres types d'armes de destruction massive contre le territoire de la Fédération de Russie et (ou) de ses alliés » ;
- « une agression contre la Fédération de Russie engageant des armements conventionnels, quand l'existence même de l'État est menacée ».

Le 3 juillet 2021, durant ce qui s'est avéré être des préparatifs de guerre, Poutine a également signé une nouvelle stratégie de sécurité nationale qui se substitue à celle qui était en vigueur depuis 2015, laquelle envisageait encore comme possible le rétablissement d'une relation constructive avec les États-Unis et leurs alliés... Ce n'est plus le cas ici : la confrontation avec l'Occident serait appelée à durer, car ces pays seraient déterminés à affaiblir la Russie aux niveaux militaire, technologique, économique et « spirituel ». Une tentative « d'occidentalisation de la Russie », présentée comme en passe de réussir, serait en jeu. Il y est explicitement indiqué que des forces étrangères tenteront d'exploiter les difficultés internes de la Russie. En outre, à la différence du texte de 2015, l'UE n'est plus mentionnée dans ce texte, ce que les propositions de traité et d'accord de décembre 2021 – uniquement et ostensiblement adressés aux Etats-Unis et à l'Otan – viendront entériner. En d'autres termes, le clan Poutine ne considère pas l'UE comme une puissance militaire, ce qui renforce malheureusement la possibilité de considérer l'Europe comme un « terrain secondaire d'affrontements », et que les Ukrainiens sont en train de vivre dans leur chair.

Article complet : [Carnets de Guerre #4](#)

Les autres carnets

Carnets de Guerre #1

[Notes sur l'invasion Russe de l'Ukraine](#)

Carnets de Guerre #2

[L'anschluss de la RDA, première extension de l'OTAN en 1990](#)

Carnets de Guerre #3

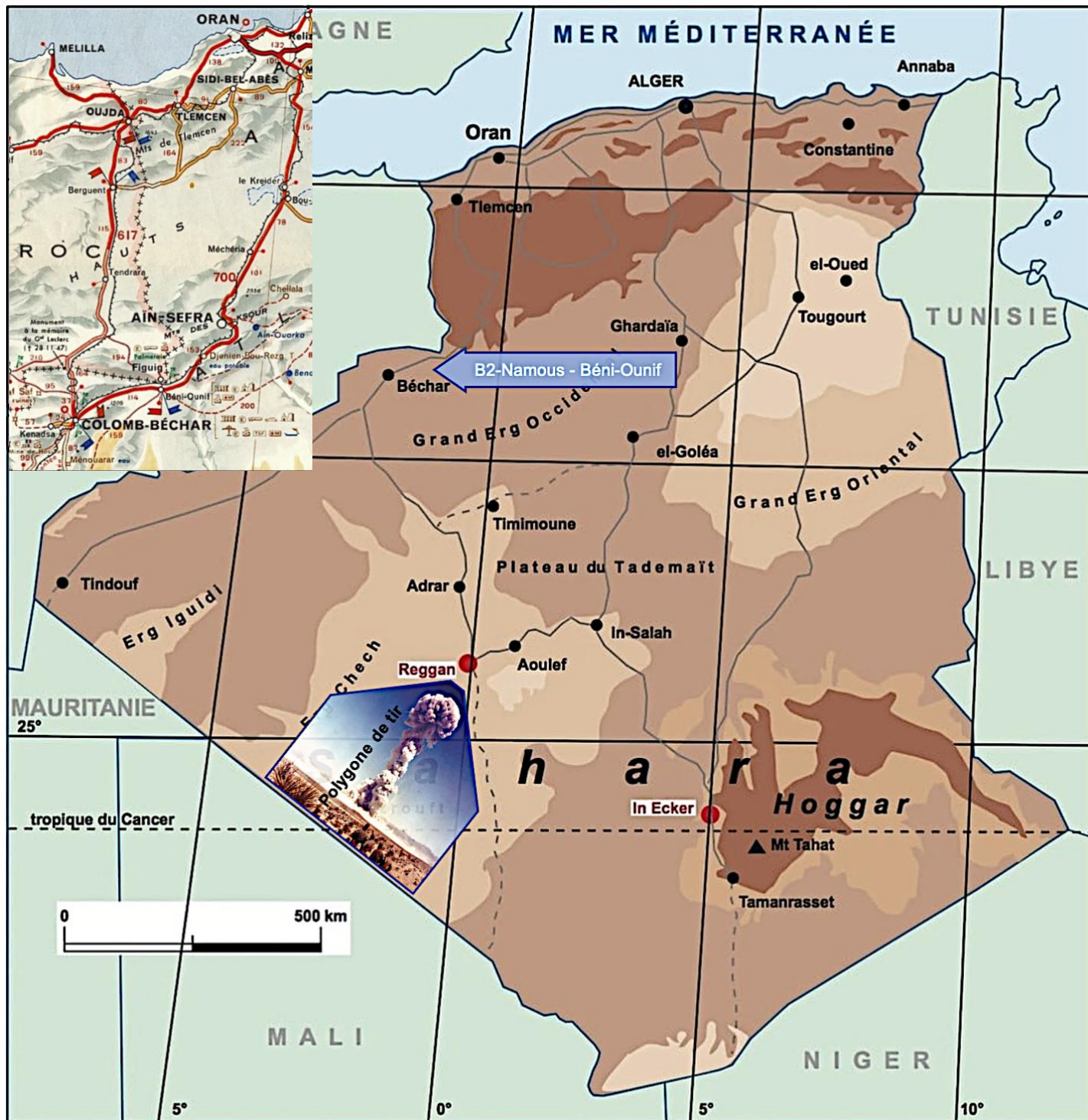
[Un désastre nucléaire est d'actualité en Europe](#)

Rubrique histoire

La rubrique histoire revient en force dans ce numéro de la Gazette avec un article récent d'un de nos honorables anciens et un vieil article du temps où les vénérables anciens étaient plus jeunes. Ce sera également l'occasion d'évoquer les essais nucléaires.

Comme nous allons faire un petit voyage en Algérie, nous publions une carte du pays avec les emplacements des différents sites d'expérimentations des armes nucléaires et chimique/bactériologiques effectuées par l'armée française.

- Essais nucléaires atmosphériques : Reggan (ou Reggan).
- Essais nucléaires souterrains : In-Ekker (ou in Ecker).
- Essais d'armes chimiques et bactériologiques : Béni-Ounif.



Carte d'Algérie (source, [Aven](#))

La photo présente dans le polygone de tir est celle du 1^{er} essai nucléaire français, baptisé Gerboise bleue, réalisé le 13 février 1960 dans la région de Reggan. La photo est publiée par [El Watan](#).

Petits rappels historiques

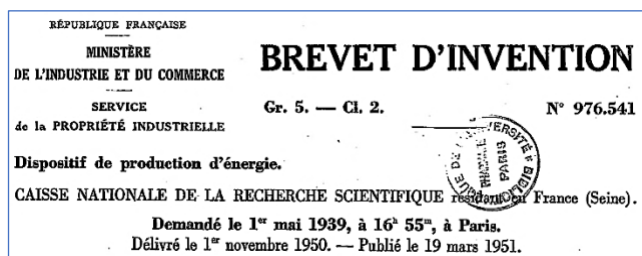
Raymond Sené, septembre 2022

En 1939, trois brevets ont été déposés par Frédéric Joliot Curie, Hans Halban, Lew Kowarski et Francis Perrin (les trois premiers travaillaient dans le labo de Chimie Nucléaire du Collège de France). Deux de ces brevets concernaient les questions de réaction en chaîne et de criticité (pour produire de l'énergie), le troisième concernait la possibilité de faire une bombe :

- Dispositif de production d'énergie (Brevet d'invention n° 976.541) ;
- Procédé de stabilisation d'un dispositif de production d'énergie (Brevet d'invention n° 976.542) ;
- Perfectionnements aux charges explosives (Brevet d'invention n° 971.324).

En 1940, deux autres brevets sont déposés :

- Perfectionnement aux dispositifs producteurs d'énergie (Brevet d'invention n° 971.384)
- Perfectionnements apportés aux dispositifs de production d'énergie (Brevet d'invention n° 971.386)



Après la guerre, en « récompense » :

- Joliot Curie eut des terrains à Orsay (terrains confisqués par l'État à son propriétaire, directeur du Petit Parisien pendant la guerre, pour faits de collaboration avec les allemands) où furent installés la fac d'Orsay et l'Institut de Physique Nucléaire. Il fut nommé Haut-Commissaire du CEA lors de la création de ce dernier ;
- Hans Halban eut droit à une autre portion de ces terrains où fut installé l'Accélérateur linéaire ;
- Lev Kowarski se retrouva au fort de Châtillon où il construisit ZOE, notre première pile à eau lourde ... Il avait participé à l'élaboration de cette filière au Canada (CANDU)... Les américains n'en avaient pas voulu pour travailler sur leur programme nucléaire, son origine polonaise l'avait rendu « suspect » ;
- Francis Perrin alla pantoufler comme professeur au Collège de France (il y fut mon premier patron !)

N'oublions pas que pour alimenter ZOE, il avait fallu extraire l'uranium du minerai pour fabriquer des lingots de combustible. Cette opération s'est déroulée au Bouchet (près de St Vrain, dans l'Essonne - Cf. note), dans des locaux "empruntés" à la Société nationale des poudres et explosifs (lieux restitués en 1979). Puis c'est encore au Bouchet que furent extraits nos premiers milligrammes de plutonium.

Il y a quelques années une tempête écolo est tombée sur ce site. Les autorités locales envisageaient une reconversion d'une partie des terrains... en général plus c'est crade plus on a de chances d'avoir des HLM, un centre aéré, des écoles. Monique avait beaucoup participé à cette bagarre. En effet, les résidus de traitement du minerai d'uranium (monazite de Madagascar, très riche en thorium

et en uranium, Cf. [Histoire du Bouchet](#)) avaient été mis dans des futs enterrés sur place, et parfois directement en tranchées. Le CEA avait présenté à une réunion du CSSIN un joli dossier expliquant que tous les futs avaient été retirés... Une analyse pointue du dossier faisait apparaître une discordance entre le nombre initial de futs enterrés et le total de ce qui avait été ventilé dans divers sites du CEA. On avait obtenu que des fouilles soient exercées et des carcasses dévorées par la rouille étaient apparues lors d'un coup de pelleuse (Monique, sur le terrain, avait demandé et obtenu que la pelleuse sorte du parcours défini par le CEA, et oh miracle, un magma rougeâtre, crachant sévèrement, avait été mis à l'air. Le gus de la radioprotection du CEA-Saclay qui suivait l'opération dans la tranchée s'était carapaté à toute vitesse).

Comme il était quasi impossible de retirer toute cette m ... ils ont décidé de recouvrir, en faisant une jolie butte de terre, de clore avec un tout beau grillage et de planter un poteau avec un écriteau portant la mention "Défense de pénétrer". La Gazette avait évoqué le sujet dans son [n° 161/162](#).

La suite de l'histoire est cocasse. Lors d'une visite de contrôle par des agents de l'IPSN (pas encore IRSN, à l'époque service du CEA), oh horreur, ils attrapèrent un lapin dans l'enclos. Ce couillon de lapin ne devait pas savoir lire !

Ils passèrent le fautif à la moulinette et mesurèrent son contenu radioactif ... il était gavé de radium.

Une responsable de l'IPSN nous avait dit « mais sont-ils couillons. Il fallait le désosser et mesurer la viande et pas les os. C'est dans le os que se rassemble le plus le radium ... et quand on mange du lapin, on ne mange pas les os !!! ».

C'est en raison de ces premiers brevets que pendant de nombreuses années les Etats-Unis ont versé à la France des redevances. Mais il a fallu une longue bataille juridique avec les USA pour obtenir une reconnaissance de leur part. Nous trouvons trace d'une « première redevance de trente-cinq mille dollars (...) versée au C.E.A. en 1961 » (source, [dissident-media](#)). Puis, « En 1968, l'antériorité française des découvertes fondamentales dans les technologies nucléaires est reconnue officiellement lors d'une cérémonie à Washington, et assortie d'un "dédommagement" de 35 000 \$ » (source, [EGE](#)). A priori, cette redevance de 35 000 \$ (environ 300 000 €₂₀₂₂) a été annualisée sans que nous puissions le certifier.

Une partie de ce pactole fut utilisée pour embaucher des ingénieurs au CNRS, dans ce qui était appelé le corps des grands accélérateurs. (L'astuce était de pouvoir attirer de très bons ingénieurs pour mettre au point et faire tourner les premiers accélérateurs de particules en France. Sous ce statut bancal, on pouvait les payer à des salaires attractifs, ce qui n'était pas le cas avec la grille des salaires du CNRS).

Note

LE BOUCHET - Il n'y a pas eu que du nucléaire. Une partie du site était (et est encore) utilisé par des labos travaillant sur les armes chimiques et/ou biologiques. Un copain, chercheur dans un labo de biologie moléculaire parisien, m'avait raconté qu'il y avait été affecté pour y faire son service militaire, en tant que scientifique.

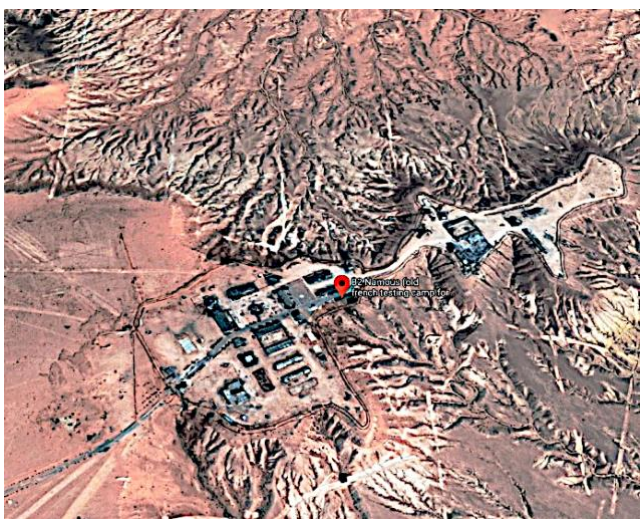
J'ai lu, il y a peu de temps, que sur ce site avaient été regroupées toutes les cochonneries qui se trouvaient dispersées sur diverses bases militaires françaises.

Question à ne pas poser : qu'a-t-on fait de ce qui traîne encore à B2 Namous (base française au Sahara où nos militaires ont fait joujou avec ces produits depuis les années 30, jusqu'en 1987 (donc avec l'accord des autorités algériennes, l'indépendance de l'Algérie date de 1962) ?

Pour info pour les curieux, voici quelques extraits de ce qu'on peut trouver sur Wikipédia.

B2-Namous

« Au XXe siècle, le ministère de la Défense installe une base secrète d'essais d'armes chimiques et bactériologiques dans l'oued Namous (« namous » signifie moustique en berbère et en arabe) nommée B2-Namous et située dans un no man's land au sud de Beni Ounif et de la frontière marocaine.



Vue de l'ancien site d'essais chimiques français B2-Namous dans le désert algérien.

Google Earth

Source, [Le Monde](#)

Plusieurs campagnes d'essais de dispersion de toxiques sont menées par l'armée française en Algérie, à partir de 1930. Les premiers essais en grand furent réalisés dans la région de Chegga, puis à partir de 1931, sur le polygone de tir du centre de recherche et d'essais chimiques gigantesque de Béni-Ounif, alors composé de trois sites dénommés B1, B2 et B3. Par la suite, le centre B2 connu sous le nom de B2-Namous fut exclusivement dévolu aux essais des armes chimiques et bactériologiques. En 1935, le centre fut rebaptisé Centre d'expérimentation semi permanent de Béni-Ounif, ou CESP. De nombreuses campagnes de tir de munitions chimiques, d'essais de bombes chimiques d'aviation, d'épandages de vésicants par avions, de création de vagues gazeuses toxiques par dispersion en chandelle, d'essais d'armes chimiques nouvelles, ont lieu jusqu'en 1940. Les forces armées britanniques utiliseront également ce centre jusqu'à l'armistice de 1940 et utiliseront ensuite la base canadienne de Suffield de 1941 à 1946.

Le polygone d'essai de B2-Namous couvrant une superficie de 100 x 60 km est alors le second plus vaste centre d'expérimentation d'armes chimiques au monde après celui de l'Union soviétique. Il est remis en activité en 1965 à

l'initiative du président Charles de Gaulle, à la suite de la tenue d'un Conseil de défense et de sécurité nationale et dans le cadre du renouvellement du contrat de bail préalablement établi par les accords d'Évian de 1962. La délégation algérienne accepte la réouverture de B2-Namous à condition que les autorités d'Alger bénéficient d'une couverture civile pour ne pas avoir à traiter avec l'armée française. Concrètement, le site d'essai doit être officiellement géré par une entreprise civile, et c'est la société industrielle Sodéteg (la « Société d'études techniques et d'entreprise générale », du groupe Thomson) qui obtient ce contrat. La Sodétec postera sur le site des permanents.

La divulgation de ce secret militaire et diplomatique est le fait du journaliste français Vincent Jauvert du magazine Le Nouvel Observateur qui en a fait la une de son n° 1720 d'octobre 1997 « Exclusif : Quand la France testait des armes chimiques en Algérie ». Le 21 octobre 1997, interpellé à ce propos par Hervé Brusini, journaliste de la chaîne télévisée France 2, le ministre de la Défense d'alors (1960-1969), Pierre Messmer, déclare : « Mais B2-Namous c'est au Sahara, et au Sahara, comme on le sait, il n'y a pas beaucoup d'habitants et les expérimentations de la France à B2-Namous ne gênaient pas du tout l'Algérie, au contraire, je dirais au contraire parce que ça apportait autour de B2-Namous une certaine activité qui a disparu complètement quand nous avons fermé le centre. » (Source, Wikipédia [B2-Namous](#))

Désert du Sahara - Essai Béryl du 1^{er} mai 1962

Article de A. Gey paru dans la revue de la Société française de radioprotection (Radioprotection - Volume 33 - n° 4 - 1998)

« To be or not to be ?

Être ou ne pas être... contaminé ?

La contamination, on ne la sent pas, on ne la voit pas, on n'en ressent même pas les picotements, tout au moins au début ; l'est-on ? Ne l'est-on pas ? Telle est la question qu'on peut parfois se poser.

Cela se passait au Sahara, il y a de nombreuses années. On n'y pratiquait alors, après le tir aérien de Reggane, des tirs nucléaires souterrains. Ils avaient lieu au fond d'une galerie au tracé en forme de limaçon, forée à la base d'une montagne en pain de sucre, le sucre étant du granit compact quasi pur. Deux montagnes avaient été sélectionnées pour cet usage : le Tan-Ataram et le Tan-Affela. Seul le second servit du début à la fin des essais.

Pourquoi un limaçon ? La chambre de tir étant placée au centre, le granit disloqué par le choc pyrotechnique, puis nucléaire, bouchait instantanément en fondant les spires voisines. Il confinait ainsi l'énorme radioactivité libérée par le tir. L'expérience le confirma sauf une seule fois.

Car le mieux est l'ennemi du bien. Un éminent physicien de Saclay (July), sautant sur l'occasion, s'était avisé qu'une explosion nucléaire était libératrice instantanée d'un nombre colossal de neutrons de fission. Il calcula sans peine qu'à

lui seul, et en une fraction de seconde, un tir remplacerait avantageusement des années d'emploi au coup par coup du long accélérateur linéaire dont il disposait à Saclay, et pourrait effectuer des expériences à caractère fondamental sur l'uranium 235 pur à 99 %. Il demanda donc et obtint qu'on creusât parallèlement à une branche rectiligne de la galerie une sorte de tunnel axés vers la chambre de tir. De la sorte il disposerait d'une longueur suffisante pour mesurer le « temps de vol » de ses neutrons. Et pour minimiser les réflexions de parasites, il fallait en outre que le diamètre du tunnel fut de quatre à cinq fois supérieur à celui de l'étroite galerie voisine. Les pyrotechniciens et les géologues, consultés, donnèrent leur aval à cette géométrie plutôt inquiétante. Le tir pourrait donc avoir lieu dans ces conditions.

C'était sans compter avec les météorologues. « Quoi, direz-vous, des météo pour un tir souterrain ? C'est ubuesque ! ». Il faut croire que non car, méfiants, ils avaient osé mettre en doute les conclusions jugées optimistes des « artificiers » et des « terrassiers ». Autrement dit, si la radioactivité « débouchait » du tunnel, il fallait que les poussières qui la véhiculeraient ne se dirigeassent que vers des lieux totalement désertiques. Ils avaient donc délimité, pour le lit du vent, un secteur hors duquel il devait y avoir interdiction de tir.

Or, il se trouvait qu'à proximité d'une de ses deux limites angulaires, il y avait le P.C. de tir. Il se trouvait aussi que, ce jour-là, le vent batifolait avec cette limite. Il se trouvait enfin que ce jour-là, deux ministres, celui des armées (Messmer) et celui du CEA (Palewski) de retour de leur tournée au Moyen-Orient, à Istanbul ou en Grèce, avait fait le détour, en distrayant pour cela quelques heures de leur précieux temps pour assister au tir. Malgré les fantaisies d'Éole à la limite du secteur interdit, sur l'insistance marquée de ses éminents piliers de l'État qui ne pouvaient différer leur retour, le directeur de tir se résigna et donna le feu vert.

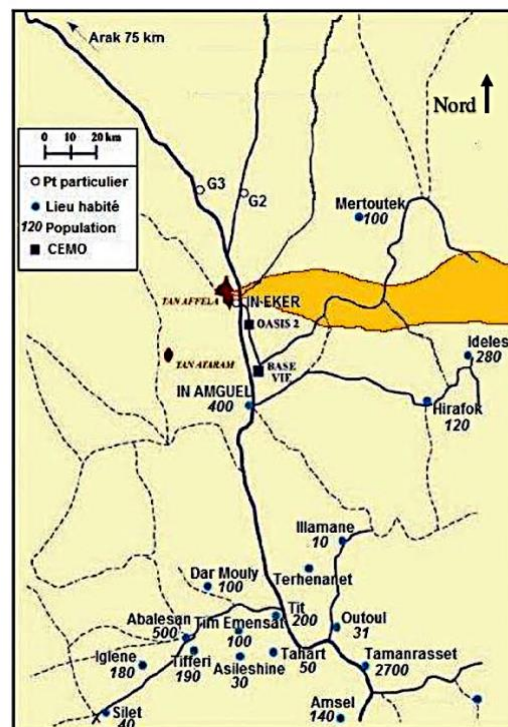
Ce fut du feu qui sorti de la gueule du dragon assoupi. La terre trembla comme pour un séisme ; le Tan-Affela frémit et de gris devint blanc ; l'haleine brûlante du dragon déboucha de la galerie vers la plaine et incendia en passant le mazout du groupe électrogène qui alimentait le tir.

Au P.C., les détecteurs instantanément se mirent à crépiter ce fut l'affolement. Tout le monde se rua vers les voitures



Source, [Obsarm](#)

et, sauve-qui-peut, pris la direction de la base vie, à quelques kilomètres de là [vers le sud]. Mais pour y parvenir, il fallait traverser le nuage radioactif invisible qui, par une de ses fantaisies d'Éole que la théorie du chaos n'expliquait alors pas, était sorti du secteur autorisé.



Reconstitution de la carte du document du Ministère de la défense
(« Dossier de Présentation des essais nucléaires et leur suivi au Sahara », 2007)

Les ministres partirent en tête dans leur berline aux vitres relevées ; les plus gradés ensuite ; la piétaille enfin. Tout le monde fut contrôlé au shelter [container] du S.P.R. [Service de protection contre les rayonnements ionisants], et on put constater que la contamination avait bien respecté la hiérarchie : plus on était haut placé, plus on était contaminé ! Ce n'était que justice, car le « capital dose-vie » résiduel, respectait aussi cet ordre. Mais l'explication n'était pas de nature métaphysique ; tout simplement, plus le véhicule était clos, plus tôt il traversait le nuage, plus les passagers servaient de filtre à la contamination. Or les ministres étaient passés en tête : leur véhicule fermé, dont la ventilation interne n'avait pas été fermée, happait par la calandre avant tout ce qu'il traversait et ne le restituait pas. Ainsi l'avaient fait à travers le nuage de Reggane [lieu des essais atmosphériques] avec des aspirateurs filtrants sur leurs ailes, les Mystères de la patrouille aérienne de Saouis.

Ce n'est pas tout. En arrivant à la base vie du CEA, les ministres se séparèrent. Les armées récupèrent le leur et le CEA le sien. On le dévêtit ; on rase les rares phanères qui le classait parmi les « chauve-qui-peut » ; on réquisitionna un shelter dont on chassa le locataire prêt à prendre son congé métropolitain ; on lui remit dans un sac étanche ses vêtements contaminés, qu'il s'empressa d'enfourner dans sa valise.

Il prit ensuite l'avion pour Villacoublay, escorté de nombreux autres passagers décontaminés. À l'escale d'Alger, un contrôle radioactif sommaire confirma qu'il n'y avait aucune raison de s'alarmer. Mais un passager nouveau, qui n'avait

jamais séjourné à In-Amguel (base-vie), monta à bord. Il était facilement reconnaissable à son uniforme bleu foncé d'officier de l'armée de l'air, alors que tous les autres étaient vêtus de kaki clair prêté par l'armée pour remplacer les vêtements dont on les avait dépouillés.

Au terminus de Villacoublay, le S.P.R. parisien de la DAM avait disposé des détecteurs de contrôle vestimentaire dans la salle d'arrivée des passagers. Le défilé commença sans anicroche ; les détecteurs crépitaient bien un peu, mais calmement. Soudain, au passage de l'aviateur en bleu, il se mirent à mitrailler ! L'aviateur, qui se croyait tranquille, blêmit : « comment ? Lui, qui ne revenait pas d'In-Amguel, aurait-il été contaminé quand tous les autres ne l'étaient plus ? La contamination, c'est donc comme la peste ! Serait-elle contagieuse ? » La surprise passée, les agents du S.P.R. découvrirent le pot aux roses. Derrière un rideau voisin, on glissait au fur et à mesure du défilé les bagages des passagers. Au passage de l'aviateur, c'était la valise du ministre qui passait avec son paquet de vêtements contaminés à l'intérieur. On sépara la valise du reste du lot. L'aviateur respira. La valise vint à échouer à B III [site du CEA-DAM de Bruyères le Châtel où étaient assemblées les bombes], ou un ingénieur du S.P.R. la garda sous son aile, c'est-à-dire tout près de son bureau.

Car cette valise ministérielle était éminemment précieuse. Elle contenait un trésor de pierres également précieuses, récoltées au cours de ses périples en territoire babyloniens byzantins. Aussi veilla-t-on jalousement sur cette valise. Le ministre, qui avait affolé Fontenay-aux-Roses en venant à l'improviste un dimanche se placer dans un « cercueil », téléphonait quasi quotidiennement à B III pour savoir quand on lui rendrait son précieux trésor. Un peu irrévérencieusement, les ingénieurs concernés faisaient durer, « dans l'intérêt de la santé du ministre », la régression de la radioactivité de la valise. Néanmoins, comme tout a une fin, on rendit à son propriétaire la valise à laquelle il faisait les yeux si doux.

Être ou ne pas être contaminé ? C'est la question qu'a dû se poser l'aviateur, mais sans doute pas le ministre ? »

Commentaire GSIEN par Raymond Sené - Pour les effets de la radioactivité sur les organismes humains, j'ai une hypothèse concernant un puissant antidote basée sur la constatation suivante : Palewski et Messmer en ont pris plein les moustaches. Le premier, Palewski, est décédé en 1984, disant dans ses mémoires qu'il avait chopé une leucémie à cette occasion. Messmer a duré jusqu'à ces dernières années. J'en déduis que la stupidité est un puissant antidote.

Un autre fait confirme cette hypothèse : arrivé à In-Amguel le 7 mai, soit 6 jours après le tir de Béryl, j'y suis resté 8 mois à y faire des prélèvements, des analyses et autres gaudrioles sans aucune protection ni analyses médicales ... et je suis encore vivant.

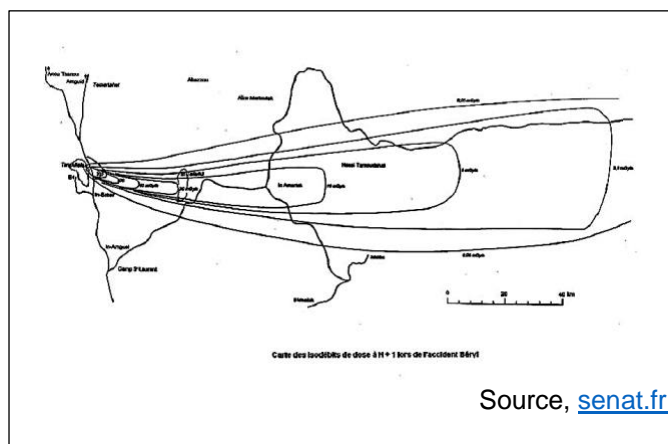
Quand l'Armée perd le nord !

Il semble bien que perdre le nord soit une tradition de l'État-major français. On se souviendra qu'en juin 1940, ils chantaient « nous irons pendre notre linge sur la ligne Siegfried » ... et qu'ils se sont retrouvés à Bordeaux ...

Le 1^{er} mai 1962, peu après le tir Béryl non confiné, les appareils de mesure que surveillait (couvait) Louis Bulidon s'affolent lors du passage du nuage radioactif. Or la base vie d'In Amguel est plein Sud du Tan Afela.

De son côté, le photographe Jacques Humphrey raconte : « ... le capitaine en charge de son groupe avait manifesté de l'inquiétude devant les rafales de vent et s'attendait à un ordre pour repousser la date du tir. C'est donc dans un état d'esprit marqué par la conscience d'une prise de risque inconsidérée que, dès l'apparition du nuage noir déclenchant la sirène d'alarme, il ordonna un repli dans la direction opposée à celle du vent. »

Si on regarde la carte, cette direction est plein Nord. D'où la surprise de trouver dans le rapport de l'[OPECST](#) (N° 207 (2001-2002)) une carte des « iso-débits de dose à H+1 » donnant des indications plein Est, (voir à ce sujet le « Dossier de présentation des essais nucléaires et leur suivi au Sahara » - [DICOD](#), Janvier 2007).



Le décret d'application de la loi Morin, version janvier 2010, confirme cette indication.

Que s'est-il passé ?

Après un souffle non politiquement correct, poussant dans la direction de la base un nuage chargé de produits radioactifs échappés de la montagne, chassant devant lui l'État-major et les ministres paniqués et affolant les appareils de mesure de nos amis Louis Bulidon et Philippe Gilbert, le vent a repris ses esprits.

Il a accepté de souffler dans la direction officielle, le plein Est, en visant bien pour affecter une zone qui, *par le plus grand des hasards et grâce à une heureuse coïncidence*, s'était vidée de leurs habitants au moment de l'accident.

Dans le « Bilan radiologique » de « l'expérimentation Béryl » du dossier du DICOD, on trouve une « Estimations des doses reçues par les personnes présentes sous les retombées :

- Localement, une exposition induisant une dose supérieure à 50 mSv a touché une centaine de personnes. Le nuage est passé au-dessus du poste de commandement où étaient présents des personnalités et le personnel ; une quinzaine de personnes ont reçu une dose de quelques centaines de mSv.
- Neuf militaires du 621^{ème} Groupe d'armes spéciales ont séjourné en zone contaminée. De retour en zone vie, ces hommes ont été pris en charge par le Service de santé du Groupe opérationnel des essais nucléaires (Goen). Après

décontamination externe, les patients ont été rapidement transférés à l'hôpital Percy à Clamart et ont fait l'objet d'un suivi médical. Les doses reçues ont été estimées à environ 600 mSv » (60 rem).

Des estimations réalisées par l'armée, en toute transparence ?



Source, moruroa.assemblee

Infos GSIEN : ce ne sont pas les ministres qui retournent à la base vie en 2CV...

Le rapport de l'OPEST cité plus haut fait état d'une « coulée de lave à l'extérieur (environ 700 m³) », soit environ 1820 tonnes de granit (masse volumique 2,6 t/m³).

Dans un reportage de France 24 (mai 2022), « Algérie : l'héritage empoisonné des essais nucléaires français, 60 ans après l'accident du tir Béryll », la chaîne du service public diffuse le reportage réalisé à l'époque et archivé par l'INA. Voici le commentaire accompagnant les images du Tan Affela à l'heure H, le 1^{er} mai 1962 : « **L'ébranlement du sol soulève des poussières accumulées par l'érosion sans cassure de la montagne. Elles ne sont pas radioactives, les émanations sont en permanence contrôlées pour déceler tout danger accidentel** »...

Dans ce reportage, vous trouverez le témoignage de Louis Bulidon présent ce jour-là dans le laboratoire de mesures de la base vie d'In Amguel et l'interview de Roland Desbordes qui a rapporté un échantillon de la lave régurgitée par le Tan Affela, un échantillon analysé dans le laboratoire de la Criirad [France 24, mai 2022].

Lors du passage du nuage radioactifs, l'enregistreur de Louis Bulidon accouplé à un ensemble de détecteurs beta-alpha, avait plotté les valeurs mesurées au fur et à mesure. L'officier du Centre d'études et de recherches atomiques (CERAM) qui contrôlait son groupe était passé voir si « tout allait bien » et avait embarqué la feuille d'enregistrement ... qui n'est jamais réapparu dans le laboratoire de mesures, pas plus que dans les rapports ou les dossiers officiels sur l'accident Béryll. Comme quoi, rien ne vaut une communication officielle pour faire disparaître un problème, en attendant que l'érosion naturelle fasse disparaître ceux qui causent ce problème.

« Selon le témoignage de Pierre Messmer, quelques secondes après le tremblement du sol provoqué par l'explosion, les spectateurs ont vu "une espèce de gigantesque flamme de lampe à souder qui partait exactement à l'horizontale dans notre direction [...] Cette gigantesque flamme s'est éteinte assez rapidement et a été suivie par la sortie d'un nuage, au début de couleur ocre, puis qui est rapidement devenu noir".

L'enregistrement des appareils de mesures de radioactivité a été immédiatement mis sous secret-défense (témoignage France-Inter le 25 octobre 2013 13h50 Louis Bulidon à l'époque au service technique - mesures de radioactivité) » [Jean-Yves Thorignac].

Louis Bulidon a écrit un livre sur le sujet avec la contribution de Raymond Sené : **Les irradiés de Béryll** (Ed. Thaddée, 2011).



Coulée de lave en sortie du tunnel creusé dans le Tan-Affela pour le tir Béryll

Analyse spectro gamma (novembre 2009)

- Césium 137 : 760 MBq/t (± 80 MBq/t)
- Américium 241 : 15,1 MBq/t (± 1,6 MBq/t)

Source, Criirad 2010

Entre les dates du tir Béryll et de la spectro de la Criirad, il s'est écoulé 47 ans et demi : les activités initiales étaient de 2 200 MBq/t (¹³⁷Cs) et de 16,3 MBq/t (²⁴¹Am).

Essais nucléaires

La France a testé ses armes atomiques en Algérie mais aussi en Polynésie française. Le pays reste toujours dans le déni de leurs conséquences sur la santé des personnels et des populations irradiés et contaminés par ses essais atomiques et par la gestion par dispersion des déchets nucléaires associés.

Déchets nucléaires militaires

La face cachée de la bombe atomique française

Jean-Marie Collin & Patrice Bouveret, décembre 2021

ICAN France et l'Observatoire des armements ont publié un rapport ayant « pour objectif d'apporter un éclairage sur les déchets nucléaires militaires pour insuffler un débat auprès de l'ensemble des acteurs politiques, universitaires, associatifs, citoyens et centres de recherche ».

Selon leurs auteurs, « *La gestion des déchets nucléaires est devenue un point de crispation majeur. L'Andra évalue ceux issus de la fabrication et de la mise en œuvre de l'arsenal nucléaire français à 9 % du stock global, soit 148 630 m³. Mais ces chiffres sont loin de refléter la réalité des dizaines de milliers de mètres cubes de déchets, à vie plus ou moins longue et à plus ou moins haute activité, générés depuis le lancement du programme nucléaire militaire au début des années 1950... (...) Des stocks ne sont pas comptabilisés comme déchet nucléaire. L'invisibilité des déchets nucléaires militaires pose un grave problème démocratique* ».

Ce rapport fait le point sur « **Les déchets nucléaires français au Sahara** » :

« L'histoire des expérimentations nucléaires françaises au Sahara ne s'est pas terminée avec le départ des militaires et des scientifiques français en 1967. Depuis, les populations s'interrogent sur certaines maladies issues des expérimentations nucléaires et des déchets radioactifs laissés sur place. Cette donnée est totalement ignorée par l'Andra qui pourtant, liste bien de manière spécifique les déchets qui ont été enterrés dans des puits de Moruroa comme ceux qui ont été océanisés au large de cet atoll et de Hao. En Algérie, la France a réalisé 17 essais nucléaires entre le 13 février 1960 et le 16 février 1966, dont 4 furent aériens (les « Gerboise ») sur la zone de Reggane, les 13 autres furent souterrains, à In Ekker, au cœur de la montagne du Taourirt Tan Afella. Dès le début des expérimentations nucléaires, la France a pratiqué une politique d'enfouissement volontaire, dans les sables, de tous les déchets contaminés par la radioactivité.

Par « déchet », il faut entendre aussi bien des chars, des avions et autres structures de navires de guerre utilisés pour observer leur comportement devant les effets de souffle et de chaleur lors des explosions, que du petit matériel (outillages, vêtements, ...) et des kilomètres de câbles (probablement désormais récupérés malgré le danger radioactif, faute de sensibilisation des populations aux dangers). Dans cette catégorie, nous devons aussi ajouter « des cuves en acier bétonnées » contenant des « pastilles de plutonium » utilisées dans le cadre des 35 expériences dites Augias et Pollen, tout comme le cœur de la montagne du Taourirt Tan Afella, contaminé à tout jamais par les explosions souterraines. Enfin, il faut inclure une seconde catégorie, laissée en grande partie à l'air libre, dont une petite partie a été enterrée ou recouverte de bitume. Ce sont les matières radioactives issues des explosions nucléaires. Nous parlons ici de sables vitrifiés, de galettes, de roches et de laves radioactives qui ont été générés par les différents essais nucléaires atmosphériques » [[ican. 12/2021](#)].

Un groupe de travail algéro-français a été créé dès 2008 pour faire toute la lumière sur les essais atomiques et chimiques réalisés en Algérie mais force est de constater que, une quinzaine d'années plus tard, l'opacité est toujours de règle.

Essais nucléaires et autres essais français en Algérie : Ce dossier « complexe » serait-il enfin débloqué ?

Par Nadia Bouzegrane, El Watan le 27 mai 2021

En recevant le chef d'état-major des armées françaises, François Lecointre, à Alger le 8 avril dernier – censé préparer, sur le terrain de la coopération militaire, la cinquième session du Comité intergouvernemental de haut niveau (CIHN) du 11 avril, qui a été reportée –, le général de corps d'armée, Saïd Chengriha, chef d'état-major de l'ANP, avait annoncé cette réunion pour courant mai. L'information a été confirmée mardi soir par le Quai d'Orsay.

« Je tiens à évoquer la problématique des négociations, au sein du groupe algéro-français, au sujet des anciens sites d'essais nucléaires et des autres essais au Sahara algérien, où nous attendons votre soutien, lors de la 17e session du groupe mixte algéro-français, prévue en mai 2021, pour la prise en charge définitive des opérations de réhabilitation des sites de Reggane et In Ekker, ainsi que votre assistance pour nous fournir les cartes topographiques permettant la localisation des zones d'enfouissement, non découvertes à ce jour, des déchets contaminés, radioactifs ou chimiques », a indiqué à cette occasion le général de corps d'armée, Saïd Chengriha

Le Monde n'avait pas manqué alors de souligner que « la nouveauté de la rencontre, à Alger, des chefs des armées algérienne et française tient toutefois dans la montée en puissance dans l'agenda bilatéral de la thématique d'une "réhabilitation" des anciens sites nucléaires ».

Nous croyons savoir que la réunion bilatérale de la semaine dernière s'est déroulée dans un climat « de confiance, de compréhension et de sérénité » et que des « progrès significatifs » pourraient être réalisés.

Quant à la porte-parole du Quai d'Orsay, elle a souligné, mardi en fin de journée, que « la question des essais nucléaires français en Algérie est un sujet complexe. Nos deux pays travaillent ensemble à le traiter, avec le plus grand sérieux ».

La première décision de ce travail conjoint date de 2007 avec la formation d'un groupe de travail algéro-français sur les essais nucléaires, qui a été créé en 2008 par les autorités des deux pays. Composé d'experts, il avait pour mission d'étudier conjointement la question de la réhabilitation des anciens sites d'essais nucléaires et autres essais au Sahara, avec pour préoccupation première la protection des personnes et de l'environnement.

En 2014, un nouveau groupe de travail a été désigné en application de la « Déclaration d'Alger sur l'amitié et la coopération entre la France et l'Algérie », signée le 19 décembre 2012, lequel groupe de travail ne s'est réuni qu'une fois en Algérie en 2016.

Au cœur de ce dossier, figurent la sécurité sanitaire des populations impactées sur plusieurs générations par les essais nucléaires et chimiques, contre leur gré, et la contamination en profondeur de l'environnement. Les autorités françaises devraient fournir à la partie algérienne les cartes et les éléments techniques relatifs aux sites et aux essais nucléaires et lui prêter assistance en vue de décontaminer les régions infectées. Et aussi procéder à l'indemnisation des personnes impactées par ces essais.

Pour ce faire, le groupe de travail devrait proposer la mise en œuvre d'actions concrètes. Il existe différentes études sur lesquelles il pourrait s'appuyer, à l'instar de celles d'ICAN France (relais de la Campagne internationale pour l'abolition des armes nucléaires) et de l'Observatoire des armements qui recommandent quatre «priorités» : «Faciliter, pour les populations algériennes, le dépôt de dossier de demandes d'indemnisation et notamment l'accès aux archives médicales détenues par le Service des archives médicales hospitalières des armées» ; «remettre aux autorités algériennes la liste complète des emplacements où ont été enfouis les déchets, avec leur localisation précise (latitude et longitude), un descriptif des matériels enterrés» ; « publier les données relatives aux zones contaminées par des scories et laves radioactives et étudier avec les autorités algériennes les modalités d'un nettoyage de ces zones » ; « remettre aux autorités algériennes les plans des installations souterraines du CEA, sous la base militaire de Reggane plateau, ainsi que ceux des différentes galeries creusées dans la montagne du Tan Afella ».

Dans leur étude « Sous le sable la radioactivité », rendue publique le 27 août 2020, ICAN France et l'Observatoire des armements notent que « la France n'a jamais dévoilé où étaient enterrés ces déchets, ni leur quantité. A ces matériaux contaminés, laissés volontairement sur place aux générations futures, s'ajoutent deux autres catégories : des déchets non radioactifs... et des matières radioactives (sables vitrifiés, roche et lave contaminées) issues des explosions nucléaires ». Ces experts relèvent que sur les 13 tirs effectués entre 1961 et 1966, 12 ont fait l'objet de fuites radioactives. Au total 17 explosions nucléaires entre 1960 et 1966, atmosphériques et souterraines, ont été réalisées à Reggane et In Ekker, pour tester la bombe atomique française.

Multiplés démarches de parlementaires français depuis plus de deux décennies

Plusieurs démarches ont été menées depuis plus de deux décennies par des parlementaires français pour faire publier les « données précises » sur ces essais.

La dernière consiste en une tribune parue le 10 avril dans Le Journal du Dimanche dans laquelle neuf députés de l'Assemblée nationale française ont appelé le président Emmanuel Macron à lever le « tabou des essais nucléaires menés au Sahara, dans les années 1960 » par la publication des « données et cartes des zones » des déchets nucléaires enterrés en Algérie.

Le document sur lequel se sont appuyés les parlementaires français rappelle que les essais nucléaires menés dans le Sahara algérien ont « laissé une empreinte radioactive indélébile ». « Courant février, le ciel d'une large partie de la France a arboré une teinte orangée créant une atmosphère particulière. Le sable du Sahara, porté par les vents, est à l'origine de ce phénomène. Selon les analyses de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire, ce sable avait des teneurs en Césium-137 (élément radioactif) supérieures à la moyenne, mais sans danger pour l'être humain », ajoute le document.

« En 2021, les connaissances sur ces essais, sur les accidents (Béryll, Améthyste, Rubis, Jade) et leurs conséquences sont nombreuses. Mais il manque toujours des informations-clés, concernant les déchets (nucléaires ou non) pour la plupart enfouis, volontairement, dans les sables, pour assurer la sécurité sanitaire des populations résidant dans ces zones, protéger les générations futures et prendre les mesures nécessaires et appropriées, en vue de la remise en état de l'environnement », affirment les signataires.

Pour libérer les données sur les essais nucléaires dans le Sahara algérien, les signataires demandent la modification de la législation qui interdit la publication de ces informations.

Par ailleurs, sur le volet humain, la loi de reconnaissance et d'indemnisation des victimes des essais nucléaires français, dite « loi Morin », a été votée en 2010 après plus de dix ans d'actions menées par les associations et leurs soutiens auprès des parlementaires, des autorités politiques et militaires et des médias. Il a fallu ensuite encore pratiquement une dizaine d'années pour que la loi puisse commencer à bénéficier à des victimes. De janvier 2010 à décembre 2019, seulement 363 personnes ont reçu une indemnisation. Parmi elles, un seul Algérien.

[\[El Watan, 27/05/21\]](#)

Pour compléter sur la présence de déchets nucléaires militaires au Sahara, voici un éclairage apporté par « La face cachée de la bombe atomique française », citée plus haut, évoquant « l'existence au XXI^e siècle de risques sanitaires, à cause de ces déchets, pour les populations qui vivent dans ces zones.

Ce sujet, grâce à l'action de la société civile, n'est plus ignoré par le président Macron. En effet, le 20 janvier 2021, l'historien Benjamin Stora lui a remis un rapport (1) qui reprend notamment la recommandation sur « la poursuite du travail conjoint concernant les lieux des essais nucléaires en Algérie ». Quelques mois plus tard (31 mai 2021), l'Algérie a annoncé la création d'une Agence nationale de réhabilitation des anciens sites d'essais et d'explosions nucléaires français dans le Sud algérien (2). Enfin, le 25 juin 2021, il fut annoncé, pour la première fois, que le groupe de travail franco-algérien sur les essais nucléaires, créé en 2008 par les autorités des deux pays, s'est réuni pour « étudier conjointement la question de la réhabilitation des anciens sites d'essais nucléaires au Sahara, avec pour préoccupation première la protection des personnes et de l'environnement (3).

Réf. (1) STORA Benjamin, Les questions mémorielles portant sur la colonisation et la guerre d'Algérie, janvier 2021, publié sous le titre : France-Algérie les passions douloureuses aux éditions Albin Michel, 2021.

(2) El Watan, « Jean-Marie Collin et Patrice Bouveret : Désormais, il est à espérer que les travaux de nettoyage des sites débutent sans tarder », 28 juin 2021.

(3) Point de presse du 25 mai 2021, Ministère des Affaires étrangères et du Développement international ».

[\[ican, 12/2021\]](#).

Neuf pays possèdent l'arme nucléaire : Etats-Unis, Russie, Royaume-Uni, France, Chine, Israël, Inde, Pakistan et Corée du Nord. Tous ont testé leurs engins. Une carte animée retrace l'historique des 2053 explosions nucléaires sur la période "1945-1998". **Nous vous invitons à découvrir (ou revoir) cette remarquable animation de Isao Hashimoto.**

Un dixième pays a fait partie de ce club atomique restreint mais il a par la suite renoncé et détruit les bombes qu'il avait construites : c'est l'Afrique du Sud.

Comment l'Afrique du Sud a pu mettre au point « sa » bombe nucléaire

Le Monde Diplomatique, septembre 1978

En août 1977, l'agence soviétique Tas publiait une dépêche selon laquelle l'Afrique du Sud s'apprêtait à procéder à un essai nucléaire sur son site expérimental au cœur du désert de Kalahari. Cette nouvelle - rapidement confirmée par les services spéciaux en Occident - suscita aussitôt un vaste branle-bas diplomatique à Washington, Bonn, Paris et Londres. Dans les capitales occidentales, les déclarations se succédèrent pour mettre en garde le régime raciste du premier ministre Vorster quant aux conséquences néfastes qui pourraient découler d'une telle initiative sur le plan de la politique internationale. Des pressions plus ou moins fortes furent exercées afin d'y faire obstacle. Temporairement, au moins, les autorités sud-africaines furent ainsi obligées de faire marche arrière en ajournant leurs préparatifs.

Après plus de vingt ans de coopération, entre la République Sud-Africaine (R.S.A.) et les grandes puissances occidentales dans le domaine nucléaire, que le régime de l'apartheid puisse devenir le premier pays d'Afrique à posséder un engin atomique ne devrait plus étonner personne. Pour Zdenek Cervenka et Barbara Rogers, auteurs de l'étude la plus complète sur le programme nucléaire sud-africain depuis ses origines (1), les responsabilités de l'Occident dans cette évolution - qui menace d'ailleurs tout le continent africain - ne sont plus à démontrer. En effet, ils prétendent que « les Etats-Unis, Israël, l'Allemagne de l'Ouest, la France et la Grande-Bretagne ont tous aidé l'Afrique du Sud par la fourniture d'équipements divers, de matière fissile, de technologie de pointe et d'aides financières qui lui ont permis de fabriquer une bombe atomique ».

En se fondant sur des documents secrets dérobés à l'ambassade sud-africaine à Bonn (2), les deux auteurs s'attachent à mettre en lumière le rôle particulier de chaque pays dans ce véritable axe nucléaire « dont l'épicentre serait l'Allemagne de l'Ouest. Troisième producteur mondial d'uranium et détenteur de réserves » considérables de ce minerai stratégique (3), l'Afrique du Sud se trouvait en position de force à l'égard des pays occidentaux. Et, de ce fait, les autorités de Pretoria ont su largement utiliser cet atout pour acquérir la technologie qui devait leur permettre de brûler les étapes sur le chemin conduisant à l'arme atomique.

Au début des années 50, en pleine guerre froide lorsque les Américains commencèrent de fabriquer un immense arsenal nucléaire, ils eurent besoin de s'approvisionner en uranium sud-africain. En contrepartie, Pretoria devint l'un

des premiers bénéficiaires du programme de coopération nucléaire **Atoms for Peace**, qui lui permit, entre autres, de se doter d'un premier réacteur et recherche, Safari-I, entré en service dès 1985. Un deuxième modèle, Safari-II, lui fut livré trois ans plus tard, de plus, Washington a fourni environ 120 kilos d'uranium très enrichi et a ouvert son centre de recherche d'Oak-Ridge aux scientifiques sud-africains. Mais les Américains n'étaient pas les seuls à offrir de telles facilités aux physiciens de la R.S.A., qui ont également pu suivre des stages en Allemagne de l'Ouest, en Angleterre et en France.



Espoirs allemands

Une fois la technologie de base sur place et l'équipe scientifique en cours de perfectionnement, l'étape suivante, dans la mise au point d'une bombe atomique, consiste en l'acquisition des connaissances liées à l'enrichissement de l'uranium. C'est là que l'Allemagne de l'Ouest a joué un rôle de tout premier plan. En dépit des affirmations fréquentes du Dr Roux, chef de l'Atomic Energy Board sud-africain, selon lesquelles le procédé sud-africain d'enrichissement de l'uranium est à la fois « révolutionnaire » et « authentiquement sud-africain », les experts occidentaux ont estimé qu'il présentait des similitudes pour le moins frappantes avec le procédé dit « jet-nozzie », un procédé de séparation isotopique par tuyères, développé par le professeur allemand Erwin Becker.

C'est un secret de polichinelle que des chercheurs sud-africains travaillaient au centre de Karlsruhe où le procédé a été mis au point. De là à voir une possible collaboration entre les deux pays - chacun y trouverait son compte - il n'y a qu'un pas que beaucoup n'ont pas hésité à franchir. Cependant, c'est seulement avec la publication des documents provenant de l'ambassade sud-africaine et l'affaire Roll qui s'est ensuivie qu'on a pu mesurer toute l'étendue de cette « conspiration nucléaire ».

Depuis sa défaite, l'Allemagne n'a le droit ni de construire ni de posséder des armes nucléaires. Mais, dès 1960, des généraux allemands ont écrit au gouvernement pour souligner la nécessité de doter l'armée des moyens nucléaires pour assurer la « défense » du territoire. Un autre élément entrant en ligne de compte était le souci de rendre le pays plus indépendant de la tutelle américaine au sein de l'OTAN ; afin d'y parvenir, il fallait contourner les interdictions qui pesaient sur lui. En particulier, il était essentiel de nouer des liens sur le plan nucléaire avec un pays n'ayant pas signé le traité de non-prolifération, car, de cette manière, l'Allemagne pouvait éventuellement avoir accès à l'uranium, enrichi sans qu'un contrôle extérieur puisse s'exercer. C'est exactement là que réside tout l'intérêt de la collaboration nucléaire avec Pretoria. Un exemple parmi d'autres de ce rapport privilégié cité par Zdenek Cervenka et Barbara Rogers : la coopération entre le groupe gouvernemental STEAG et UCOR (la société sud-africaine d'enrichissement de l'uranium) pour la commercialisation du procédé Becker.

Si la France est devenue au cours des années 60 et 70, selon le mot d'un ministre sud-africain, « la meilleure amie

de la R.S.A. », c'est notamment grâce à la vente massive d'armes ultra-modernes et de technologie, qui a permis à Pretoria de mettre sur pied un puissant complexe militaro-industriel. Qui plus est, Paris n'a nullement boudé les possibilités de coopération nucléaire (4) qui allaient, par la suite, aboutir à la signature d'un « contrat du siècle » portant sur la livraison de deux centrales nucléaires à la R.S.A. Comme le soulignent les deux auteurs, ce contrat a été conclu avec la France, contre toute attente, pour des raisons hautement politiques. On croit savoir que le consortium français, avec Framatome comme chef de file, avait déjà été éliminé par les techniciens de l'Escom (équivalent sud-africain d'E.D.F.) A cause des garanties techniques nettement insuffisantes qu'il offrait. Alors que les représentants de Framatome pliaient déjà bagages, l'Escom a dû céder aux pressions venant des plus hautes sphères du gouvernement sud-africain et choisir des centrales made in France.

Ce choix découlait de la préoccupation des dirigeants sud-africains qui craignaient les effets de l'opposition grandissante à l'apartheid aux Etats-Unis, en Hollande et en Allemagne. Ultérieurement, la mobilisation de larges secteurs de l'opinion publique dans ces pays contre la coopération de leurs gouvernements avec la R.S.A. aurait pu déboucher sur un embargo empêchant la livraison des centrales commandées. En outre, la décision sud-africaine a aussi été, favorablement influencée par les conditions financières assortissant l'offre française et par l'espoir que le gouvernement français serait peut-être moins regardant quant à l'éventuel retraitement des matières fissiles.

Depuis 1970, on a pu voir se former un axe Pretoria-Paris-Téhéran-Tel-Aviv dans le domaine nucléaire. Dans ce rapport quadrangulaire, la France et Israël fournissent la technologie, l'Iran le pétrole (5), et la R.S.A. l'uranium. Le chah serait même tenté d'aider à financer une coûteuse usine d'enrichissement de l'uranium sur le territoire sud-africain en échange de quoi ses centrales nucléaires seraient approvisionnées en oxyde d'uranium et, plus tard, en uranium enrichi sans se soumettre aux clauses de sauvegarde internationales actuellement en vigueur. Ce même, en ce qui concerne Israël, ses besoins en uranium sont complémentaires de ceux de la R.S.A. en technologie nucléaire. L'hebdomadaire américain Newsweek rapportait l'année dernière que les services spéciaux américains soupçonnaient fort que la bombe que tes Sud-Africains étaient sur le point de faire exploser aurait pu être de fabrication Israélienne.

A la fin du mois de juin, les gouvernements américain et sud-africain ont achevé une première série de pourparlers sur la coopération nucléaire entre les deux pays. Dans la phase actuelle des négociations, la R.S.A. se serait engagée à signer enfin le traité de non-prolifération, ce qui l'obligerait en principe à accepter le contrôle de son programme nucléaire par l'Agence Internationale de l'énergie atomique. De son côté, Washington va reprendre ses livraisons d'uranium enrichi. Présenté par le président Carter comme preuve de la sagesse de sa nouvelle politique en Afrique australe (6), cet accord a été en revanche considéré par la presse sud-africaine comme une grande victoire pour le pays. Car il permettrait A la R.S.A. d'épargner des dizaines de millions de dollars sur son programme de recherche nucléaire, et, de surcroît, il porte

un coup d'arrêt A l'isolement Inquiétant de Pretoria sur la scène internationale.

En tout cas, il paraît pour le moins douteux que l'objet de l'accord, soit un droit de regard plus grand ou un contrôle plus étroit sur les capacités nucléaires sud-africaines. Ne faudrait-il pas y voir plutôt un signe du resserrement des liens entre « gardien » de l'Occident et le « pouvoir pâle » au moment où les luttes se radicalisent en Afrique australe ?

[\[Le Diplo. 09/1978\]](#)

Armes nucléaires : comment l'Afrique du sud a volontairement détruit son programme

BBC News Afrique, 28 décembre 2021

Le 24 mars 1993, le président sud-africain de l'époque, Frederik Willem de Klerk, a confirmé ce qui était une forte rumeur depuis des années : son pays avait développé un projet secret qui en faisait un État doté de l'arme nucléaire.

Dans un discours au parlement, il a déclaré que l'Afrique du Sud avait construit six bombes atomiques complètes.

Il a affirmé qu'elles avaient été démantelées, ainsi que l'ensemble de l'armement nucléaire, avant que l'Afrique du Sud ne rejoigne le traité de non-prolifération nucléaire des Nations unies (TNP) en juillet 1991.

De Klerk a également accordé à l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) un accès total au pays pour inspecter directement les sites du programme nucléaire et vérifier ses affirmations.

Avec cet aveu, le président a réussi, en un seul discours, à faire entrer l'Afrique du Sud dans le petit groupe des pays du monde qui ont eu des armes nucléaires et à la placer dans une position unique en tant que seul État au monde qui, après avoir développé ses propres armes nucléaires, y a volontairement renoncé avant d'adhérer au TNP.

L'Ukraine a également accepté dans les années 1990 de détruire ses armes atomiques, mais celles-ci faisaient partie de l'arsenal dont elle avait hérité lorsqu'elle faisait partie de l'URSS.

Mais comment l'Afrique du Sud a-t-elle acquis des armes nucléaires et pourquoi a-t-elle décidé de s'en débarrasser ? (...)

Les raisons, selon de Klerk, résident dans l'évolution de la situation politique internationale à la fin des années 1980.

Dans son discours au parlement, l'ancien président a mentionné le cessez-le-feu en Angola, l'accord tripartite sur l'indépendance de la Namibie et le retrait de 50 000 soldats cubains d'Angola, ainsi que la chute du mur de Berlin, la fin de la guerre froide et le démembrement progressif du bloc soviétique.

"Les perspectives étaient bonnes pour passer d'une relation de confrontation avec la communauté internationale en général, et avec nos voisins africains en particulier, à une relation de coopération et de développement. Dans ces circonstances, la dissuasion nucléaire est devenue non

seulement superflue, mais en fait un obstacle au développement des relations internationales de l'Afrique du Sud", a-t-il déclaré.

Dans une interview accordée en 2017 au magazine The Atlantic, l'ancien dirigeant sud-africain a détaillé les raisons pour lesquelles il s'opposait à la possession de la bombe.

"J'estimais qu'il était inutile d'utiliser une telle bombe dans ce qui était essentiellement une guerre rurale, qu'il était effrayant de penser que nous pouvions détruire une ville dans l'un de nos pays voisins de quelque manière que ce soit. Dès le début, à mon avis, je l'ai vu comme une corde autour de notre cou", a-t-il argué. "Vous avez quelque chose que vous n'avez jamais l'intention d'utiliser, qui est en fait

horrible à utiliser, dont l'utilisation serait moralement indéfendable."

C'est ainsi qu'après l'arrivée au pouvoir de De Klerk en 1989, l'arrêt du programme nucléaire a été mis en route, avec la destruction des bombes, la fermeture des usines nucléaires où était produit l'uranium hautement enrichi et le déclassé de l'uranium, afin qu'il ne puisse pas être utilisé dans des armes.

Parallèlement, le gouvernement a entamé le processus d'adhésion au TNP et mis en route les réformes politiques internes qui allaient conduire à la fin de l'apartheid et à la transition politique, laquelle a abouti à l'élection de Nelson Mandela à la présidence.

[[BBC, 28/12/21](#)]

Les accidents nucléaires militaires Conséquences environnementales, écologiques, sanitaires et socio-économiques

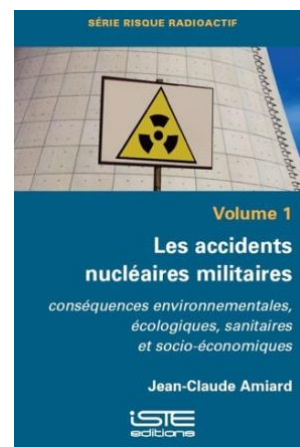
Jean-Claude Amiard, 2019

Le GSIEN vous recommande chaudement cet [ouvrage](#) de Jean-Claude Amiard.

On y trouve quantité d'infos sur, entre-autre, la technologie des bombes (A et H). Extraits :
« Les bombes atomiques « classiques » (A) mettent en jeu la fission d'une charge d'uranium 235 ou de plutonium 239. En général avec le plutonium 239 est associé de l'uranium 238 ».

« Les bombes H sont composées d'un noyau d'uranium 235 ou de plutonium 239 entouré d'une masse de lithium-deutérium ou de tritium, elle-même fréquemment contenue dans une enveloppe d'uranium 238 (bombe 3F). Lors de l'explosion, les réactions de fission-fusion-fission s'y succèdent extrêmement rapidement ».

Si les effets de tels engins sont dévastateurs, leur **rendement de fission** est des plus faibles :
« La majorité des constituants nucléaires du dispositif comme les isotopes du plutonium (239Pu, 240Pu, 241Pu), de l'américium (241Am), les isotopes de l'uranium (235U, 238U, 234U) et tritium (3H) sont libérés dans l'environnement. Par exemple, **dans le cas de la bombe Little Boy qui a explosé à Hiroshima un calcul précis donne une masse fissionnée de 730 g sur une masse totale de 64 kg d'uranium enrichi à 80 %** ». Des isotopes d'uraniums et de transuraniens sont ainsi dispersés massivement dans l'environnement en sus des produits de fission.



Polynésie Française Essai d'une arme nucléaire tactique

Centaure

Date de l'essai : 17 juillet 1974, 8h00 (heure locale)
Type d'essai : sous ballon
Site : Mururoa – Zone Denise
Altitude : 270 m
Énergie : 4 kt



Informations météorologiques

Le 17 juillet, l'essai a été effectué sur la face nord d'une cellule anticyclonique en voie d'affaiblissement centrée sur l'atoll de Morane, avec des vents de basse couche de secteur sud-est de 5 m.s-1, tendant à faiblir durant la journée.

Informations sur l'essai

La tête du nuage stabilisé, à H+10min, de couleur ocre s'est détachée du pied. Le sommet du pied a bourgeonné en formant une petite tête blanche cerclée d'un anneau ocre. La tête du nuage a culminé à 5 200 m, altitude nettement plus basse que celle attendue par la prévision.

Îles et atolls concernés par les retombées immédiates

La seule retombée directe est observée sur l'atoll de Tematangi.

Îles et atolls concernés par les retombées différées

Le nuage radioactif s'est dirigé vers Tahiti qui est touchée, le 19 juillet, par la côte Est. Des précipitations de forte intensité, conjuguées aux effets du relief, conduisirent à des dépôts au sol hétérogènes en termes d'activités surfaciques à Hitiaa sur le plateau de Taravao et au sud de Teahupoo.

Source, La dimension radiologique des essais nucléaires Français en Polynésie
Ministère de la Défense - 2006
(Source, [Xavier Mannino](#))

Enquête sur les essais nucléaires français en Polynésie

Entre 1966 et 1996, la France a procédé à 193 essais nucléaires en Polynésie française. Le dernier sous la présidence de Jacques Chirac. En trente ans, le programme a laissé des traces dans la société polynésienne, dans les corps de ses habitants et de nombreux vétérans, dans l'environnement de ce territoire vaste comme l'Europe.

Fruit d'une collaboration inédite entre un scientifique expert du nucléaire, un journaliste du média d'investigation Disclose et INTERPRT, un collectif d'architectes spécialisés dans l'analyse criminalistique, ce livre met au jour ce qui a longtemps été caché au public : les conséquences sanitaires et environnementales des essais nucléaires français en Polynésie.

Ce projet éditorial est né il y a deux ans de la rencontre entre le collectif de chercheurs et d'architectes Interprt et le média d'investigation Disclose. Notre objectif, simple et pourtant inédit à ce jour : écrire les pages manquantes de l'histoire des essais nucléaires en Polynésie française. Pour conduire cette enquête internationale, nous nous sommes associés au chercheur Sébastien Philippe. Membre du programme Science and Global Security de l'Université américaine de Princeton, sa tâche a été d'analyser scientifiquement, une à une, toutes les données émises à l'époque par l'Armée française. Pour la première fois, cette plateforme interactive expose des informations soustraites au débat public par les autorités françaises depuis un demi-siècle.

Deux mille documents déclassifiés

Pour réaliser ce travail sans précédent, nous nous sommes appuyés sur une masse de documents issus du ministère de la Défense. Classés secret défense jusqu'en 2013, ces quelque 2000 pages de documents déclassifiés après une longue bataille juridique entre l'État français et les organisations de défense des victimes des essais nucléaires. Ces archives n'avaient encore jamais été examinées dans leur totalité. Nous les avons organisés et classés par dates et par thématiques dans une base désormais accessible aux victimes, aux chercheurs et aux citoyens. A l'examen détaillé de ces documents s'ajoutent les entretiens avec plus de cinquante personnes, dont dix-huit habitants des atolls, seize vétérans de l'armée ainsi que des magistrats, des scientifiques et des organisations de la société civile, en Polynésie française et en métropole.

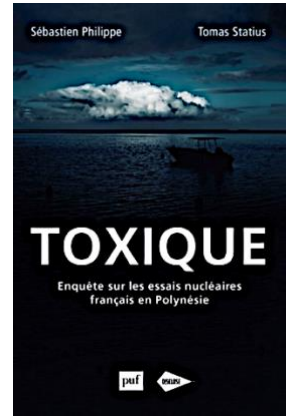
Grâce aux outils de la modélisation 3D et de la visualisation de données, nous avons reconstitué pour la première fois les essais atmosphériques les plus contaminants réalisés par la France entre 1966 et 1974. Nous avons également réévalué l'ampleur de la contamination dont les populations civiles ont été les principales victimes.

La source principale de cette enquête est un ensemble de 233 documents issus du ministère de la Défense. Classés secret défense jusqu'en 2013, ces quelque 2 000 pages ont été déclassifiées après une longue bataille juridique entre l'État français et les organisations de défense des victimes des essais nucléaires. Ces archives n'avaient encore jamais été examinées dans leur totalité. Nous les avons organisés et classés par dates et par thématiques dans une [base](#) désormais accessible aux victimes, aux chercheurs et aux citoyens.

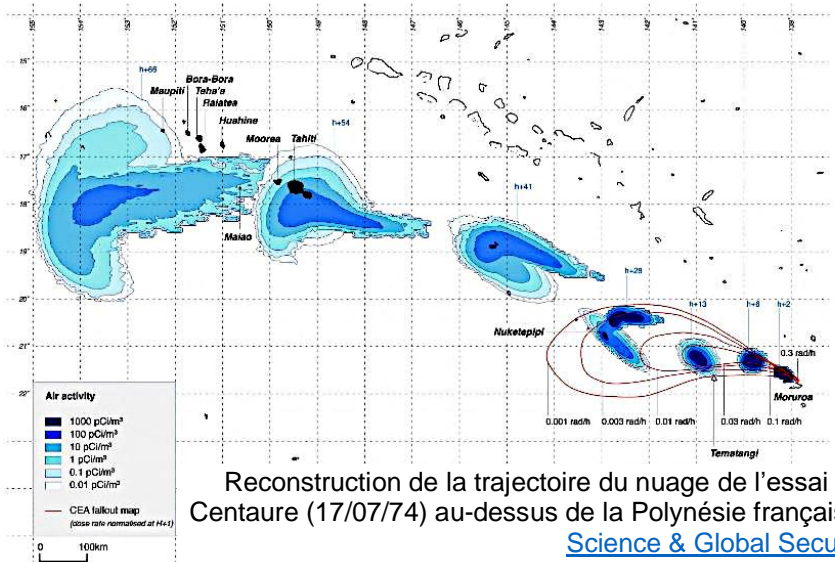
<https://moruroa-files.org/fr/>

Complément : « Un article universitaire, reprenant les résultats de l'enquête Toxique de mars 2021, a été

publié le 15 septembre dans la revue spécialisée Science & Global Security. Une publication qui valide les résultats de l'enquête révélant notamment la sous-estimation de l'impact radiologique des retombées radioactives des essais nucléaires atmosphériques en Polynésie, de 1966 à 1974 » [\[TNTV News, 30/09/22\]](#).



CHRONOLOGIE	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975 - 1996	
TEST NUCLÉAIRE ATMOSPHÉRIQUE	ALDÉBARAN TAMOURÉ GANYMÈDE BÉTÉLGEUSE RIGEL SIRIUS	ALTAÏR ANTARÈS ARCTURUS	CAPELLA CASTOR POLLUX CANOPUS PROCYON	pas d'essais nucléaires cette année	ANDROMÈDE CASSIOPÉE DRAGON ERIDAN LICORNE PÉGASE ORION TOUCAN	DIONÉ ENCELADE JAPET PHOEBÉ RHÉA	UMBRIEL TITANIA OBÉRON ARIEL	EUTERPE MELPOMÈNE PALLAS PARTHÉNOPE TAMARA VESTA	CAPRICORNE BÉLIER GÉMEAUX CENTAURE MAQUIS PERSÉE SCORPION TAUREAU VERSEAU	fin des essais nucléaires atmosphériques / début des essais nucléaires souterrains	la situation radiologique continue d'être surveillée



Reconstruction de la trajectoire du nuage de l'essai Centaure (17/07/74) au-dessus de la Polynésie française [Science & Global Security](#)

Retour au nucléaire *dit* civil avec une sélection d'avis IRSN

AVIS IRSN N° 2022-00154

Flamanville 3 – Démonstration de sûreté et suffisance du programme d'essais physiques
Retour d'expérience des premiers EPR mis en service

Extraits de l'avis :

« **3. REX DES FLUCTUATIONS DE FLUX NEUTRONIQUE (FFN)**

Le REX des premiers EPR mis en service a mis en évidence des fluctuations importantes des signaux mesurés par les chaînes neutroniques de niveau puissance (1) et les collectrons (2), représentatives de fluctuations de flux neutronique (FFN), observées tout au long des cycles. Les caractéristiques de ces fluctuations s'écartent de celles observées sur les réacteurs du parc en exploitation, tant du point de vue de leur amplitude que de leur évolution en cours de cycle. Ce phénomène est connu à l'international sur les réacteurs de type KONVOI (3) dont la conception du fond de cuve est similaire à celle des réacteurs de type EPR (absence de plaques entretoises et de colonnes de maintien pour l'instrumentation du cœur).

Les premières analyses d'EDF ont montré que les FFN ont pour origine les fluctuations de débit en entrée du cœur. En effet, ces fluctuations conduisent à :

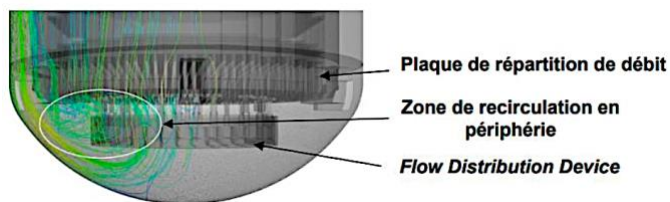
- des oscillations latérales des assemblages de combustible et à des variations des jeux entre ces assemblages (lames d'eau) ;
- des fluctuations de température de l'eau.

Dans un réacteur à eau, l'eau joue également le rôle de « modérateur », c'est-à-dire qu'elle ralentit les neutrons produits par les fissions d'atomes d'uranium, jusqu'à un niveau d'énergie où ils sont les plus susceptibles de provoquer de nouvelles fissions d'uranium. Par cet effet neutronique, les fluctuations de débit en entrée du cœur induisent in fine des FFN.

Ces fluctuations de débit avaient été observées lors des essais de qualification du fond de cuve réalisés sur une installation expérimentale. Toutefois, les conséquences de ces fluctuations sur les assemblages de combustible et le flux neutronique n'avaient pas été anticipées [souligné par le GSIEN].

Afin de consolider ces premières analyses, EDF a récemment développé une « chaîne de calcul FFN » permettant de simuler, pour le réacteur EPR FA3, les différents phénomènes thermohydrauliques, mécaniques et neutroniques à l'origine des FFN. Les analyses menées par EDF montrent que les fluctuations de débit en entrée du cœur sont liées aux caractéristiques des écoulements hydrauliques dans le plenum inférieur de la cuve, en particulier dans la zone de recirculation (voir figure ci-après) qui se crée entre la paroi du fond de cuve et le dispositif de répartition du débit en entrée du cœur (Flow Distribution Device ou FDD).

À l'issue de l'expertise qu'il a menée, l'IRSN estime pertinente l'analyse des causes des FFN apportée par EDF et considère que « la chaîne de calcul FFN » permet de reproduire qualitativement les phénomènes physiques mis en jeu.



Réacteur EPR - Plenum inférieur de la cuve
Dispositif de répartition du débit (FDD)

Source, [IRSN, 21/07/22](#)

Ces analyses montrent que la liste des exigences fonctionnelles relatives à la conception thermohydraulique du cœur de l'EPR FA3 n'est pas exhaustive dans la mesure où celles-ci ne tiennent pas compte des fluctuations de débit. À cet égard, **l'IRSN estime que la conception thermohydraulique du cœur d'un réacteur devrait également spécifier des requis sur les fluctuations de débit en entrée du cœur. En tout état de cause, l'IRSN estime que la présence indésirable et non anticipée de FFN est la conséquence d'une anomalie de conception du plenum inférieur des cuves des réacteurs de type EPR.**

(...)

L'IRSN rappelle également que, selon le REX du premier EPR mis en service, les oscillations latérales des assemblages sont aussi à l'origine de dégradations des grilles de maintien de certains assemblages de combustible situés en périphérie du cœur (au contact du réflecteur lourd). EDF n'est donc pas aujourd'hui en mesure de garantir la possibilité d'irradier pendant plus d'un cycle ces assemblages, ce qui conduirait in fine à augmenter la quantité de déchets résultant de l'exploitation du réacteur. L'existence d'un lien de cause à effet entre les FFN et le taux élevé de défaillances de collectrons observé sur les premiers EPR mis en service n'est pas exclu non plus (ce taux élevé n'étant actuellement pas expliqué).

Ainsi au-delà des compléments de démonstration apportés et des mesures compensatoires prévues, l'IRSN estime qu'EDF doit définir et mettre en œuvre, aussi rapidement que le permet son processus de qualification, une modification matérielle pérenne permettant d'optimiser l'hydraulique dans le plenum inférieur de la cuve, de limiter l'ampleur des fluctuations de débit en entrée du cœur et ainsi de résorber l'anomalie de conception du plenum inférieur et ses conséquences.

(...)

5. CONCLUSIONS

(...)

Concernant les fluctuations importantes des signaux mesurés par les chaînes neutroniques de niveau puissance et les collectrons, l'IRSN estime qu'elles résultent d'une anomalie de conception du plenum inférieur des cuves des réacteurs de type EPR qui, in fine, réduit les performances du système de surveillance et de protection du cœur, peut conduire à des usures des grilles de maintien du

combustible en périphérie du cœur, pourrait avoir un impact négatif sur la fiabilité des collecteurs... Pour la résorber, EDF doit définir et mettre en œuvre, aussi rapidement que le permet son processus de qualification, une modification matérielle pérenne permettant d'optimiser l'hydraulique dans le plenum inférieur et de limiter l'ampleur des fluctuations de débit en entrée du cœur. Dans l'attente, l'IRSN estime acceptables les modifications du contrôle-commande pour limiter le risque de signaux intempestifs. De plus, la démarche pour évaluer l'impact de ces fluctuations sur la démonstration de sûreté, qui a conduit à des modifications significatives des seuils de surveillance et de protection limitant le domaine d'exploitation du réacteur, n'est acceptable selon l'IRSN que dans le cadre d'une analyse de sûreté intermédiaire et sous réserve de la vérification expérimentale des caractéristiques des fluctuations ».

Réf. (1) Les chaînes neutroniques de niveau puissance constituent une instrumentation positionnée en périphérie de la cuve. Ils permettent de suivre le flux neutronique intervenant dans la surveillance et la protection du réacteur.
 (2) Les collecteurs constituent une instrumentation interne fixe répartie dans le cœur de manière homogène. Ils permettent également de suivre le flux neutronique intervenant dans la surveillance et la protection du réacteur.
 (3) Pour rappel, la conception des réacteurs de type EPR s'inspire à la fois de la conception des réacteurs allemands de type KONVOI et de la conception des réacteurs français du palier N4 (de puissance 1450 MWe) [IRSN, 21/07/22].

Commentaire GSIEN : les fluctuations de débit mesurées lors des essais maquette n'avaient pas été anticipées. Elles avaient pourtant été identifiées par EDF qui n'avait pas jugé bon de modifier le dispositif de répartition du débit (FDD). La Gazette titrait dans son n° 296 (avril 2022) : **Défaut de conception des cuves EPR**.

Rappel :

« **Il apparaît que les débits évoluent autour d'une valeur moyenne mais ne sont pas stables.** Les assemblages situés dans le sillage du FDD ont un comportement en phase (battement) caractérisés par des fluctuations de l'ordre de 4%rms. A l'extérieur du FDD, les fluctuations de débits sont relativement indépendantes (faibles niveaux de cohérence) et les fluctuations sont de l'ordre de 8%rms, avec un maximum mesuré de 11%rms. **Les écarts de débits entre assemblages voisins peuvent donc atteindre des niveaux élevés, en particulier en périphérie du cœur.** Les fluctuations de débits en entrée cœur doivent être prises en compte dans les analyses justifiant la bonne tenue des assemblages combustible.

(...)

L'opportunité d'optimiser le FDD qui avait été soulevée dans la note (28) pour réduire le risque de fretting n'est donc plus à envisager. En effet, bien que la conception du FDD repose sur des calculs CFD non qualifiés (cf. 26), la reprise de la conception du fond de cuve n'est aujourd'hui plus justifiée car la conception actuelle est acceptable vis-à-vis du risque de fretting et des sollicitations sur le combustible en général » [Gazette n° 296].

Quand l'IRSN évoque « une **modification matérielle** pérenne permettant d'optimiser l'hydraulique dans le plenum inférieur de la cuve », consistant à modifier ou remplacer le dispositif de répartition du débit.

Comme il s'agit d'une modification de conception, il va falloir valider le FDD new-look par de nouveaux essais sur une installation expérimentale : « La qualification de cette modification nécessite des essais sur maquette à échelle réduite. La modification sera mise en œuvre à l'issue des premiers cycles de fonctionnement du réacteur EPR de Flamanville » [IRSN, 2022]. Il se pourrait qu'il soit nécessaire de démonter et d'entreposer des matériels irradiants des éléments internes inférieurs tels le réflecteur lourd et le fond support de cœur afin de pouvoir accéder au FDD. Il serait plus sage d'entreprendre de tel travaux dans le plenum inférieur de la cuve avant le démarrage du réacteur et l'irradiation de la cuve.



AVIS IRSN N° 2021-00158

Réacteur EPR de Flamanville - Analyse du bilan des essais de démarrage du réacteur - Juin 2020

Conclusion de l'avis :

« Cette première analyse du bilan des essais de démarrage vise à identifier les difficultés techniques rencontrées durant les essais réalisés avant juin 2020, auxquelles EDF doit apporter des justifications et des précisions complémentaires, ainsi que les essais à reprendre. Cet avis, qui sera complété, constitue un premier point d'étape dans l'évaluation du bilan des essais de démarrage avant la mise en service de l'EPR de Flamanville.

Bien que le volume de travail réalisé par EDF soit significatif, le nombre de procédures d'essais non réalisées ou partiellement réalisées reste encore conséquent. Ces procédures d'essais seront réalisées dans la prochaine phase d'essais de démarrage prévue au deuxième trimestre 2022.

À la suite de cette première expertise, l'IRSN relève les points notables suivants :

- **l'absence de critères de sûreté dans certaines procédures d'essais ;**
- **le déclassement et relaxation de certains critères de sûreté sans justification ;**
- **l'absence de certains essais dans le bilan transmis ;**
- **la reprise de nombreux essais, notamment l'essai d'injection plein débit dans les quatre GV pressurisés ainsi que les essais sur les systèmes et pseudo systèmes électriques.**

De nombreuses recommandations et observations de nature à améliorer la sûreté ont donc été formulées par l'IRSN, afin de s'assurer que les procédures d'essais puissent identifier de manière sûre toute anomalie susceptible de mettre en cause le fonctionnement d'un équipement important pour la sûreté requis en conditions de fonctionnement incidentelles ou accidentelles.

EDF prévoit de transmettre une mise à jour du bilan des essais, début 2022, pour y intégrer notamment les essais qui n'avaient pu l'être dans la version de juin 2020, ainsi que de nombreuses reprises d'essais réalisées.

D'autres dossiers techniques (notamment les bilans de fonctionnement et de puissance des groupes électrogènes, le remplacement de certains échangeurs de la source froide, la reprise de certains essais à chaud après la réparation des soudures des lignes vapeur principales et des essais de requalification d'ensemble) sont prévus en 2022 en vue de l'autorisation de mise en service de l'EPR FLA3. Par conséquent, l'IRSN attire l'attention sur le fait que la finalisation de ces expertises apparaît difficilement compatible avec la date de mise en service du réacteur EPR de Flamanville annoncée par EDF, et que tout retard de la part d'EDF dans la transmission des résultats d'essais et des éléments justificatifs associés, ne permettrait plus à l'IRSN de se positionner techniquement, dans les délais ou le périmètre d'expertise tels qu'actuellement envisagés, sur l'acceptabilité des résultats d'essais.

Parmi les sujets à forts enjeux restant à analyser, l'IRSN a notamment identifié, à date et sur la base des éléments communiqués par EDF, les points suivants qui devront faire l'objet d'une attention particulière :

- **la validation définitive des procédures d'essais de basculement de sources électriques, de perte de contrôle-commande et de perte de sources, transverses à de nombreux systèmes ;**
- **l'analyse et le traitement à apporter aux chutes inattendues de tension constatées sur le réseau électrique ;**
- **les dispositions à prendre pour éviter le renouvellement d'incidents d'essais susceptibles d'endommager des équipements importants pour la sûreté ;**
- **le comportement vibratoire de certains équipements et circuits ;**
- **les bilans de fonctionnement et de puissance des groupes électrogènes de secours et d'ultime secours ;**
- **l'analyse des résultats des essais nécessaires à la confirmation de la qualification des équipements, tels que les essais d'endurance réalisés sur site ;**
- **la résolution de la sous-performance des échangeurs de la source froide ;**
- **la validation de la surveillance et du bon fonctionnement des soupapes du pressuriseur.**

Pour l'IRSN, le traitement de ces sujets est un préalable au démarrage du réacteur EPR FLA3.

Enfin, malgré l'investissement important d'EDF dans la réalisation des essais de démarrage, beaucoup de sujets techniques en lien avec des équipements importants pour la sûreté restent à traiter dans des délais contraints par la date de démarrage du réacteur envisagée par EDF. De ce fait, l'IRSN considère qu'EDF doit encore accentuer son investissement dans la réalisation des essais de démarrage et la résolution des anomalies identifiées, avec toute la rigueur nécessaire à ces sujets » [IRSN, 8/09/21].

Sans commentaire GSIEN...

AVIS IRSN N° 2021-00088 - EDF - REP

Analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires – Période 2018-2019

Conclusions de l'avis :

« Au terme de son analyse du retour d'expérience de l'exploitation des réacteurs électronucléaires pour la période 2018-2019, l'IRSN estime que les résultats en termes de sûreté, de radioprotection des travailleurs et d'impact sur l'environnement sont mitigés, mettant en exergue un certain nombre de points de fragilité qui ont nécessité ou qui nécessitent encore des actions correctives de la part d'EDF.

En effet, en matière de sûreté, le nombre d'événements déclarés a connu une hausse significative en 2019, après une stagnation en 2018 par rapport à 2017. Bien que cette donnée ne puisse être considérée comme un indicateur du niveau de sûreté du parc électronucléaire, l'augmentation observée en 2019 coïncide avec la prolongation des arrêts de réacteur pour renouvellement du combustible. En effet, l'augmentation du nombre de jours de retard d'arrêt a un impact direct sur la planification et la

préparation des activités à réaliser, ce qui est propice à la déclaration d'événements significatifs en plus grand nombre. De ce fait, EDF a décidé la mise en place de plans d'actions qui apparaissent adaptés. D'une part, EDF s'est attaché à sécuriser la réalisation des arrêts de réacteurs, tant en termes de durée cible que de respect des différents référentiels d'exploitation (spécifications techniques d'exploitation, essais périodiques, maintenance...). D'autre part, EDF s'est engagé à reconquérir la conformité de ses installations. Pour l'IRSN, l'ensemble de ces actions sont absolument nécessaires, car elles sont un levier majeur du maintien et de l'amélioration du niveau de sûreté des installations.

L'année 2019 a également été marquée par la déclaration de quatre ESS de niveau 2 sur l'échelle INES, ainsi que par un nombre élevé d'événements en lien avec des erreurs de pilotage, de surveillance de l'installation et des non-qualités

de maintenance. De manière plus globale, malgré les plans d'actions successifs engagés par EDF ces dernières années, dont les orientations sont certes positives mais a priori insuffisantes, **les résultats opérationnels en termes de sûreté stagnent. En particulier, EDF a toujours des difficultés à valoriser pleinement son propre retour d'expérience d'exploitation** (tant dans sa collecte que dans son traitement dans des délais raisonnables), alors qu'a contrario le REX des installations étrangères semble être bien pris en compte par EDF.

Au cours de son analyse, l'IRSN a également mis en exergue des difficultés de la part d'EDF à garantir la bonne déclinaison et opérabilité sur le terrain des consignes incidentelles, ce qui a donné lieu à des engagements d'EDF dans ce domaine.

Par ailleurs, les enseignements tirés de la modification déployée au niveau de la ventilation des halls des groupes électrogènes de secours à moteur Diesel de certains réacteurs de 1300 MWe ont amené l'IRSN à formuler deux recommandations. En effet, **l'IRSN considère essentiel de s'assurer que toute modification d'un système de ventilation n'a pas d'impact sur les équipements importants pour la sûreté et, de manière plus générale, que les essais réalisés à l'issue d'une modification permettent de démontrer l'efficacité de la modification déployée dans toutes les configurations de fonctionnement, et de s'assurer de l'absence de régression d'un point de vue de la sûreté.**

Enfin, l'IRSN s'est également attaché à vérifier la maîtrise du risque incendie et explosion par EDF. Outre certains éléments de REX techniques, affectant notamment le contrôle des bouteilles de gaz propulseur du système de lutte contre l'incendie ou encore celui des siphons de sol, qui ont fait l'objet d'engagements de la part d'EDF, **l'IRSN considère surtout que le référentiel de maîtrise du risque incendie et explosion est complexe**, ce qui peut expliquer la difficulté des différents intervenants sur le terrain à se l'approprier et à le mettre en œuvre.

En matière de radioprotection, la période 2018-2019 s'est traduite par une dégradation d'une partie des résultats, dans la dynamique des années antérieures. En effet, une érosion progressive de la maîtrise des fondamentaux de radioprotection a été observée nécessitant la mise en place d'un plan important de redressement du management de la radioprotection par EDF. La dégradation d'une partie des résultats de radioprotection est toutefois à mettre en regard de la forte augmentation des activités de maintenance associées aux troisièmes visites décennales des réacteurs de 1300 MWe, mais surtout à celles des premiers déploiements des modifications relatives au quatrième réexamen périodique des réacteurs de 900 MWe. En effet, malgré la forte augmentation du volume d'activités, l'augmentation de la dose individuelle des travailleurs reste limitée et la majeure partie des travailleurs (60 %) enregistre toujours des doses comprises entre 0 mSv et 1 mSv.

L'analyse de l'IRSN a mis en exergue quatre causes principales d'événements significatifs, à savoir des défauts dans l'élaboration ou la prise en considération des analyses de risques, des défauts de signalisation ou d'accès à une

zone orange ou rouge, et des défauts de port de dosimètres gamma et neutrons. **Pour chacun de ces points, EDF a pris au cours de l'expertise des engagements satisfaisants ; l'IRSN estime qu'EDF devrait néanmoins compléter son plan d'actions relatif aux zones orange permettant d'assurer une évacuation rapide des déchets particulièrement irradiants.**

Enfin sur cette thématique, **EDF ayant engagé un très grand nombre d'actions afin d'en améliorer les résultats, l'IRSN considère qu'EDF doit maintenir ses efforts et sa vigilance.** En effet, l'efficacité et la suffisance des dispositions retenues ne pourront être évaluées qu'au regard des résultats opérationnels qu'elles produiront dans les années à venir ; cette évaluation devra tenir compte du fait qu'elles impactent de manière transverse l'ensemble des personnels intervenant sur les CNPE (agents EDF et personnels sous-traitants).

En matière d'environnement, l'IRSN a analysé les événements significatifs pour l'environnement (ESE) déclarés par EDF sur la période 2018-2019 et a fait une synthèse des nombreux constats relevés par l'ASN lors des inspections. De plus, l'IRSN a approfondi la thématique de pollution des nappes phréatiques, notamment au tritium, ainsi que la présence d'eau tritiée dans la double paroi de certains puisards.

Sur la période considérée, **le nombre d'ESE a peu évolué se situant autour de 80 par an, les principales causes de déclaration étant toujours liées à une mauvaise maîtrise des rejets ou à des émissions de gaz à effet de serre.**

À la suite des manquements relevés en inspection par l'ASN (inétanchéités des réseaux d'eau pluviales, volumes des bassins de confinement insuffisamment étayés, équipements des stations de surveillance environnementale dans un mauvais état, gestion imparfaite des substances dangereuses...), **EDF a engagé un vaste programme relatif à la gestion, au contrôle et à la maintenance des installations, concourant ainsi à leur conformité.**

À l'image des plans d'actions engagés dans le domaine de la sûreté, l'IRSN constate que, dans le domaine de l'environnement, EDF essaie de rattraper son retard dans le contrôle et la réfection des installations ; des efforts restant encore à consentir, même si des progrès manifestes ont été faits.

En ce qui concerne les problématiques de pollution des nappes phréatiques au tritium, l'IRSN a comparé les données accessibles via le Réseau national de mesures (RNM) avec les déclarations d'événements d'EDF. **Au vu des enseignements tirés de son analyse, l'IRSN estime qu'il pourrait être opportun de réinterroger la pertinence des critères de déclaration d'événements, ainsi que l'actualisation des réseaux de piézomètres réglementaires des CNPE qui permettent d'évaluer l'impact des installations sur la qualité des nappes phréatiques.**

Par ailleurs, deux événements de pollution des eaux souterraines (en tritium sur le CNPE du Tricastin et en hydrocarbures sur le CNPE de Cruas) ont retenu l'attention de l'IRSN dans son analyse, qui juge satisfaisantes les

actions tirées des enseignements de ces événements par EDF.

Enfin, la présence d'eau tritiée dans la double paroi des puisards du CNPE de Civaux a amené l'IRSN à évaluer la démarche d'EDF pour expliquer ce phénomène. L'IRSN ne partage pas l'analyse d'EDF et considère que la gestion de

ce type de situation pourrait être améliorée » [[IRSN, 28/05/21](#)].

Commentaire GSEN : l'IRSN souligne des « points de fragilité » sur les réacteurs EDF engageant l'entreprise « à **reconquérir la conformité de ses installations** », qui ne seraient donc pas conformes...

AVIS IRSN N° 2021-00151 - Réacteurs électronucléaires EDF Exploitation des réacteurs du palier N4 concernés par le phénomène de corrosion accélérée des gaines de combustible en alliage M5

Extraits de l'avis :

« Lors du déchargement du combustible, à l'issue de la campagne 18 du réacteur n° 2 du CNPE de Chooz B en février 2021, EDF a observé un grand nombre de corps migrants de couleur blanche de quelques millimètres dans la cuve. Les premières analyses ont permis de définir la nature de ces particules comme étant des écailles de zirconium [oxyde de zirconium]. Les inspections télévisuelles (ITV) des assemblages ont permis d'observer une corrosion supérieure à l'attendu (corrosion accélérée) du gainage en partie haute de certains crayons de combustible. Elles ont également confirmé que ces corps migrants sont issus de la desquamation de la couche d'oxyde formée en surface externe des gaines de combustible.

EDF fait état d'une quinzaine d'assemblages pouvant contenir des crayons desquamés et d'un grand nombre d'assemblages de combustible qui présentent des colorations indiquant une couche d'oxyde importante. Les phénomènes de corrosion accélérée et de desquamation n'ont pas conduit à une perte d'intégrité du combustible lors de la campagne 18 du réacteur n° 2 du CNPE de Chooz B. En outre, les investigations menées à ce jour par EDF sur les autres réacteurs du palier N4 et de 1300 MWe ont révélé :

- une desquamation sur un seul crayon de combustible pour le réacteur n° 2 du CNPE de Civaux ;
- une corrosion accélérée sans desquamation sur plusieurs assemblages de combustible exploités dans le réacteur n° 3 du CNPE de Cattenom.

Dans ce contexte, EDF a déclaré en juillet 2021 un événement significatif pour la sûreté à caractère générique pour le réacteur n° 2 du CNPE de Chooz B, le réacteur n° 2 du CNPE de Civaux et le réacteur n° 3 du CNPE de Cattenom.

Ce phénomène de corrosion accélérée des gaines de combustible en alliage M5 est inédit en France.

(...)

EDF estime que les conditions de fonctionnement de la gestion de combustible ALCADÉ mise en œuvre sur les réacteurs du palier N4 sont propices à la formation d'un régime d'ébullition nucléée (formation de bulles de vapeur à l'interface entre fluide primaire et les gaines) en extrémité supérieure de la colonne fissile. Ce phénomène peut conduire, dans une certaine mesure, à l'apparition d'un environnement chimique très oxydant (due à la diminution de l'hydrogène dans la phase liquide du fluide primaire).

(...)

Un phénomène de corrosion accélérée des gaines de combustible en alliage M5 conduisant à la desquamation de la couche d'oxyde a été observé à l'issue de la campagne 18 du réacteur n°2 du CNPE de Chooz B.

À ce stade, l'ébullition nucléée et la faible teneur en fer des lots matières de fabrication sont identifiées comme les causes principales de la corrosion accélérée des gaines de combustible en alliage M5. EDF s'est toutefois engagé à poursuivre les investigations afin d'améliorer la compréhension fine des mécanismes à l'origine de ce phénomène ».

Une des mesures compensatoire prises par EDF sur la tranche 2 de Chooz B consiste en « **l'abaissement de la puissance maximale autorisée en fonctionnement normal à 92,6 %PN [Puissance nominale] afin de réduire le phénomène d'ébullition nucléée en partie haute des gaines de combustible, qui constitue une des causes principales de la corrosion accélérée** » [[IRSN, 6/08/21](#)].

Commentaire GSIEN (avec J.C. Zerbib) : « EDF a introduit à titre expérimental, à partir 1988, pour le gainage de quelques crayons combustibles, un nouvel alliage de zirconium appelé "Massif 5" (M5) développé et produit par AREVA-NP (Framatome). Cet alliage, qui comporte du niobium et d'autres additifs, a été développé en vue d'améliorer la résistance à la corrosion et à l'absorption d'hydrogène qui se lie chimiquement au zirconium du gainage » ; voir le dossier complet de [Global Chance](#) (2021) sur *La corrosion des gaines d'éléments combustibles en Zircaloy*.

Le gainage M5 cause toujours des problèmes à EDF, la faible teneur en fer de certains lots de fabrication étant suspectée à priori, mais aussi (et surtout ?) l'ébullition nucléée, c'est-à-dire la formation de bulle de vapeur en partie haute des assemblages combustible, ce qui augmente la corrosion du gainage. De fait, le réacteur n°2 de Chooz B voit sa puissance limitée à environ 1340 MWe (au lieu de 1450 MWe). Cette réduction de puissance pourrait s'étendre aux autres réacteurs du palier N4 en cas d'extension du phénomène identifié sur Chooz B2. Pas d'inquiétude à avoir pour l'instant : toutes les tranches du palier N4 (Chooz et Civaux) sont à l'arrêt (à fin décembre 2022) pour des problèmes importants de fissuration par corrosion sous contrainte détectés dans l'acier inoxydable austénitique du circuit d'injection de sécurité (cf. [Gazette n°296](#)).

AVIS IRSN N° 2021-00159 - Réacteurs électronucléaires EDF – Tous paliers – Instruction des suites du GP relatif aux critères de tenue du combustible – Premier avis

Extraits de l'avis :

« 2. CRITERES RELATIFS A L'IMPG [Interaction mécanique pastille-gaine] RETENUS POUR L'ETUDE D'EDG [Éjection de grappe]

L'étude du transitoire accidentel d'EDG à puissance nulle [1] vise à s'assurer du respect de plusieurs critères techniques d'acceptation, notamment le critère en variation d'enthalpie [2].

Dans le cadre de la préparation du GP critères, EDF a défini, pour chaque type de combustible (UO₂ ou MOX) et de matériau de gainage (M5, ZIRLO et ZIRLO Optimisé), des critères en variation d'enthalpie associés à des valeurs limites de largeur de **pulse** [3] et de teneur en hydrogène [4]. La justification de ces critères nécessitait des compléments qui ont été apportés par EDF après le GP critères ou au cours de la présente expertise.

(...)

5. CONCLUSION

Dans le présent avis, l'IRSN a analysé les compléments apportés par EDF à la suite du GP critères concernant les critères techniques d'acceptation relatifs à la corrosion des gaines et le risque de rupture de gaine par interaction mécanique entre la pastille et la gaine.

Concernant le risque de rupture de gaine par ImPG, l'IRSN estime satisfaisants les critères en variation d'enthalpie, à vérifier dans les études d'EDG, afin de garantir l'absence de ce risque.

(...)

Concernant les critères relatifs à la corrosion des gaines pour les accidents de catégories 3 et 4 (hors APRP), l'IRSN estime acceptable le critère en ECR [Equivalent cladding reacted ou taux d'oxydation] défini pour les crayons ballonnés et le maintien du critère historique pour les crayons non ballonnés dans le cas d'une crise d'ébullition inférieure à 17 secondes. Pour ce qui concerne le cas des crayons non ballonnés pour les transitoires présentant une crise d'ébullition de durée supérieure à 17 secondes, l'IRSN estime qu'EDF devrait consolider le critère en ECR retenu par des résultats d'essais complémentaires sur les gainages représentatifs des gestions de combustible actuelles, ce qui fait l'objet d'une observation ».

[1] L'étude est réalisée sur l'accident d'EDG initié à puissance nulle dans la mesure où c'est le cas le plus pénalisant.

[2] Les autres critères vérifiés dans les études de l'accident d'EDG (comme par exemple la pression maximale du circuit primaire ou le nombre de crayons rentrant en crise d'ébullition) ont déjà fait l'objet d'une expertise et ne font pas l'objet du présent avis.

[3] **L'accident d'EDG est un transitoire de réactivité rapide au cours duquel une grappe de commande est éjectée en environ 0,1 seconde (temps considéré dans les études). Lorsque cette EDG se produit à puissance nulle, le cœur peut devenir temporairement prompt critique et la puissance du cœur augmente alors très rapidement avant d'être freinée naturellement par les contre-réactions neutroniques du cœur. Cette phase du transitoire est appelée « pulse de puissance ».**

[4] En fonctionnement normal, les gaines des crayons de combustible s'oxydent naturellement. Cette corrosion se traduit notamment par une prise d'hydrogène dans la gaine

qui doit toutefois rester limitée et maîtrisée puisqu'elle est de nature à fragiliser sa tenue mécanique.

Annexe - Observation de l'IRSN

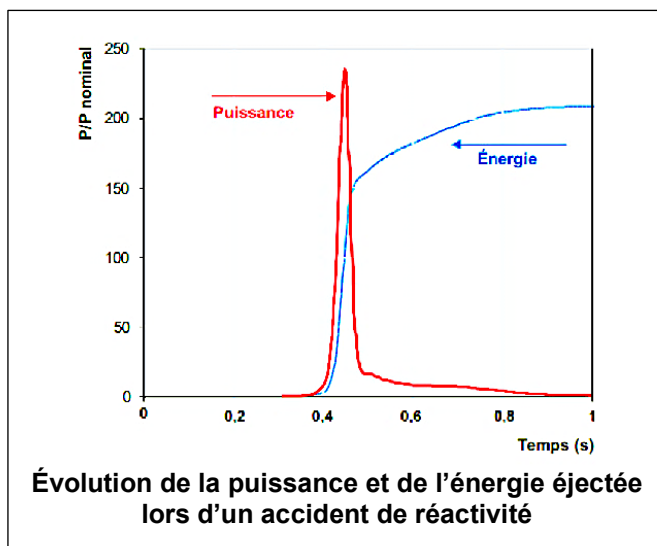
L'IRSN estime qu'EDF devrait réaliser des essais complémentaires d'assèchement sur des gainages M5, ZIRLO et ZIRLO Optimisé afin de consolider le critère technique d'acceptation, dépendant du taux d'oxydation (ECR) et de la température maximale atteinte par la gaine, appliqué aux crayons de combustible non ballonnés et à vérifier dans les études des conditions de fonctionnement de dimensionnement de catégories 3 et 4 (hors APRP) au cours desquelles une crise d'ébullition supérieure à 17 secondes est attendue » [IRSN, 24/09/21].

Précision du GSIEN sur l'accident d'éjection de grappe à l'aide de la thèse soutenue par M. Zouari en 2020 « réalisée au Laboratoire de Comportement Mécanique des matériaux Irradiés du CEA ».

« Description du scénario

Pour les REP, le scénario le plus sévère retenu pour de l'accident d'insertion de réactivité (RIA) postule une éjection d'une grappe de commande expulsée par la différence de pression existant entre le circuit primaire (155 bar) et l'enceinte de confinement, suite à une défaillance du mécanisme de grappe. Une grappe de commande est composée de crayons qui absorbent des neutrons, qui en fonction de leur insertion dans le cœur du réacteur, permettent de contrôler la réaction nucléaire. Cette éjection de grappe conduit donc à une augmentation brutale et locale de la réactivité.

Les essais intégraux ont démontré que l'éjection des barres de commande engendre une augmentation brutale et locale de la réactivité. La figure ci-après montre l'évolution de la puissance et de l'énergie déposée lors d'un accident de réactivité en fonction du temps. La largeur du pic de puissance est généralement de quelques millisecondes et dépend des conditions de fonctionnement du réacteur notamment du taux de combustion. Lors de ce transitoire, la puissance nominale de fonctionnement peut être multipliée par un facteur de 200.



Le transitoire de puissance est néanmoins intrinsèquement limité grâce à l'intervention de l'effet Doppler neutronique. L'effet de Doppler résulte de l'augmentation de l'absorption neutronique du combustible lorsque sa température augmente. L'accident RIA induit donc un pic (augmentation puis diminution) de puissance. Pour une conception de cœur donnée, il est caractérisé par la hauteur et la durée du pic de puissance. Pour une même énergie déposée dans la pastille (intégrale sous le pic de puissance), l'accident sera d'autant plus sévère pour le gainage que le pic est court.

Après l'éjection de cette grappe, plusieurs scénarios sont possibles. L'augmentation locale de la puissance provoque une augmentation de la température des pastilles, ce qui entraîne leur expansion. Ce phénomène peut être accéléré également par les gaz de fission cumulés dans les joints de grains (White, 2004), (Hastings et al., 1986). Cette dilatation thermique peut entraîner la fermeture du jeu entre la pastille et la gaine s'il n'est pas déjà fermé. Une fois fermé, une forte interaction mécanique pastille-gaine (IMPG) ou Pellet-Clad Mechanical Interaction (PCMI) va se produire qui aura pour conséquence un chargement thermomécanique sur la gaine. Ce chargement représente la première phase de l'accident. Pendant cette phase, la gaine s'échauffe par conduction grâce à la forte interaction avec le combustible et peut atteindre 800 °C sur la paroi interne et reste proche de la température du fluide caloporteur sur la paroi externe. Cette phase se caractérise par un fort gonflement des pastilles sous l'effet de leur dilatation thermique et du gonflement gazeux des produits de fissions qu'elles contiennent. La dilatation de la pastille dans les directions circonférentielle et axiale provoque une forte interaction pastille-gaine.

Étant donné que l'hydrogène migre vers les zones froides et y précipite, durant leurs séjours dans le réacteur, les gaines peuvent être fragilisées par une couche externe dense en hydrure à cause de la présence d'un gradient thermique dans l'épaisseur. La présence de ces hydrures provoque des pré-fissures radiales sur la paroi externe de la gaine et mène à une rupture en PCMI, quand la gaine n'a pas eu le temps de beaucoup chauffer (rupture partiellement fragile). La rupture en phase de PCMI a généralement pour origine un amorçage de fissure dans ces défauts localisés en surface externe, suivi d'une propagation ductile dans l'épaisseur de la gaine, et enfin d'une propagation axiale le long de la gaine. En cas de rupture de gaine, lors de cette phase initiale, une éjection de petits fragments de combustible, peut conduire à la vaporisation brutale de l'eau entourant le crayon, avec risque d'explosion vapeur et dégradation des crayons combustibles voisins.

Si la gaine reste intacte après la phase de PCMI et que suffisamment d'énergie est injectée, la seconde phase du RIA est la phase de crise d'ébullition ou post-DNB (Departure from Nucleate Boiling).

Cette seconde phase est caractérisée par l'ébullition du fluide caloporteur qui se traduit par la perte de refroidissement par le fluide caloporteur et une augmentation de la température du crayon combustible.

La diminution de la limite d'élasticité du matériau facilite la prise de contrôle de chargement de la gaine par les gaz du remplissage. Il en résulte un risque de rupture de la gaine par ballonnement en pression interne » [Thèse A. Zouari, 2020].

**AVIS IRSN N° 2021-00181 - Réacteurs électronucléaires de 1450 MWe – EDF
Instruction des suites de l'expertise RP2-N4 – Volet études
Accident de perte de réfrigérant primaire par brèche intermédiaire (APRP BI)**

Avis complet

« Conformément à la demande formulée par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) en référence (1), l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a examiné, dans le cadre du deuxième réexamen de sûreté des réacteurs du palier N4 (RP2-N4), la réponse d'EDF à la demande D2 formulée par l'ASN dans la lettre en référence (2).

1. CONTEXTE

Dans le cadre du nouveau référentiel d'étude des accidents de perte de réfrigérant primaire (APRP), EDF a mis en œuvre une nouvelle méthode basée sur un traitement statistique des incertitudes et prenant en compte des phénomènes relatifs au comportement du combustible non pris en compte dans la méthode précédemment utilisée. Cette nouvelle méthode, appelée CathSBI, a été mise en application et expertisée pour la première fois dans le cadre du quatrième réexamen des réacteurs de 900 MWe (RP4 900). Pour les autres paliers, EDF a prévu de l'appliquer pour les prochains réexamens périodiques, à savoir le quatrième réexamen pour le palier 1300 MWe et le troisième réexamen pour le palier N4.

L'expertise de cette première application a mis en évidence une influence élevée, sur la température de gaine des crayons de combustible, de la prise en compte des

phénomènes physiques liés au comportement du combustible en APRP et qu'il était difficile de démontrer le respect des critères de sûreté. À la suite de cette expertise, EDF s'est engagé à mettre en place, pour les réacteurs du palier 900 MWe dans le cadre de leur RP4, des modifications matérielles pour augmenter les marges vis-à-vis des critères de sûreté à respecter pour cet accident.

Compte tenu de l'influence des phénomènes physiques liés au comportement du combustible observés sur ce palier, l'ASN a également demandé à EDF (demande D2 de la lettre de suite en référence (2)) d'évaluer l'impact de la prise en compte de ces phénomènes sur la température de gaine calculée dans les études APRP pour les réacteurs des paliers 1300 MWe et N4, et ce sans attendre les prochains réexamens de sûreté.

2. IMPACT DES PHENOMENES PHYSIQUES LIES AU COMBUSTIBLE SUR LE PALIER N4

Pour répondre à cette demande de l'ASN, EDF a réalisé une étude prenant en compte les phénomènes physiques liés au comportement du combustible, modélisés à l'aide de la méthode CathSBI. Cette étude permet de vérifier le respect du critère de sûreté vis-à-vis du paramètre-cible « pic de température de gaine du crayon chaud ».

Néanmoins, l'IRSN souligne qu'EDF n'a pas réalisé d'étude pénalisant le paramètre-cible « déformation des gaines ».

Or, une déformation élevée des gaines des crayons de combustible conduit à activer les phénomènes physiques redoutés (à savoir le contact entre crayons, l'éclatement de la gaine des crayons par ballonnement et la relocalisation du combustible dans les zones ballonnées provoquant ainsi des points chauds).

De plus, cette étude ne prend pas en compte les demandes que l'ASN avait formulées à la suite de l'expertise de la méthode CathSBI appliquée aux réacteurs du palier 900 MWe (présentées dans les lettres (2) et (3) concernant notamment le conservatisme global de la méthode, ce qui ne permet pas de garantir le caractère enveloppe des résultats affichés.

Enfin, l'applicabilité de la méthode CathSBI aux réacteurs de quatre boucles est en cours d'expertise. Dans ce cadre, de nouvelles réserves ont été récemment mises en exergue. Notamment, l'analyse des transitoires de brèches primaires pour le palier 1300 MWe dans le cadre du RP4 met en évidence le fait qu'une brèche localisée en branche froide ne constitue pas nécessairement le cas pénalisant, contrairement au palier 900 MWe. Il s'agit a priori d'un effet lié aux réacteurs de quatre boucles. Ce constat est donc susceptible de modifier les résultats de l'étude transmise en réponse à la demande D2 pour le palier N4.

3. CONCLUSION

Compte tenu des points présentés ci-dessus, l'IRSN constate que la réponse d'EDF à la demande D2 présente de potentiels sous-conservatismes et estime que cette

étude n'est pas suffisante pour garantir le respect des critères de sûreté.

EDF considère que l'expertise en cours de la méthode CathSBI doit d'abord être finalisée avant d'engager une étude permettant de réévaluer les marges disponibles (prévue à date en 2023). EDF indique que, en fonction des résultats, il définira le besoin d'éventuelles mesures d'améliorations des marges, avec leur calendrier de mise en œuvre en pesant le gain sûreté escompté relativement aux impacts générés.

Afin de statuer sur le respect des critères de sûreté associés à l'étude d'APRP BI du palier N4, **l'IRSN estime nécessaire que l'étude prévue par EDF soit réalisée au plus tôt. Elle devra tenir compte de l'ensemble des demandes de l'ASN relatives à la méthode CathSBI. En cas de marges insuffisantes, EDF devra mettre en place des mesures compensatoires, et ce sans attendre le troisième réexamen périodique du palier N4.**

Réf. (1) Saisine ASN - CODEP-DCN-2021-032555 du 6 juillet 2021.

(2) Lettre ASN - CODEP-DCN-2017-001478 du 12 janvier 2017.

(3) Lettre ASN - CODEP-DCN-2014-032737 du 24 juillet 2014 » [[IRSN, 10/11/21](#)].

Commentaire GSIEN : le respect des critères de sûreté n'est pas garanti à cause de potentiels sous-conservatismes ou autrement dit, de l'absence de marge de sûreté dans la nouvelle méthode utilisée par EDF.

AVIS IRSN N° 2021-00075 - Réacteurs de 1300 MWe du palier P'4 et de 1450 MWe Comportement du dôme des enceintes de confinement en situation d'accident grave

Extraits de l'avis :

« 1.1 CONTEXTE

Pour les réacteurs des paliers 1300 MWe (trains P4 et P'4) et 1450 MWe (N4), la fonction de confinement est notamment assurée par une enceinte à double paroi, constituée de :

- l'enceinte interne, en béton précontraint, qui assure l'étanchéité statique et la résistance mécanique, notamment en cas de pressurisation lors d'un accident ;

- l'enceinte externe, en béton armé, dont l'intrados délimite, avec l'extrados de l'enceinte interne, un volume appelé « espace entre enceintes », au sein duquel les fuites de l'enceinte interne sont collectées puis filtrées par un système de ventilation (EDE) qui maintient cet espace en dépression. Le système EDE complète ainsi le confinement statique assuré par l'étanchéité de l'enceinte interne.

Le dôme des enceintes des réacteurs du train P'4 du palier 1300 MWe et du palier N4 présente la particularité de reposer sur des poutres en béton partant de la partie verticale de l'ouvrage (fût) et reliées entre elles en sous-face du sommet du dôme par une poutre circulaire (clavage central). Lors de la réalisation des enceintes, ces poutres ont servi de coffrage pour le béton du dôme coulé en place.

En situation d'accident avec fusion du cœur (appelée aussi situation d'accident grave (AG)), situation non prise en compte dans la conception initiale de ces réacteurs, la pression et la température dans l'enceinte interne s'élèvent

du fait de l'énergie dégagée sous forme de vapeur pendant la dégradation du cœur en cuve ou du fait de la production de gaz incondensables due à la décomposition du béton par le cœur fondu après la rupture de la cuve. En cas d'élévation rapide de la température dans l'enceinte interne, des comportements thermomécaniques différentiels du dôme et des poutres qui le supportent peuvent conduire à l'ouverture de fissures sur le dôme. En effet, les poutres, qui montent alors en température plus rapidement que le dôme, se dilatent et exercent des efforts sur ce dernier. L'extrados du dôme présente alors des zones qui ne sont plus comprimées par le dispositif de précontraint et au sein desquelles des fissures peuvent s'ouvrir. Des études menées par l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) ont montré que, pour un scénario d'accident grave conduisant à une augmentation rapide de la température dans l'enceinte interne, une fissuration partielle de l'extrados du dôme pourrait apparaître au bout de quelques heures sur une part importante de l'épaisseur de la paroi.

(...)

1.2. ENJEUX DE SURETE

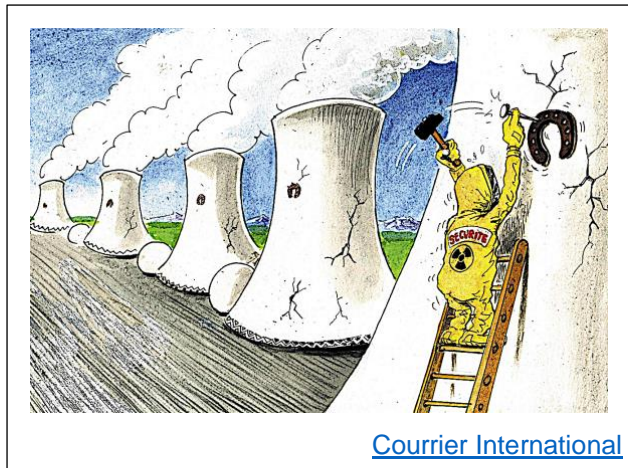
(...) Une augmentation importante du débit de fuite par le dôme pourrait mettre en défaut le fonctionnement du confinement assuré par la double enceinte et l'EDE. Ce mode de défaillance du confinement interviendrait à court terme dans des délais incompatibles avec les délais de mise en œuvre des mesures nécessaires de protection des populations.

(...)

2.2.1. Représentativité de l'enceinte étudiée

En considérant les principaux aspects de la conception et de la réalisation des enceintes, l'IRSN estime que l'étude présentée par EDF du comportement mécanique d'un dôme en accident grave est représentative d'une enceinte des réacteurs du train P'4 du palier 1300 MWe et des réacteurs du palier N4, à l'exclusion des enceintes des réacteurs n° 1 et n° 2 de la centrale nucléaire de Belleville, et du réacteur n° 1 de la centrale nucléaire de Civaux. Ces trois enceintes, considérées comme sensibles du fait de débits de fuite plus importants, sont le siège de déformations différées et de diminutions de la précontrainte de la paroi particulièrement élevées.

(...)



[Courrier International](#)

2.3. IMPACT SUR LES PERFORMANCES FONCTIONNELLES DE L'ENCEINTE INTERNE EN TERMES DE TAUX DE FUITES

En situation d'accident grave, la présence de fissures à l'extrados de la paroi de l'enceinte interne crée des zones de passage préférentiel induisant une forte augmentation de la perméabilité du béton. La fonction d'étanchéité du dôme repose alors essentiellement sur la couche de béton comprimé, située à l'intrados de la paroi. La méthode d'estimation du débit de fuite retenue par EDF consiste à extrapoler le débit de fuite constaté lors des épreuves des enceintes en considérant que, en situation d'accident grave, le débit de fuite augmente, par rapport au débit en épreuve, proportionnellement à la diminution de l'épaisseur de béton comprimé de la paroi. EDF estime que l'augmentation du débit de fuite par le dôme en AG serait au maximum comprise entre 15 % et 30 % du taux de fuite maximal admissible prescrit dans les décrets d'autorisation de création (DAC) des réacteurs du train P'4 du palier 1300 MWe et des réacteurs du palier N4. Pour sa part, en considérant les incertitudes sur l'épaisseur et sur la perméabilité du béton restant comprimé en AG, l'IRSN estime que l'ordre de grandeur de l'accroissement du débit de fuite par le dôme en accident grave pourrait se situer entre 30 % et 80 % du taux de fuite maximal admissible prescrit dans les DAC dès 10 heures après le début du scénario.

L'IRSN considère ainsi que les estimations de débit de fuite par le dôme en accident grave proposées par EDF sont insuffisamment prudentes et qu'elles doivent être accompagnées de provisions pour incertitudes adaptées.

2.4. HYPOTHESES SUR LES PERFORMANCES DU SYSTEME DE VENTILATION DE L'ESPACE ENTRE ENCEINTES

Sur la base des résultats des études et des essais dont ils font actuellement l'objet, EDF considère que ces revêtements **pourraient** rester intègres pendant une durée de quatre jours. Pour l'IRSN, il est nécessaire d'utiliser ces résultats avec prudence et de poursuivre l'analyse sur ce sujet.

(...)

En l'absence de disposition pour limiter le débit de fuite en accident grave avec fissuration du dôme, le risque de rejet direct d'activité dans l'environnement ne peut par conséquent pas être écarté avec un haut niveau de confiance.

2.5. IMPACT SUR LE RISQUE DE COMBUSTION D'HYDROGENE DANS L'ESPACE ENTRE ENCEINTES

Lors de la phase tardive d'un accident grave, l'interaction entre le cœur fondu et le béton peut conduire à la production de grandes quantités de vapeur d'eau, de dioxyde de carbone et de gaz combustibles (hydrogène et monoxyde de carbone). Les fuites à travers la paroi de l'enceinte interne entraînent le transfert des gaz combustibles vers l'espace entre enceintes, lequel est favorisé par la montée en pression dans l'enceinte interne. Des études réalisées par EDF et par l'IRSN montrent que le risque de combustion d'hydrogène dans l'espace entre enceintes n'est pas exclu et que le débit de fuite de l'enceinte interne a un impact significatif sur le délai d'atteinte des conditions d'inflammabilité dans l'espace entre enceintes. Une évaluation réalisée par l'IRSN montre de plus que la dégradation du dôme conduit à un dépassement des conditions d'inflammabilité dans l'espace entre enceintes pour des scénarios pour lesquels l'atmosphère reste non inflammable sans fissuration du dôme, le dépassement des conditions d'inflammabilité pouvant, de manière générale, intervenir précocement.

L'IRSN considère donc que, en l'absence de disposition pour limiter le débit de fuite en accident grave, la fissuration du dôme peut accentuer de manière significative le risque de formation d'une atmosphère explosive dans l'espace entre enceintes pour les réacteurs du train P'4 du palier 1300 MWe et les réacteurs du palier N4.

(...)

2.7. NECESSITE DE DISPOSITIONS DE LIMITATION DE LA FUITE

La fissuration du dôme de l'enceinte interne en cas d'accident grave conduisant à un chargement thermique important, obtenu dans plus de 40 % des situations de fusion du cœur à l'état VD3 1300, constitue une dégradation de l'étanchéité statique de l'enceinte interne, composante essentielle de la fonction de confinement.

(...)

Dans ce même dossier, EDF indique que la pose d'un revêtement d'étanchéité sur l'extrados du dôme permet d'en limiter la fuite, mais représente des travaux de grande ampleur. Un tel revêtement a déjà été posé sur l'extrados complet du dôme du réacteur n° 2 de la centrale nucléaire de Belleville et EDF prévoit une opération similaire sur les dômes du réacteur n° 1 des centrales nucléaires de

Belleville, de Golfech et de Civaux, ainsi que du réacteur n° 3 de la centrale nucléaire de Cattenom.

Néanmoins, à la fin de l'expertise, EDF s'est engagé à poser un revêtement d'étanchéité sur la partie centrale des dômes des onze autres enceintes des réacteurs du train P'4 du palier 1300 MWe et des réacteurs du palier N4, sur une surface minimale de 500 m². Cet engagement figure en annexe.

(...)

3. CONCLUSION

(...)

L'IRSN estime que l'engagement d'EDF de poser un revêtement d'étanchéité à l'extrados du dôme de ces enceintes est satisfaisant du point de vue de la sûreté.

(...)

ANNEXE - Engagement principal de l'exploitant

Ces travaux seront soldés au plus tard d'ici fin 2030 compte tenu des contraintes industrielles de mise en œuvre » [IRSN, 7/05/21].

Commentaire et analyse GSIEN : le revêtement posé, sera-t-il efficace le jour de l'accident ? Sachant que : « **les revêtements se doivent de tenir à la sous-pression (notamment lorsque l'enceinte est sous pression), les risques de fuites par contournement des zones revêtues sont élevés** », selon un [doc interne d'EDF](#).

Mais pourquoi ce risque de fuites au niveau du dôme des enceintes de type P'4 et N4 n'apparaît-il qu'aujourd'hui ? Tout simplement parce que le scénario d'accident grave retenu par l'IRSN va au-delà des conditions de dimensionnement en pression et en température dans l'enceinte, soit respectivement 5,2 bar (P'4) et 5,3 bar (N4) pour 140°C de température maximale (tous paliers).

Ce qui n'est pas mentionné dans l'avis, c'est que « pour cette étude, EDF retient des profils de montée très rapide en pression et température jusqu'à respectivement 5 bar et 140°C, avant l'atteinte progressive d'un pic à 6 bar et 155°C à 24 heures, puis une décroissance lente pour revenir à 5 bar et 140°C à 14 jours [Cf. figure 1]. Sur la base de sa propre connaissance de la variété des conditions d'accidents graves, l'IRSN a jugé ces profils « raisonnablement enveloppes » des conditions d'accident grave au niveau des dômes des réacteurs des paliers P'4 et N4 », comme l'IRSN l'a confié au GSIEN (1).

En début d'année, nous avons questionné l'IRSN sur l'évolution de certains paramètres en conditions accidentelles retenus par EDF :

- Évolution de la pression et de la température enceinte dans le temps à partir de l'ouverture de la brèche ;
- Évolution de la température du gainage afin de situer le début de la phase d'oxydation et de son emballement ;
- Taux de gaines oxydées ;
- Quantité d'hydrogène produite lors de la phase d'oxydation du zirconium ;
- Évolution de la température du combustible dans le temps avec l'estimation du début de fusion et de sa relocalisation ;
- Taux de fusion du cœur ;
- Quantité d'hydrogène produite lors de l'interaction corium/béton.

Seule la première interrogation a reçu réponse ce qui est déjà un grand pas de fait par EDF pour enfin envisager

l'impact d'un accident hors dimensionnement dans une de ses centrales.

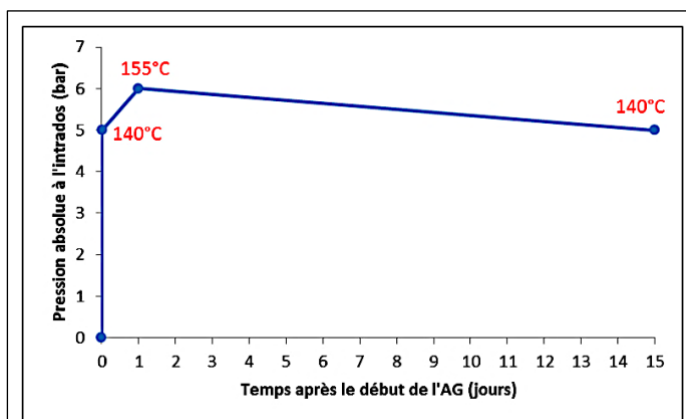


Figure 1 - Chargement thermique et en pression considéré par EDF lors de l'accident grave

Source, IRSN (2)

Nous avons donc questionné à nouveau l'IRSN pour tenter d'obtenir les réponses sur le comportement du combustible lors de l'accident. L'Institut a alors proposé au GSIEN une réunion téléphonique (24/02/22) pour échanger sur le sujet. En amont de cette réunion, l'IRSN a fait parvenir au GSIEN un « mémo support » d'où est extraite la figure ci-dessus qui rappelle le chargement de l'enceinte en situation d'accidents graves retenu par EDF.

Pour cette réunion téléphonique, l'IRSN avait mobilisé la "grosse artillerie" :

- Didier Vola, responsable du service des accidents majeurs,
- Frédérique Pichereau, adjointe au directeur de l'expertise de sûreté,
- Karine Herviou, directrice générale adjointe chargée du pôle sûreté nucléaire,
- Véronique Leroyer, chargée de mission ouverture à la Société.

Le GSIEN voulait évaluer le risque d'explosion d'hydrogène dans l'enceinte de confinement, un risque identifié par l'IRSN dans l'espace entre les deux enceintes. Comme l'hydrogène est émise dans le cœur pendant les premières heures de l'accident lors de la phase d'oxydation du zirconium des gaines (en présence de vapeur d'eau), l'hydrogène va se répandre dans l'enceinte interne avant d'atteindre l'espace entre enceinte. Connaitre le taux d'oxydation des gaines du combustible et la quantité d'hydrogène produite dans le temps nous semblait intéressant afin d'estimer le risque de combustion, voire d'explosion, dans l'enceinte au début du transitoire accidentel. De manière rassurante, l'IRSN a déclaré prendre en compte ce risque et a donné des explications très techniques au GSIEN, sur les cinétiques de production d'hydrogène dans le cœur et de recombinaison de cet hydrogène par les Recombineurs autocatalytiques passifs, dits RAP. Sans donner le moindre chiffre sur la quantité d'hydrogène produite dans le temps en regard des capacités de recombinaison des RAP.

Nous avons alors cité en exemple des estimations de production d'hydrogène d'un réacteur de 1300 MWe. Elles seraient de l'ordre de 300 à 900 kg lors des deux premières heures après le début l'accident (Cf. [figure 2](#)), selon les

divers scénarii accidentels retenus par EDF dans un document interne. Concernant le « *Risque de déflagration rapide* », EDF note :

« *Le dimensionnement du système de RAP permet de limiter la quantité globale d'hydrogène dans l'enceinte, évitant ainsi la perte de confinement par combustion laminaire d'H₂.*

La considération de la masse totale n'est cependant pas suffisante, car le risque de perte de confinement est aussi lié à l'occurrence de phénomène dynamique tels l'accélération de flamme, voire transition déflagration-détonation, dus à la présence éventuelle de poche à forte concentration d'hydrogène.

La cinétique de production de l'ordre de (1000 à 10 000 kg/h) étant bien plus importante que la cinétique de recombinaison d'H₂ (de l'ordre de 100 kg/h), l'apparition de telles poches pendant le pic de production est inévitable.

Après le pic de production, un brassage par EAS, ou par convection naturelle (moins efficace), de l'atmosphère de l'enceinte, permet de réduire les gradients de concentration en moins d'une heure.

Cependant, tant que l'atmosphère n'est pas homogénéisée, le risque de combustion rapide d'hydrogène demeure » (3).

En clair le risque d'explosion d'hydrogène dans l'enceinte de confinement est possible comme l'a convenu l'IRSN lors de la réunion téléphonique du 24 février. En fonction de l'énergie dégagée par la *combustion rapide d'hydrogène*, une surpression de l'enceinte est inévitable ce qui peut conduire à sa ruine.

Lors d'un « *Accident de fusion du cœur* », l'IRSN a étudié le « *Comportement mécanique des enceintes* » à simple paroi des tranches de 900 MWe : « *la valeur de la pression limite conduisant à la défaillance du confinement est de l'ordre de 10 bars absolus (2 fois la pression de dimensionnement de l'enceinte de confinement)* » [IRSN, 2013 (Cf. § 6.3.2.3.2)]. Ce même rapport de l'IRSN, par contre, ne donnait aucune valeur quant au comportement des enceintes à double paroi

équipant les tranches de 1300 et de 1500 MWe en cas d'accident grave. Le GSIEN a donc demandé à l'IRSN qu'elle serait, à son avis, la tenue ultime d'une enceinte à double paroi. Réponse : « 6 à 7 bar »...

Réf. (1) Réponse de l'IRSN à la demande d'informations du GSIEN sur l'avis sur le comportement du dôme des enceintes de confinement des réacteurs du palier P'4 et du palier N4 (avis 2001-00075 du 7 mai 2021) - Janvier 2022

(2) Mémo support à la réunion d'échanges techniques entre le GSIEN et l'IRSN du 24/2/2022

(3) Trousse à outils papier pour le palier N4 - Risque hydrogène - EDF, 28/11/2007

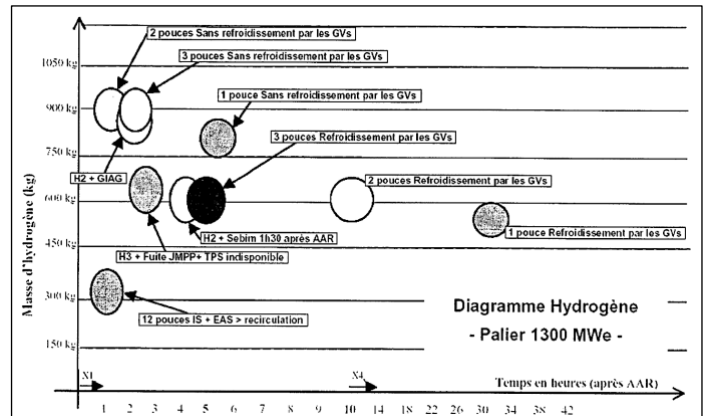


Figure 2 - Masses d'hydrogène produites par type de scénario pour le palier 1300 MWe

Légende

Le « pouce » (2,54 cm) représente le diamètre de la brèche lors d'un accident de perte de réfrigérant primaire
H2 : perte totale de l'eau alimentaire des GV
H3 : perte **totale** des alimentations électriques

Source, EDF (3)

L'article suivant aurait pu avoir sa place dans la rubrique histoire car il fait le point sur les questions en suspens que se pose l'IRSN sur les rejets radioactifs de la centrale de Saint-Laurent-des-Eaux A en 1980. En effet, le GSIEN a été contacté par un chercheur associé au laboratoire Environnement Ville et Société (EVS, UMR 5600) qui travaille pour l'IRSN sur le REX des accidents de Saint-Laurent-des-Eaux de 1969 et 1980. Il cherche à en savoir plus sur les travaux du GSIEN concernant ces accidents et les questions qui demeurent encore sans réponse. Cette demande fait suite à l'article paru dans la [Gazette n° 293](#) sur les rejets d'émetteurs alpha dans la Loire.

La politique du mensonge et la centrale nucléaire de Saint Laurent des Eaux

Michel Brun, Vice-Président du GSIEN (septembre 2022)

Introduction

Canal + a diffusé un reportage : "Nucléaire, la politique du mensonge" (Spécial Investigation, mai 2015). Cette enquête avait mis en lumière les rejets radioactifs de plutonium du site nucléaire de Saint Laurent des Eaux consécutifs à des accidents de fusion (en 1969 et en 1980) sur les deux réacteurs les plus anciens. Des rejets qu'EDF aurait préféré continuer d'oublier. Le journaliste soulignait que la direction d'EDF n'avait pas souhaité répondre à ses questions.

Comme il y avait eu quelques grincements de dents au sein du monde politique, l'Institut de radioprotection et de sûreté

nucléaire (IRSN) s'était fendu d'une note d'information afin de démentir une partie des informations de Canal +. L'IRSN rappelait la **communication officielle de l'année 1980** : « *Jusqu'en 1994, la surveillance du territoire était réalisée par le Service central de protection contre les rayonnements ionisants (SCPRI). Les relevés mensuels de mesures du SCPRI mentionnent uniquement pour mars 1980 : "Rejet anormal d'une faible quantité de radioéléments dans une centrale"* ».

Toutefois, l'IRSN reconnaissait la contamination de la Loire par du plutonium en 1980 « estimée à un GBq de radioéléments émetteurs alpha » sans l'associer pour autant à l'accident de fusion de combustible. L'IRSN ne

mentionnait aucune infraction à la réglementation mais soulignait au contraire les valeurs d'activités pour les rejets radioactifs gazeux « *inférieures aux autorisations de rejets en vigueur à l'époque* » [1].

Le reportage de *Spécial investigation* mettait en exergue les rejets prohibés de plutonium dans la Loire, des rejets liquides assumés par Marcel Boiteux l'ancien PDG d'EDF. Pourtant, deux jours après la diffusion de l'émission, selon le site Internet de la Nouvelle République, « **la centrale a indiqué par l'intermédiaire de son service communication : "avoir respecté les limites réglementaires d'autorisation de rejet de l'époque, fixées par l'arrêté ministériel de juin 1979"** » [2]. Tentons de voir si le service communication d'EDF avait fait preuve de la transparence tant vantée par l'entreprise ou si la politique du mensonge était toujours de mise même après le reportage de Canal +.

Un peu d'histoire

En 1969, la centrale de type UNGG (Uranium naturel graphite gaz) a connu un accident de fusion de combustible : 50 kg d'uranium ont fondu dans le réacteur de la tranche 1 de Saint Laurent A. Après les travaux de réparation, quelques kilogrammes de combustible restèrent disséminés dans le circuit primaire, occasionnant une contamination chronique de toute l'installation.

Puis en 1980, un autre accident s'est produit entraînant la fusion de 20 kg de combustible sur la tranche 2. Si 18 kg ont pu être récupérés petit à petit et difficilement, les 2 kg restants, appelés pudiquement *déficit de matière*, ont contaminé durablement le circuit primaire ainsi que les circuits annexes. Trois ans et demi de travaux seront nécessaires pour remettre en état le réacteur.

L'année 1980 a été également marquée par deux incidents qui ont eux aussi dispersé de la matière nucléaire dans les installations :

- Une montée de puissance trop rapide du réacteur n° 1 a conduit à des températures excessives provoquant de multiples *ruptures de gaine*, les enveloppes protégeant les barreaux d'uranium.
- L'explosion dans la piscine de refroidissement du combustible de la tranche 2 d'un conteneur renfermant un barreau d'uranium en rupture de gaine.

Tous ces problèmes sur le combustible nucléaire ont disséminé massivement des produits de fission (iode, césium, etc.) et des transuraniens tel le plutonium et l'américium. Ces derniers sont désignés par le terme "émetteur alpha". En fonctionnement normal une centrale procède à des rejets de radioactivité soit par voie liquide soit par voie gazeuse. Ces rejets se nomment : *effluents liquides* et *effluents gazeux*. La centrale n'a pas d'autre choix que de réaliser ces rejets radioactifs. Ils sont inévitables. Même lorsque la centrale ne fonctionne plus. Bien sûr, avec une politique volontariste de réduction des rejets et des moyens financiers, on peut en limiter leur volume et leur activité. Certes, cela augmente la quantité de déchets radioactifs (filtres, boues d'évaporation, etc.) à stocker pour l'éternité. C'est ce qu'on fait en partie les industriels de l'atome : hormis dans le cas du tritium, les rejets radioactifs d'aujourd'hui sont bien moindres que ceux des débuts de l'aventure atomique. En fonctionnement normal. Mais à

Saint Laurent, l'année 1980 n'a pas été normale... et la politique de réduction des rejets n'était pas encore née. C'est en toute impunité et au mépris de la réglementation qu'EDF, pendant des années, a contaminé la Loire avec ses rejets radioactifs liquides chargés, entres autres, de plutonium [3]. Correctement traités avant rejets (sur évaporateur par exemple), ces effluents auraient généré des déchets radioactifs à vie longue qu'il aurait bien fallu gérer. Envoyer de tel déchets nucléaires dans la Loire permettait leur "élimination" définitive...

Du flou dans les rejets radioactifs gazeux

Curieusement, dans sa note du 18 mai 2015, l'IRSN communique sur la **limite annuelle** à ne pas dépasser en 1980 pour les *rejets gazeux* : « **7,4 GBq/an d'iodes et aérosols** » [1]. Aucune référence à la limite annuelle concernant les rejets liquides en général et les émetteurs alpha en particulier qui sont à l'origine de la contamination de la Loire. Penchons-nous tout de même sur ces rejets gazeux.

Le « *Rapport d'activité 1980* » de la « *Centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-eaux "A"* » mentionne une activité de « *201,6 mCi* » (milli curie) pour les « *rejets d'effluents radioactifs gazeux* » [4] en *aérosols* et *halogènes*. Les aérosols sont de fines poussières radioactives qui se comportent comme des gaz ; les halogènes correspondent aux iodes radioactifs. Convertis en unité légale, *201,6 mCi* représente **7,46 GBq** : **la limite réglementaire n'a donc pas été respectée**. De peu certes, à 60 MBq près. Dans son rapport annuel, EDF justifie ces rejets gazeux importants par un changement de la méthode de comptabilisation des rejets imposé par la SCPRI. L'activité des rejets gazeux réels auraient donc été plus faible que l'activité déclarée.

Un coup d'œil sur l'« *Autorisation de rejets d'effluents radioactifs gazeux* » du 27 juin 1979 permet de confirmer l'infraction : « *0,2 curie pour les halogènes gazeux et les aérosols* » [5] comme limite annuelle, soit 200 mCi. Pour 201,6 mCi renseignés par EDF dans son rapport interne : la limite réglementaire fixée par l'arrêté ministériel est de fait franchie.

Arrêté ministériel du 27 juin 1979 (Article 2)

Limites annuelles des rejets.

L'activité annuelle des effluents radioactifs gazeux rejetés par la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux (tranches A1 et A2) ne doit pas dépasser :

8 kilocuries pour les gaz ;
0,2 curie pour les halogènes gazeux et les aérosols.

Ces rejets gazeux ne doivent en aucun cas ajouter d'émetteurs alpha à l'environnement.

D'autre part, une analyse croisée entre les chiffres de l'IRSN et d'EDF pose question. En effet, dans sa note, l'IRSN évoque une activité rejetée lors de la semaine du « *22 au 26 mars* » de « *0,37 GBq en iodes et aérosols* » [1] pour la tranche 2 accidentée. Pourtant dans son rapport d'activité de 1980, EDF ne déclare que 0,192 GBq (« *5,2 mCi* » [4]) en aérosols et halogènes (iodes) pour *tout* le mois de mars et pour les deux tranches...

Pour les rejets gazeux, nous avons donc :

- Un dépassement de la limite réglementaire fixée par l'arrêté ministériel de juin 1979,

- Une déclaration d'EDF à la presse prétendant le contraire,
- Un changement de méthode de comptabilisation d'août à décembre 1980 (avec un retour à l'ancienne méthode dès le 1^{er} janvier 1981...),
- Un écart de déclaration des activités radioactives rejetées en mars entre EDF (1980) et l'IRSN (2015).

On ne peut que constater un certain flou dans ces rejets gazeux. Et comme disent les Ch'ti, *quand il y a du flou, c'est qu'il y a un loup*.

Rejets radioactifs liquides : non-respect de la limite réglementaire

Suite au reportage de Canal +, rappelons qu'EDF a affirmé « avoir respecté les limites réglementaires d'autorisation de rejet de l'époque » [2]. Une affirmation pour le moins baroque à la lecture du rapport d'activité de l'époque. En effet, le rapport 1980 de la centrale souligne le dépassement flagrant relatif aux rejets radioactifs liquides : « **L'activité globale hors tritium rejetée a été de 11 Ci [407 GBq] en 1980. (...) L'arrêté de juin 1979 prévoyant une limitation d'activité rejetée de 8 Ci/an, nous avons sollicité et obtenu du SCPRI, début novembre, la possibilité de rejeter une activité maximale de 12 Ci pour 1980** » [6].

Avec 8,069 Ci d'activité cumulée depuis le début d'année 1980, c'est en fait dès le 24 octobre que la limite annuelle a été réellement dépassée (Cf. tableau en fin d'article). Et c'est le jour même qu'une « autorisation exceptionnelle [de] 12 Curies » a été accordée par le Professeur Pellerin du SCPRI [7].

La vérification de l'« **Autorisation de rejets d'effluents radioactifs liquides** » de juin 1979 [5] confirme le dépassement de la limite réglementaire.

Arrêté ministériel du 27 juin 1979 (Article 2)

Limites annuelles des rejets.

L'activité annuelle des effluents radioactifs liquides rejetés par la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux (tranches A1 et A2) ne doit pas dépasser :

8 curies pour les radioéléments autres que le tritium, le potassium 40 et le radium ;
1 kilocurie pour le tritium.

En 2015, ni EDF ni l'IRSN n'ont évoqué cette infraction à la réglementation. Un oubli ?

La baguette magique d'EDF

Un petit tour de passe-passe a permis à l'exploitant de masquer de façon quasi parfaite pendant plusieurs décennies ces dépassements de limites réglementaires : l'arrivée inopinée du nouvel arrêté de rejet en prévision du démarrage des deux tranches PWR (Pressurized water reactor) : Saint Laurent B1 et B2. C'est le 13 décembre que l'arrêté du 5 décembre est paru au Journal officiel [8] et, alors que les nouveaux réacteurs ne seront démarrés qu'en 1981, les autorisations de rejets augmentent :

- 30 Ci pour les effluents liquides (hors tritium) au lieu de 8,
- 1,5 Ci pour les effluents gazeux (hors gaz rares) au lieu de 0,2.

C'est ainsi que dans les tableaux récapitulants les rejets radioactifs du rapport interne de 1980, les rejets annuels de deux réacteurs ont été comparés à des autorisations de

rejets dimensionnés pour quatre réacteurs. Les dépassements des limites réglementaires de l'époque, fixées par l'arrêté ministériel de juin 1979, ont pu ainsi être parfaitement dissimulés.

Rejets radioactifs, troisième infraction

La nouvelle autorisation de rejets radioactifs a donc été applicable du 13 au 31 décembre 1980. Mais a-t-elle été respectée ? Pas vraiment car elle interdisait formellement la présence d'émetteurs alpha dans les effluents radioactifs liquides, comme le plutonium qui a fait couler beaucoup d'encre après la parution de l'enquête de Canal +. **En fin d'année 1980, EDF a rejeté dans la Loire, sans autorisation ni dérogation, 41,4 MBq d'émetteurs alpha** (Cf. tableau ci-après), selon une note d'étude de l'entreprise sur les « possibilités de réduction de l'activité des effluents liquides rejetés par la centrale de St-Laurent A » : « **cette étude permet de proposer des solutions de modification des installations existantes pour les rendre conformes à la législation** » [9]. Un autre oubli de l'IRSN et des communicants d'EDF ?

Centrale nucléaire de Saint Laurent des eaux Effluents radioactifs liquides Activité alpha rejetée après la publication de l'arrêté du 5 décembre 1980			
Date	Volume m ³	Alpha volumique 10 ⁻⁶ Ci/m ³	Alpha total Bq
25/12/1980	155	5	2,87E+7
26/12/1980	150	2,3	1,28E+7
Activité alpha totale			4,14E+7

Conclusion

En 1980 la *limite réglementaire* a été allègrement dépassée pour l'activité globale (hors tritium) des rejets liquides (11 Ci pour 8 Ci autorisés) soit 111 GBq de plus.

Pour les rejets gazeux la limite annuelle est également franchie pour les iodures et les aérosols même si le dépassement est relativement faible.

Des rejets liquides d'émetteurs alpha pourtant strictement interdits dès la fin d'année ont eu lieu. Ils ont perduré pendant plus de quatre ans, en toute illégalité.

L'IRSN peut alors communiquer gentiment sur le respect de la limite hebdomadaire des rejets gazeux du 22 au 26 mars 1980 en "oubliant" de citer les dépassements flagrants des *autorisations de rejets en vigueur à l'époque*, principalement pour les effluents liquides radioactifs. **Les habitudes de dissimulation de mises dans la doxa atomique auraient-elles contaminé l'IRSN ?**

Et que penser d'EDF qui prétend *avoir respecté les limites réglementaires d'autorisation de rejet* alors qu'aucun des trois arrêtés de rejets n'a été respecté en 1980 ? **La politique du mensonge ne serait-elle pas toujours d'actualité ?**

Références

[1] Note d'information sur les accidents ayant affecté les réacteurs nucléaires du site de Saint-Laurent-des-Eaux en 1969 et en 1980 – [IRSN, 18 mai 2005](#)

[2] Du plutonium rejeté dans la Loire il y a 35 ans – La Nouvelle république, 06/05/2015 ([mis à jour 27/04/2017](#))

[3] Rejets délibérés de plutonium dans la Loire – [GSIEN, 2020](#)

[4] EDF – GRPT Centre – Centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-eaux A – Rapport d'activité 1980

[5] Autorisation de rejet d'effluents radioactifs liquides par la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux (tranches A1 et A2) – Arrêté ministériel du 27 juin 1979 – Journal officiel du 5 juillet 1979

[6] EDF – GRPT Centre – Centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-eaux A – Rapport d'activité 1980

[7] Téléx n° 33591 du 24 octobre 1980 du Directeur du SCPRI (Pr Pellerin) adressé au Chef de la centrale de Saint Laurent des Eaux (Mr Leblond)

[8] Autorisation de rejet d'effluents radioactifs liquides par la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux (tranches A1, A2, B1 et B2) – Arrêté ministériel du 5 décembre 1980 – Journal officiel du 13 décembre 1980

[9] Effluents liquides de la centrale de St-Laurent A – EDF DSRE, 26 décembre 1980



Changement climatique + Dissémination des déchets nucléaires = Extinction de micro-organismes Ce sont nos ancêtres que nous assassinons !!!

Par Abraham BEHAR

Médecine & guerre nucléaire - Volume 34 n° 4 - Décembre 2019

Il y a environ 2 millions d'espèces vivantes (végétales et animales) sur notre planète. **UN MILLION DE CELLES-CI SONT MENACÉES D'EXTINCTION.** C'est ce que l'on appelle la perte de la **biodiversité**.

Cette question est largement présente dans l'opinion publique, mais elle est surtout focalisée sur les grands animaux, comme la baleine et le rhinocéros. Une évolution récente a permis la prise de conscience de la diminution des insectes, en particulier des abeilles. Mais pas un mot sur la perte de biodiversité des microbes et plus généralement des micro-organismes. Pourtant, ils sont les plus menacés. Ils constituent **90% de la biomasse**. Ce sont les **micro-organismes** qui ont fait naître la vie sur terre ; ils sont nos ancêtres et nous n'en faisons aucun cas.

En contraste avec ce désintérêt de l'opinion publique, l'alerte est donnée dans le monde scientifique, et la première prise de conscience est liée aux **effets du changement climatique** sur les micro-organismes.

Centrale de Saint Laurent des Eaux Chronique des rejets radioactifs liquides (année 1980) - Volumes des rejets et activités bêta totale (hors tritium)

Date	Volume rejeté (m3)	Activité bêta totale		
		Moyenne (mCi/m3)	Rejetée (mCi)	Cumulée (Ci)
19-févr	230	1,64	377,2	0,377
04-mars	80	1,81	144,8	0,522
10-mars	44	2,21	97,24	0,619
19-mars	170	5	850	1,469
24-mars	50	0,98	49	1,518
25-mars	60	0,13	7,8	1,526
04-avr	190	0,99	188,1	1,714
15-avr	190	0,51	96,9	1,811
07-mai	150	1,8	270	2,081
27-mai	190	0,91	172,9	2,254
11-juin	175	3,55	621,25	2,875
19-juin	190	2,6	494	3,369
08-juil	190	1,7	323	3,692
16-juil	110	2,4	264	3,956
18-juil	180	3,3	594	4,550
24-juil	190	2	380	4,930
29-juil	35	2,71	94,85	5,025
31-juil	225	3,6	810	5,835
09-août	200	3	600	6,435
25-août	190	4,8	912	7,347
03-oct	170	3,1	527	7,874
24-oct	195	1	195	8,069
04-nov	190	6,5	1235	9,304
28-nov	195	2	390	9,694
10-déc	200	4	800	10,494
25-déc	155	2,1	325,5	10,820
26-déc	150	1,3	195	11,015

Une mise au point a été faite en 2019 par un collectif de scientifiques autour de Ricardo Cavicchioli (1) : Dans leur étude, ils ont privilégié 2 incidences majeures de l'activité des micro-organismes : il s'agit de leur rôle dans le cycle du carbone et dans la fixation des nitrates.

Dans les mers, deux répercussions majeures du changement climatique sur les activités biologiques des microbes sont soulignées : l'acidification des océans et la raréfaction des ressources alimentaires halieutiques.

Dans les terres, la rupture d'équilibre entre les espèces de microorganismes, en particulier entre germes aérobies et anaérobies, entraîne un changement profond dans la sécrétion d'enzymes au sein de la terre, et une perte du pouvoir microbien à rompre le lien minéral/organique du carbone. Résultat, un rejet massif de dioxyde de carbone, un recul de la digestion des protéines, et la production accrue de toxiques.

L'**agriculture moderne** est montrée du doigt pour une double agression sur les microorganismes : par l'élevage avec un doublement de la production de méthane, et par l'agriculture intensive et l'augmentation massive des fertilisants entraînant un excès d'oxyde d'azote.

Mais il existe un **deuxième danger majeur** pour les microorganismes : **les déchets nucléaires**. Ce sont les essais nucléaires et la folie excavatrice de l'uranium qui furent les premiers facteurs de dissémination des radionucléides, dans des zones sinistrées comme l'Oural avec la catastrophe de Mayak et la contamination pérenne de la rivière Tetcha, l'Arizona et l'Australie, les îles Marshall et le Sahara algérien, etc... Les catastrophes nucléaires civiles ont pris le relais.

Les radiations sont mortifères pour les microorganismes

Ceci n'est pas une constatation nouvelle : on utilise depuis longtemps les rayons gamma pour stériliser, par exemple les aliments. De nombreuses protestations se sont élevées à propos du risque sanitaire et de la qualité des aliments, mais quasiment aucune sur la sélection microbienne qui en résulte. Or, A.R. Brown et al (2) rappellent que 90% de la population microbienne disparaît et ne survivent que les microorganismes radio résistants. Jusqu'à ce jour, seules les souches de microorganismes radio résistants ont intéressé les chercheurs. C'est le cas de K. Pedersen (3) à propos des microorganismes survivants et de leurs rôles dans le transfert d'uranium. De même, la thèse de N. Théorakopoulos (4) étudie la survie des bactéries telluriques dans la zone d'exclusion de Tchernobyl (tranchée T22) uniquement pour leur capacité de détoxification active.

Les radiations agissent non seulement sur la quantité de microbes, mais aussi sur leurs propriétés. Elles s'attaquent directement à leur diversité.

C'est la question du micro biote, que tout animal supérieur a dans son intestin, qui a attiré en premier l'attention. Nous savons combien la flore intestinale est vitale pour nous humains. A. Lavrinienko (5) a étudié cette question sur les campagnols survivants dans la zone interdite de Tchernobyl, durement affectés par le changement de nature de leur microbiote altéré par la radioactivité chronique.

Voilà les 90% !!!

Enfin les chercheurs se sont intéressés au plus grand nombre, à ceux qui sont massivement candidat à l'extinction, à ceux qui sont les fameux 90% potentiels susceptibles d'être éliminés par les radiations.

Pour se faire, Z. Zhu (6) s'est intéressé au devenir des terrains pollués autour des mines d'uranium en activité ou abandonnées du nord-ouest de la Chine. On y retrouve bien sûr de l'uranium appauvri et du radon, mais le déchet le plus fréquent est l'oxyde de thorium, surtout dans les zones agricoles. Le thorium 232 a une durée de vie millénaire et existe depuis la création du monde.

Il a comparé 3 échantillons de terre avec 0 mg/Kg d'oxyde de thorium (T1), avec 60 mg/Kg de ²³²Th (T2), et avec 100 mg/Kg de thorium (T3), c'est à dire avec une pollution très modérée.

Il a retenu 2 grandeurs qualitatives : *l'activité enzymatique et la diversité microbienne*.

Les résultats sont les suivants :

Voici deux exemples d'enzymes :

Activité enzymatique	T1	T2	T3
Uréase	11.4	6.7	2.4
Phosphatase	213	142	94
Diff. Significative		oui***	oui ***

1) l'activité enzymatique des microbes telluriques chute en fonction de la teneur en thorium. Cette activité varie selon les substrats, et est mesurée par un index spécifique pour chaque enzyme.

Ce résultat est hautement significatif et confirme la proportionnalité avec la présence de thorium.

2) la diversité microbienne est analysée en utilisant 3 index : l'index Shannon-Wiener (ISW), qui mesure la part de chaque espèce dans le collectif microbien ; l'index de diversité qui mesure la variété des souches microbiennes ; enfin l'index qui mesure la richesse en espèces.

Ces index diminuent avec la pollution :

	T1	T2	T3
ISW	2.16	1.93	1.75*
Diversité	0.9	0.88	0.79*
Richesse	11.5	8.5	7.5*
Diff. Significative		non	* oui : T1/T3

L'impact du thorium sur ces paramètres, activité enzymatique, diversité et richesse est indiscutable et proportionnel à la dose de ce radionucléide dans le terrain.

Partout où s'accumulent des déchets nucléaires, à vie longue comme les stériles des mines d'uranium ou le plutonium des essais nucléaires, ou à vie plus courte émis lors des essais ou par les accidents du nucléaire civil, c'est le monde des microorganismes qui paie un lourd tribut. Plus les déchets nucléaires militaires et civils augmentent, plus leur dissémination de par le monde s'accroît, plus le monde des microorganismes, déjà éprouvé par le changement climatique, est dramatiquement exposé.

La diminution de la biodiversité, deuxième sujet d'inquiétude pour notre monde, est grandement liée à l'activité humaine. La responsabilité est totale pour les déchets nucléaires comme facteur de causalité pour l'extinction d'espèces dans le monde des microorganismes qui ont joué un rôle décisif pour la naissance du vivant sur la terre.

Nous leur devons la vie, les exterminer c'est aussi nous suicider.

Bibliographie

(1) R. Cavicchioli *et al*, Scientists'warning to humanity; microorganisms and climate change, Nature rev Microb 17, 569-586, 2019

(2) A.R. Brown *et al*, The Impact of Gamma Radiation on Sediment Microbial Processes, Appl Environ Microbiol, 81(12), 4014-4025, 2015

(3) K. Pedersen, Microbial processes in radioactive waste disposal, Svensk Karnbranslehantering AB Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co Box 5864 102 40 Stockholm, technical report, avril 2000

(4) N. Théodorakopoulos, Analyse de la biodiversité bactérienne d'un sol contaminé de la zone d'exclusion de Tchernobyl et caractérisation de l'interaction engagée par une souche de Microbacterium avec l'uranium, thèse Université Aix-Marseille avril 2013

(5) A. Lavrinienko *et al*, Environmental radiation alters the gut microbiome of the bank vole (campagnol) *Myodes glareolus*, ISME J., 2801–2806, 2018 |

(6) Z. Zhu, Effects of thorium on paddy soil enzymes and microbial diversity, Radioprotection, 54, (3), 219/224, 2019

Actualités

Le nucléaire et le changement climatique

« Peut-on être antinucléaire en 2022 alors que la crise énergétique est à son apogée ? Emmanuel Macron a en tout cas décidé de relancer la filière nucléaire, à savoir la prolongation des centrales existantes, la construction de nouveaux réacteurs et de nouveaux EPR. Son argument principal est : Le nucléaire ne produit pas de gaz à effet de serre, donc c'est bon pour le climat.

Le nucléaire n'est pas bon pour le climat

Hervé Kempf

Étrange obsession française : parier sur une énergie devenue marginale dans le monde, plus coûteuse que les énergies renouvelables, et créant des risques incommensurables. Mais le nucléaire n'est pas seulement le signe de la faillite de la classe dirigeante du pays. Il exprime une vision du monde dépassée, rêvant d'une croissance sans limite et permettant de maintenir un ordre inégal et autoritaire. Face au climat, il nous faut repasser par la raison : les voies de l'avenir sont une économie vraiment sobre et reposant sur les énergies renouvelables.

SeuilLibelle

Pour Hervé Kempf, cela n'est rien d'autre que du "sophisme nucléaire" et le produit d'une propagande nucléariste issue de la classe dirigeante française. Selon lui, la question de la sûreté n'est pas assez posée en France, comme si le risque d'un accident grave n'existait pas » [\[Radio France\]](#).

« Étrange obsession française : parier sur une énergie devenue marginale dans le monde, plus coûteuse que les énergies renouvelables, et créant des risques incommensurables. Mais le nucléaire n'est pas seulement le signe de la faillite de la classe dirigeante du pays. Il exprime une vision du monde dépassée, rêvant d'une croissance sans limite et permettant de maintenir un ordre inégal et autoritaire. Face au climat, il nous faut repasser par la raison : les voies de l'avenir sont une économie vraiment sobre et reposant sur les énergies renouvelables » [\[Seuil\]](#).

Le Nucléaire n'est pas bon pour le climat, par Hervé Kempf, Seuil Libelle, 60 p (2022).

En accès libre sur le site de [Reporterre](#).

Tribune : La relance du nucléaire ? Surtout pas

Tribune du CAN-Ouest, 12 novembre 2022

77 ans après les bombardements d'Hiroshima et Nagasaki, 36 ans après la catastrophe de Tchernobyl et 11 ans après celle de Fukushima, alors que la menace grandit autour de la centrale de Zaporijjia en Ukraine, faisant craindre le pire pour l'Europe, nous réaffirmons collectivement que :

La relance du nucléaire ? Surtout pas 6 bonnes raisons

Trop risqué

La guerre en Ukraine, pays nucléarisé démontre les risques immenses que font courir les centrales nucléaires. Elles

deviennent des armes, des buts de guerre et des cibles. Tchernobyl et Fukushima ont aussi malheureusement démontré que le risque de catastrophe est avéré et les conséquences incommensurables en font une énergie inacceptable à tout point de vue. En France, à au moins 3 reprises, la catastrophe a été frôlée (St Laurent des Eaux 1969 et 1980, Blayais décembre 1999). Construire à nouveau des réacteurs c'est repartir pour 60 ans de risque.

Trop tard

Le dérèglement climatique est là : c'est maintenant qu'il faut mettre en œuvre les mesures pour diminuer les gaz à effet de serre. Pas dans 10 ou 20 ans. Or le temps de construction d'un réacteur EPR est au moins 10 ans et dans le cas de Flamanville, il a déjà dépassé les 15 ans ; pour Olkiluoto en Finlande, cela a pris 17 ans pour un réacteur qui ne marche pas vraiment. Le président Macron a reconnu que la mise en service de nouveaux réacteurs ne pouvait pas se faire au mieux avant 2035. La conception de l'EPR étant à revoir d'après l'IRSN et la CRIIRAD, elle ne serait pas envisageable avant 2045. Si l'on fait le bilan carbone de l'énergie nucléaire de l'extraction de l'uranium jusqu'au démantèlement, en passant par la construction du réacteur ce n'est pas une énergie décarbonée comme l'industrie nucléaire veut le faire croire. Les réacteurs actuels ont été conçus pour une durée initiale de 30 ans. Or 51 sur 56 réacteurs ont dépassé ce délai ce qui explique en partie les nombreux problèmes et l'arrêt de 32 réacteurs cet été. La situation énergétique impose en plus d'une sobriété, de développer de toute urgence les renouvelables, qui elles, peuvent être rapidement mises en œuvre.

Trop cher

Le coût de l'EPR de Flamanville a dépassé les 20 milliards d'euros si l'on se réfère à la Cour des comptes. Le prix de revient du MWh de l'EPR (s'il arrive à produire !) est plus du double de celui des énergies renouvelables. Le rafistolage des réacteurs a été évalué à 100 milliards d'euros. EDF est endettée à plus de 60 milliards d'euros et construire 6 EPR ferait doubler la dette. Et ne parlons pas des incertitudes liées au coût du démantèlement et du stockage des déchets radioactifs.

Trop vulnérable

La sécheresse de cet été a démontré la vulnérabilité des réacteurs au dérèglement climatique, EDF a dû demander des dérogations pour 5 d'entre eux en raison des rejets trop chauds. Ce sont les réacteurs qui sont de loin les plus gros consommateurs d'eau pour leur refroidissement. La tempête de l'hiver 1999 a montré la fragilité aux risques d'inondation de la centrale du Blayais et le tsunami de mars 2011 au Japon a provoqué la catastrophe de Fukushima. La guerre en Ukraine a pointé aussi la vulnérabilité des sites nucléaires.

Trop polluant

Toutes les centrales rejettent de la radioactivité et des produits chimiques dans le milieu ambiant que ce soit l'air, l'eau ou les sols. Or la CIPR (Commission Internationale de Protection Radiologique) reconnaît que toute dose de radioactivité comporte un risque mutagène et cancérigène. Le plutonium au millionième de gramme inhalé entraîne un cancer du poumon. Et il n'y a aucune solution satisfaisante pour confiner les déchets radioactifs de l'industrie nucléaire que ce soit les tonnes de combustible usé hautement radioactif ou les 200 millions de tonnes issus de l'extraction minière de l'uranium.

Trop dépendant

La dernière mine d'uranium en France a fermé en 2001. L'uranium vient à 40 % du Kazakhstan en passant par la Russie. Et c'est en Sibérie que notre industrie nucléaire expédie des milliers de tonnes d'uranium appauvri ou de retraitement, déchets dont l'industrie ne sait que faire. La France se garde bien d'appliquer des sanctions à l'égard de la société russe ROSATOM avec qui elle a des liens commerciaux trop importants.

100% renouvelables

Les études démontrant la faisabilité d'un scénario 100% renouvelables, se multiplient. Les énergies renouvelables sont une source importante d'économie financière. Manque la volonté politique de les mettre en œuvre. En juillet dernier, le secrétaire américain à l'énergie a déclaré que le développement des renouvelables est le plus grand plan de paix [lien]. Refusons la relance du nucléaire, une énergie dépassée qui n'a pas sa place dans un monde en paix, soucieux de son autonomie et de la préservation de son environnement.

Collectif anti-nucléaire Ouest - 9 Bis sente des Grès, 76920 Amfreville-la-Mi-Voie - 07 68 35 03 38 - contact@can-ouest.org

Retrouver les associations et organisations signataires sur le site du [can-ouest](http://can-ouest.org).

En pleine guerre, la France reçoit de l'uranium russe

Reporterre, 25 août 2022

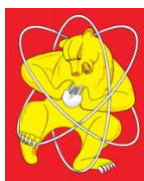
Une livraison qui fait désordre, au lendemain de l'exhortation d'Emmanuel Macron de ne faire preuve d'« aucune faiblesse, aucun esprit de compromission » à l'égard de l'agresseur de l'Ukraine. La France a reçu 52 fûts d'uranium enrichi provenant de Russie, le 24 août.

La cargaison, expédiée de Saint-Petersbourg, a été déchargée le matin du cargo *Mikhail Dudin*, selon un communiqué de Greenpeace du 25 août. Elle a ensuite été chargée à bord de camions à destination de la vallée du Rhône, où se trouvent les sites nucléaires de Pierrelatte et de Romans-sur-Isère, où sont fabriqués les combustibles nucléaires alimentant les centrales françaises.

« Alors qu'Emmanuel Macron prononce de beaux discours sur les efforts engagés pour soutenir l'Ukraine et se targue d'une position ferme vis-à-vis de la Russie, l'industrie nucléaire française continue son business as usual en toute discrétion, a taclé Yannick Rousselet, expert en sûreté nucléaire pour Greenpeace France. L'industrie nucléaire française ne devrait pas bénéficier de passe-droit pour continuer son commerce avec la Russie et ces importations scandaleuses doivent cesser immédiatement. »

En mars dernier, l'ONG avait publié une note sur les multiples liens entre les industries nucléaires française et russe. On peut y lire que la France a importé 19 245 tonnes d'uranium naturel et 8 213 tonnes d'uranium enrichi de Russie entre 2000 et 2020. En outre, depuis le début des années 2000, près de la moitié de l'uranium utilisé en France provient du Kazakhstan, pays de la sphère d'influence russe [Reporterre].

NUMEROS DEJA PARUS : <https://www.gazettenucleaire.org/>



La Gazette Nucléaire – Publication trimestrielle
2 Allée François Villon – 91400 ORSAY
Membres fondateurs : Monique et Raymond Sené
Directeur de la publication : Jean-Claude Autret
Responsable de rédaction : Michel Brun
Dépôt légal : à date de parution
ISSN 0153-7431
Imprimerie : Eurotimbre - 9 rue Charles Michels - 77 400 LAGNY sur MARNE



Bulletin d'Adhésion

(Pour les abonnements, voir au verso)

Pour adhérer au GSIEN, nous écrire à Orsay ou nous contacter à contact@gazettenucleaire.org
Je souhaite adhérer au GSIEN : oui • non •

Compétences ou centre d'intérêt :

Commande des exemplaires de la Gazette nucléaire, écrire à la même adresse mail.
Les n° 1 à 36 sont épuisés ainsi que le n° 117/118.



GSIEN
GROUPEMENT DE SCIENTIFIQUES POUR
L'INFORMATION SUR L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE
 Un groupe de « lanceurs d'alerte » depuis 1975

Le GSIEN est une association loi 1901 qui a été créée en 1975,
 suite à l'appel des 400 de février 1975, appel de scientifiques dont

200 physiciens nucléaires. Cet appel "A propos du programme nucléaire français" se concluait sur les phrases suivantes : "Nous pensons que la politique actuellement menée ne tient compte ni des vrais intérêts de la population ni de ceux des générations futures, et qu'elle qualifie de scientifique un choix politique. Il faut qu'un vrai débat s'instaure et non ce semblant de consultation fait dans la précipitation. Nous appelons la population à refuser l'installation de ces centrales tant qu'elle n'aura pas une claire conscience des risques et des conséquences. Nous appelons les scientifiques (chercheurs, ingénieurs, médecins, professeurs) à soutenir cet appel et à contribuer, par tous les moyens, à éclairer l'opinion."

SES ACTIVITÉS : Alors que les nombreux dysfonctionnements dans la construction des réacteurs tels que les déboires des EPR actuellement en constructions, montrent l'**absence de mémoire des industriels du nucléaire, depuis 1976, le GSIEN suit et surveille cette industrie dangereuse depuis plus de 40 ans sans discontinuer.** Composé de scientifiques, d'experts reconnus, de travailleurs du nucléaire et de militants, le Groupe s'est doté d'un journal "**La Gazette Nucléaire**" qui a publié près de 300 numéros et près de 200 dossiers thématiques et édité plusieurs livres. De Three Mile Island (1979) en passant par Tchernobyl (1986) et Fukushima (2011), le GSIEN suit constamment l'actualité de l'industrie nucléaire et intervient régulièrement dans les organismes officiels où il est représenté. Il répond aux nombreuses demandes du public mais aussi des enseignants, journalistes et associations écologistes. Le GSIEN est en particulier engagé dans l'Association Nationale des Comités et Commissions Locales d'Information (ANCCLI) et participe à son Comité Scientifique. Il travaille aussi directement avec les Commissions Locales.

LE CONTEXTE ACTUEL : Alors que chaque jour apporte son lot de révélations inquiétantes sur le fonctionnement du parc nucléaire, que le risque majeur n'est plus une vue de l'esprit, que le parc vieillit, que les rejets radioactifs continuent, que le débat sur la transition énergétique en France et ailleurs est relancé, que la capacité technique de construire un nouveau réacteur n'est pas démontrée (déboires de l'EPR de Flamanville), pas plus que celle de mettre en œuvre une « gestion sûre » des déchets les plus dangereux, la mise en doute de la validité technico-économique d'un renouvellement du parc nucléaire est de plus en plus prégnante ! Fromage et dessert : Que dire des sites qui restent souillés (mines, usines, sites d'essais militaires...) sans qu'une proposition sérieuse de remise en état soit envisagée ou encore du démantèlement qui reste au stade des balbutiements y compris sur l'estimation des fonds à provisionner ?

Plus que jamais, **l'existence d'une expertise scientifique indépendante est nécessaire pour informer la population, alerter les acteurs de la filière et interpeller le pouvoir politique.** Dans ce contexte, le GSIEN doit poursuivre et renforcer son activité grâce au soutien et à la participation d'un plus grand nombre de membres de la communauté scientifique, de chercheurs de toutes disciplines et de militants de terrain. **Après 45 ans d'expertise "pluraliste", l'ambition du GSIEN est de permettre au plus grand nombre de s'approprier les connaissances accumulées, de renforcer sa capacité d'intervention dans le débat public et d'assurer l'enrichissement et la relève de cette expertise pluraliste.**

SOUTENIR LE GSIEN : C'EST IMPORTANT !

<https://gazettenucleaire.org/>



Bulletin d'abonnement (adhésion, voir au recto)

À découper et à renvoyer avec le titre de paiement (CCP ou chèque bancaire) à l'ordre du **GSIEN :**
GSIEN – 2 Allée François Villon – 91400 ORSAY

Nom : (en majuscules)

Prénom :

Adresse :

Code Postal :

Ville :

Téléphone :

Email :

Je m'abonne à la Gazette Nucléaire :

oui •

non •

(Pour un an : France : 24 € - Étranger : 30 € - Soutien : 30 € ou plus)