

Jean-Marc TRUCHET

SECURITE ET SURETE DES CENTRALES ELECTRONUCLEAIRES



© Jean-Marc TRUCHET - 15 septembre 2024 - Version 1 - 29 Pages

NOTES DE L'AUTEUR

Ce document, très synthétique, est constitué à partir des propres connaissances de l'auteur, de ses voyages, de recherches à caractère historique, d'extraits de ses livres (Cf. site internet ci-dessous) comme d'analyses géostratégiques et géopolitiques, en particulier :

- 210 ANNEES D'AGRESSION DE L'OCCIDENT CONTRE LA RUSSIE.
- LA RUSSIE AUJOURD'HUI
- DANGER AU PONT DE KERTCH
- L'INCENDIE DU REFRIGERANT ATMOSPHERIQUE - CENTRALE ELCTRONUCLEAIRE DE ZAPORIJJIA
- TRANSITION ENERGETIQUE ET ENERGIE ELECTRONUCLEAIRE

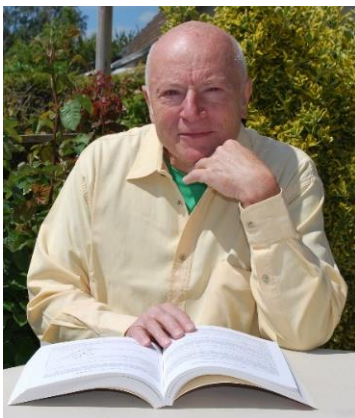
Consulter le site internet de l'auteur : www.laplumedutemps.net

Par ailleurs, il serait vain de rechercher ou d'estimer dans le texte ci-dessous, un quelconque parti pris pour telle ou telle organisation, pour tel ou tel gouvernement, pour telle ou telle entreprise ou telle ou telle personne. Il ne transcrit que des événements connus et vérifiables.

Suivant la loi en vigueur, des extraits limités sont autorisés sous réserve d'en préciser la source, soit : **Jean-Marc TRUCHET**

Pour une utilisation plus importante, quel que soit le moyen, une demande écrite est nécessaire en précisant le motif, soit courriel : jean-marc@truchet.eu

Pour tous nos ouvrages comme pour tous nos articles, nous sommes toujours réceptif aux remarques, compléments, informations vérifiées et vérifiables, témoignages et autres documents susceptibles d'enrichir nos recherches et nos écrits. Naturellement, sous réserve que ces éléments soient constructifs... Pas les autres... Par avance, merci !



Jean-Marc TRUCHET

Ancien ingénieur de l'énergie électrothermique et électronucléaire civiles

Ancien chef d'entreprise - Spécialiste matériaux composites.

Auteur autoédité depuis 1982

CONFERENCIER

Contact : jean-marc@truchet.eu

Autoédition LA PLUME DU TEMPS®

11 BV 30068

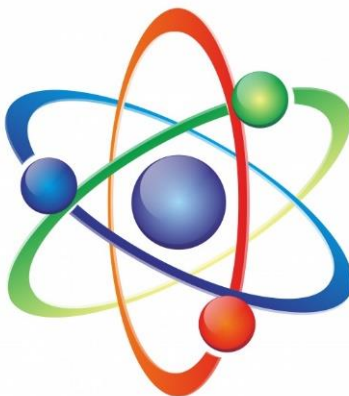
OUAGADOUGOU 01

Burkina Faso

Page de couverture : centrale électronucléaire EDF de Creys Malville (Département de l'Isère - France). Réacteur surgénérateur (RNR) à neutrons rapides de 1 240 MW, refroidi au sodium. Définitivement à l'arrêt depuis juin 1997 et en cours de démantèlement.

SOMMAIRE

| | Page |
|---|------|
| NOTES DE L'AUTEUR | 2 |
| PREAMBULE | 4 |
| SECURITE ET SURETE | 5 |
| PRINCIPALES FILIAIRES ELECTRONUCLEAIRES | 5 |
| SCHEMAS DE PRINCIPE DES AUTRES REACTEURS MENTIONNES | 11 |
| PRINCIPALES DISPOSITIONS SECURITAIRES ET DE SURETE | 14 |
| ORGANISMES DE CONTROLE | 23 |
| TERRORISME NUCLEAIRE | 26 |
| CONCLUSION | 26 |
| DOCUMENTATION PERTINENTE | 29 |
| LIVRES DU MEME AUTEUR | 29 |



**👉 TOUS NOS ARTICLES SONT DESORMAIS EN ACCES GRATUIT
SUR NOTRE SITE INTERNET. www.laplumedutemps.net**

CLIQUEZ SUR L'ONGLET : ARTICLES GRATUITS

Iconographie : Jean-Marc TRUCHET - CEA/EDF - Sté. ROSATOM - Sté. FRAMATOME
Wikipedia.

PREAMBULE

Le conflit entre les forces de l'OTAN soutenues par l'Europe et les USA contre la Russie, à plusieurs reprises fera l'objet de commentaires largement diffusés par les médias comme de très nombreuses personnes concernant les bombardements ukrainiens répétés contre la centrale électronucléaire de Zaporijjia (Oblast de Zaporijjia) et plus récemment contre celle de Kourchatov (Курская АЭС, Kourskaïa AES - Oblast de Kursk).

Sans être spécialiste, on comprend tout de suite que l'atome civil doit faire l'objet de toutes les attentions sécuritaires, que ce soit en Ukraine, en Russie ou ailleurs. Suivant cela, les conséquences potentielles de ces attentats car il ne s'agit pas d'autre chose, concernent évidemment aussi et potentiellement toutes les installations de ce type dans le monde. Ceci, d'autant et quoi que l'on puisse dire ou écrire, que l'énergie nucléaire est appelée à se développer. Ce document sans prétention mais simplement au mieux didactique, a paru utile afin d'informer un public non spécialiste et malheureusement trop souvent maintenu sous inquiétude, sinon sous angoisse par de nombreux médias plus soucieux du chiffre d'affaires que de rapporter des informations pertinentes, crédibles et sans parti pris.

Naturellement, il n'est pas question de décrire les points sensibles de telle ou telle installation ce qui serait susceptible de favoriser d'éventuels actes malveillants pouvant conduire à des situations dangereuses. Que l'on ne s'y trompe pas !

Par ailleurs, l'objet de cette étude ne consiste pas à décrire le fonctionnement des centrales électronucléaires mais simplement à exposer les principales dispositions sécuritaires prises lors de la conception des unités à eau pressurisée (REP et VVER), précisément pour les mettre à l'abri de situations pouvant dégénérer ce qui va, évidemment, dans le bon sens. Cela évite en même temps de spéculer à partir d'informations malheureusement trop souvent sujettes à caution, voire aux motivations parfois inavouables.

Précisions

Seule, la filière à eaux sous pression sera développée en prenant comme exemples celle utilisée en France, soit REP (Réacteurs à Eau Pressurisée). En effet, la filière russe VVER lui étant antérieure et similaire, les mesures sécuritaires et de sûreté prises actuellement par la Russie peuvent être globalement extrapolées.

De même, il n'est pas possible sans rédiger un livre complet, de décrire en détail tant le fonctionnement, tant les processus sécuritaires retenus. Par conséquent, le présent document ne peut se contenter que de généralités mais tout en apportant suffisamment de précisions sur tel ou tel point. Les autres filières sont ainsi exposées à titre documentaire.

☞ **Pour la France, le lecteur intéressé, aura également tout intérêt à consulter les nombreux sites internet dont particulièrement ceux de l'IRSN, d'EDF, du CEA, etc.**

LEXIQUE

FILIERE : il s'agit du choix technologique correspondant à un type de réacteur nucléaire.

GTA : n'est autre que le Groupe Turbo Alternateur, soit une turbine à vapeur accouplée à un alternateur de production d'énergie électrique relié au réseau par un transformateur MT/THT.

MT/THT : Moyenne tension/Très Haute tension.

MW : 1 MW = 1 000 kW.

TRANCHE : se traduit par un ensemble incluant un générateur de vapeur (Chaudière classique à flamme, réacteur nucléaire, turbine à gaz ou à fuel...) et un GTA débitant sur un transformateur principal MT/THT. A cela s'ajoutent tous les auxiliaires nécessaires au bon fonctionnement (Circuit d'alimentation en eau du générateur de vapeur, circuit de vapeur, etc.).

SECURITE ET SURETE

La différence entre sécurité et sureté répond d'une notion essentielle de base qui définit la signification précise de ces deux mots : l'intention ou le désir de nuire ou non.

Sécurité

La sécurité rassemble les moyens ou les dispositions prises ou utilisées afin de prévenir des risques pouvant porter atteinte aux biens comme aux personnes mais ne répondant pas d'une intention ou d'un désir de nuire. Ces risques sont généralement physiques, voire psychiques. Il s'agit, par exemple, des dispositions prises afin d'éviter des accidents du travail, des possibilités d'incendie, de catastrophes naturelles.

Plus précisément, en ce qui concerne l'objet de ce document, il s'agira de toutes les dispositions entrant dans le champ de ce qui précède, appliquées aux installations électronucléaires de manière à en préserver le bon fonctionnement, y compris la protection du personnel en général comme celles des intervenants.

Sureté

Il y a ici clairement les dispositions prises afin de pallier aux conséquences d'un désir ou d'une intention de nuire. En conséquence, la sureté s'attachera à lutter contre tous les actes de ce type, réfléchis ou non pouvant porter atteinte aux biens comme aux personnes.

La notion de malveillance est ici clairement énoncée.

En conséquence, pour les installations électronucléaires, il s'agit de prévenir tout acte volontaire, réfléchi ou non pouvant porter atteinte au bon fonctionnement des installations entraînant éventuellement des conséquences dommageables environnementales et/ou humaines. Les actes terroristes sont évidemment en premier lieu concernés.

PRINCIPALES FILIERES ELECTRONUCLEAIRES

Un tout petit peu de physique nucléaire...

Une filière électronucléaire correspond à un type de réacteur, autrement dit, à une conception utilisant tels ou tels composants ou tel ou tel système technologique.

A ce jour, les réacteurs opérationnels sont de type à fission, ce qui signifie l'utilisation de l'uranium 235 (^{235}U) dont l'instabilité naturelle du noyau de l'atome va émettre des neutrons qui vont faire éclater (Fissionner) ceux des atomes voisins et ainsi de suite. Il s'agit de neutrons dits "*lents ou thermiques*" dont la vitesse est de l'ordre de 1 km/s.

L'uranium naturel ^{235}U est le seul fissile restant dans la nature (Pouvant émettre des neutrons à partir du noyau de l'atome).¹

Sa période radioactive (Demi-vie) est de 700 millions d'années. Cela signifie que la Terre dans sa jeunesse était beaucoup plus radioactive qu'elle ne l'est aujourd'hui.

Le minerai appelé Pechblende ou uranite² est extrait d'immenses carrières (Afrique, Fédération de Russie, France...) et contient en moyenne de 1.5 à 4% de minerai par tonne, composé de 0.7202 % par le ^{235}U (Fissile), le reste étant essentiellement du ^{238}U non fissile (Inerte).

A partir d'une certaine masse de ^{235}U (La taille d'une grosse orange), le bombardement neutronique interne est exponentiel et devient incontrôlable. L'explosion est alors quasiment instantanée. Il s'agit du principe même de la bombe atomique.

Afin d'éviter cela, dans un réacteur de centrale électronucléaire, toutes les dispositions sont prises dès la conception afin de contrôler cette réaction au niveau déterminé par la puissance thermique que l'on souhaite atteindre.

¹ Il existe aussi du ^{233}U mais en quantité infinitésimale.

² Voir Martin Heinrich Klaproth.

REACTEURS A URANIUM NATUREL ²³⁵U

REACTEURS UNGG (Uranium Naturel Graphite Gaz)

Ce sont les premiers réacteurs construits par les quatre puissances nucléaires durant ou après la seconde guerre mondiale. Ils étaient appelés piles car faisant appel à un empilage de graphite (Modérateur) et d'uranium naturel ²³⁵U. Par bombardement neutronique du ²³⁸U, on obtient du plutonium (²³⁹Pu) ce qui permet de fabriquer les premières bombes atomiques de ce type dès le printemps 1945 aux USA.^{3 - 4}

Ces réacteurs, modérés au graphite, sont refroidis au dioxyde de carbone (CO₂). Par l'intermédiaire d'échangeurs de chaleur, les calories produites vaporisent de l'eau qui entraîne un groupe turboalternateur. A partir d'une certaine taille, on observe une difficulté de stabilité du flux neutronique par suite d'oscillations produites par empoisonnement xénon (¹³⁵Xe → ¹³⁶Xe). De plus, ces réacteurs présentent généralement un risque potentiel d'incendie. Il n'existe plus de réacteurs de grande puissance de cette filière dans le monde.



**Centrale du Bugey (EDF - Département de l'Ain - France).
Tranche N° 1 - Filière UNGG de 540 MW.
En cours de démantèlement.**

REACTEURS RBMK (Реактор Большой Мощности Канальный - *Reaktor Bolshoy Moshchnosti Kanalny*, ou РБМК)

Essentiellement développé en ex-URSS jusqu'à des puissances électriques de 1000 MW, quelques-uns sont toujours en fonctionnement comme à Kourchatov, oblast de Koursk.

Le refroidissement s'effectue à l'eau, dite légère (Eau ordinaire déminéralisée).

La vapeur produite est directement admise à la turbine du groupe turboalternateur (GTA).

Il s'agit d'une unité de type bouillant, économique au point de vue de la construction mais où l'on retrouve les mêmes inconvénients qu'avec les réacteurs UNGG.



De plus, comme il n'y a pas d'échangeur intermédiaire de chaleur entre le réacteur et le GTA, en cas de rupture de gaine de combustible nucléaire, la turbine devient contaminée en éléments radioactifs.

Centrale de Kourchatov (Oblast de Koursk - Russie). 4 tranches RBMK de 1000 MW. Deux sont encore en service. Photo. ROSATOM.

³ Le plutonium n'existe pas dans la nature. Sa période radioactive est de 24 000 ans.

⁴ Du même auteur, lire avec grand intérêt l'article : L'ARME ATOMIQUE ET LA SECONDE GUERRE MONDIALE.

De sinistre mémoire, Tchernobyl était une unité RBMK mais l'accident survenu sur le réacteur N°4 le 26 avril 1986 n'eut pas comme origine un dysfonctionnement mais une erreur de conduite (Essai inapproprié) ayant emmené le réacteur hors de son domaine de fonctionnement.

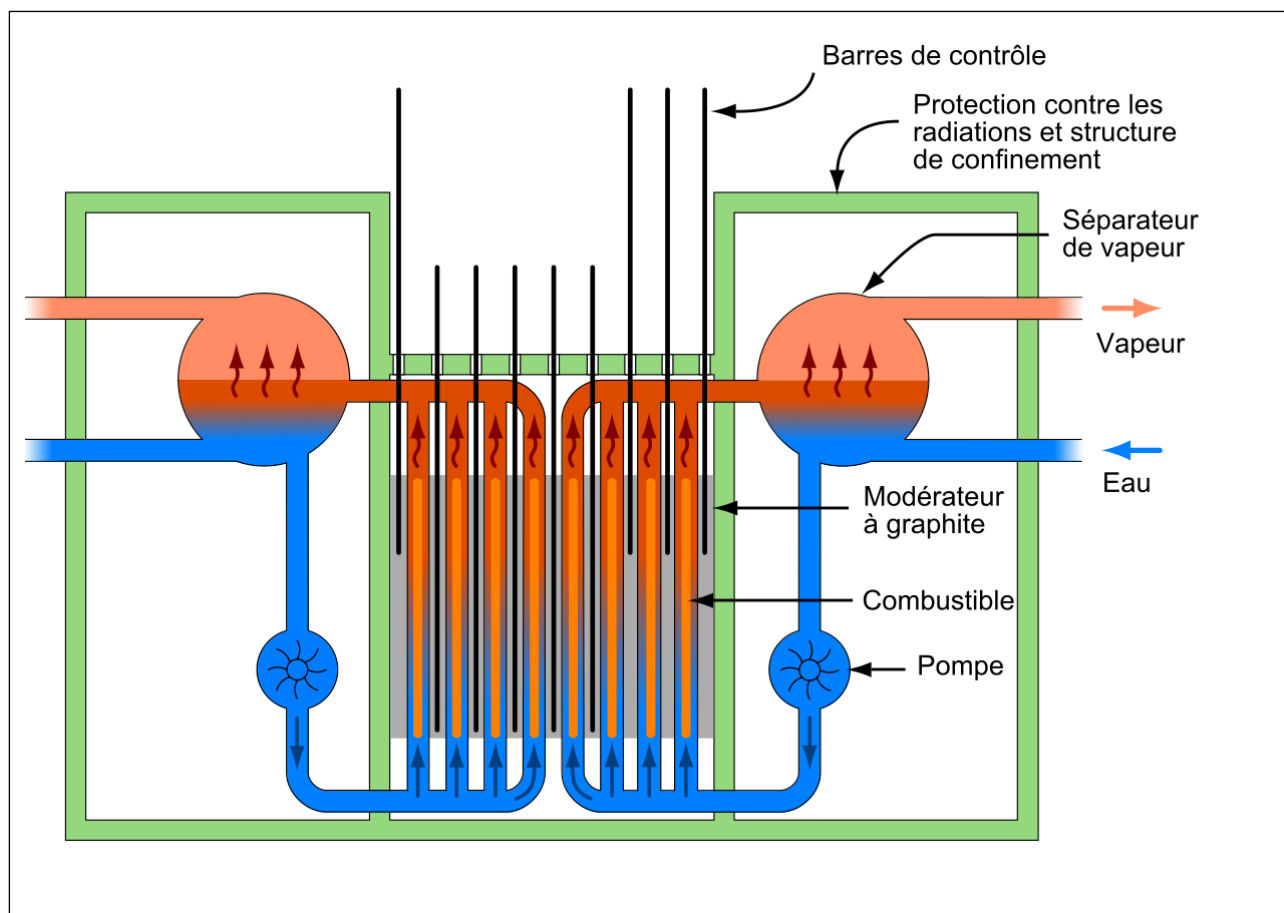


Schéma d'un réacteur RBMK.⁵ Comme les réacteurs UNGG français, il est contenu dans un caisson étanche en béton armé résistant à la pression de fonctionnement. Schéma Wikipedia

REACTEURS CANDU (Réacteur à eau lourde)

Il s'agit d'une filière canadienne utilisant l'uranium naturel légèrement enrichi, laquelle connaît un certain succès. Le modérateur utilise l'eau lourde (D_2O , formule admise), autrement dit, de l'eau ordinaire comportant un neutron dans le noyau de l'atome d'hydrogène, soit 2H_2O alors que celui-ci n'en a pas. Les propriétés sont les mêmes que l'eau ordinaire H_2O mais pas au point de vue de la physique nucléaire. Il existe un échangeur de chaleur entre le réacteur et le GTA ce qui assure une meilleure sécurité radiologique.

Tous les réacteurs utilisant l'uranium naturel faiblement enrichi ou non sont volumineux et plutonigènes (Fournissant du plutonium). Pour une même puissance ils nécessitent un volume plus important qu'un réacteur à uranium enrichi (Cf. ci-dessous). A l'origine de cette technologie, le ^{239}Pu était destiné à la fabrication de bombes atomiques.

⁵ Dans le cas de l'accident de Tchernobyl, la pression de vapeur est devenue telle après l'endommagement du cœur du réacteur que la dalle en béton à travers laquelle passaient les grappes de réglage de la réaction nucléaire, a explosé, libérant ainsi de très nombreux morceaux très radioactifs (Béton, uranium, graphite, produits de fission, vapeur d'eau contaminée...).

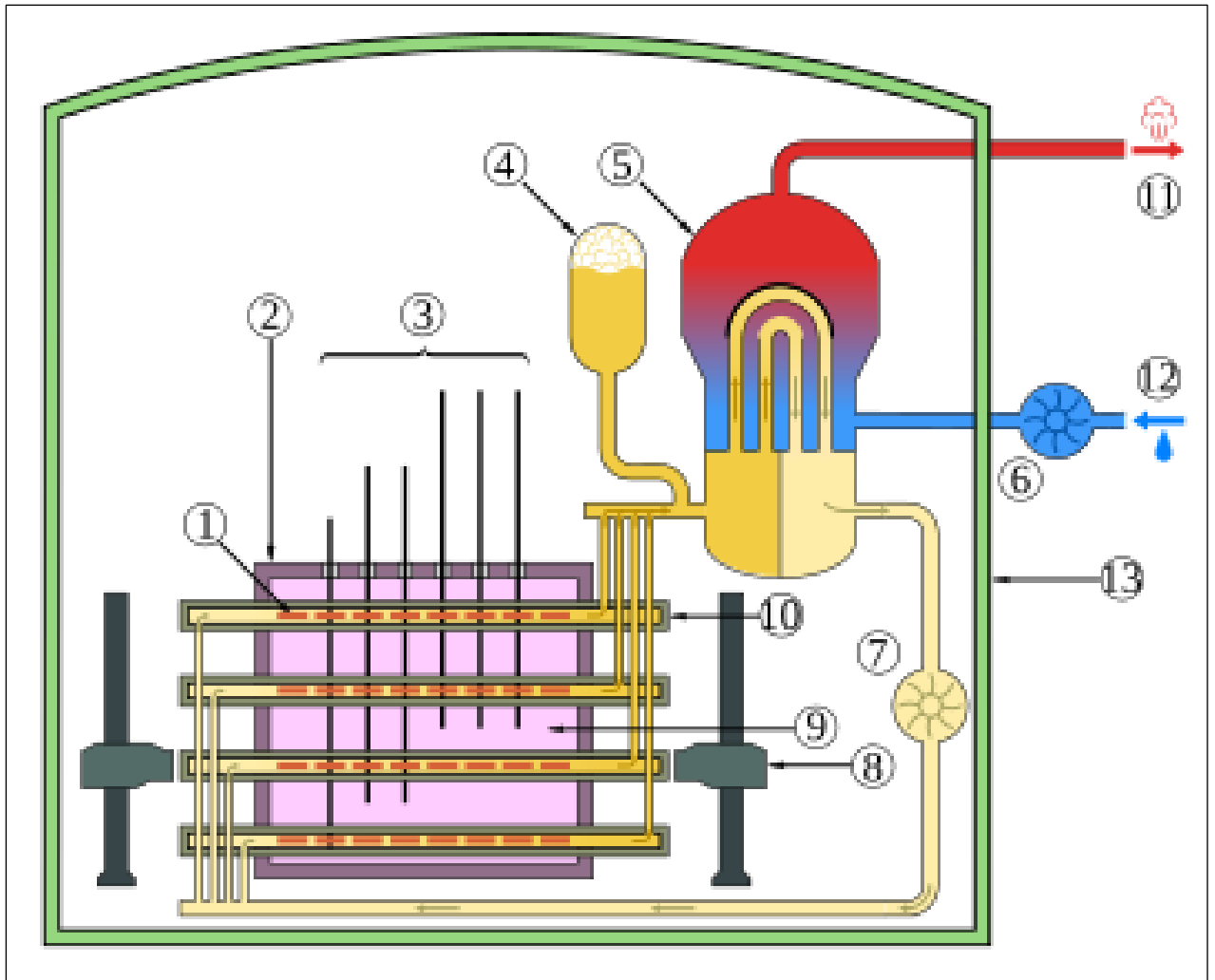


Schéma d'un réacteur CANDU. Comme avec les REP, on retrouve les générateurs de vapeur en position haute par rapport au cœur nucléaire ce qui favorise l'établissement d'un thermosiphon en cas d'arrêt des pompes primaires (7). Wikipedia

REACTEURS A URANIUM ^{235}U ENRICHI

REACTEUR REP (Réacteur à Eau Pressurisée)

Avec ce type de réacteur, la conception est totalement différente de la filière à uranium naturel. Le combustible nucléaire, enrichi à 3.4 % en ^{235}U , se présente sous forme de pastilles incluses dans des gaines en acier inoxydable.

L'eau ordinaire déminéralisée (Dite eau légère) constitue à la fois le modérateur et le fluide caloporteur alimentant des échangeurs de chaleur qui produiront la vapeur d'eau pour le GTA à raison de 256 °C à pleine puissance et 5 400 t/h pour un groupe de 905 MW. Pour les réacteurs REP, la pression de l'eau dans la cuve est de 155 bars.

La régulation de puissance s'effectue par des grappes en acier inoxydable et en bore ($^{10/11}\text{B}$) très neutrophages (Qui absorbent les neutrons) suivant leur position dans le cœur.

Pour la mise à l'arrêt du réacteur, il suffit de faire chuter ces barres en fond des éléments combustibles⁶ puis, en cas d'arrêt à froid (Température ambiante) d'injecter de l'acide borique (H_3BO_3) dans l'eau déminéralisée du circuit primaire. Toutefois, il restera toujours une puissance résiduelle de 1% issue des produits de fission qui restera à évacuer.

Sous réserve d'adaptation de ces éléments combustibles, ce type de filière peut consommer en proportion déterminée le ^{239}Pu (MOX = Mélange d'Oxydes).

⁶ Au sens nucléaire du terme.

Par sa conception, on voit immédiatement que cette filière est plus sécurisante que celle faisant appel aux réacteurs de type RBMK ou UNGG.

Centrale électronucléaire EDF de Dampierre en Burly (Département du Loiret - France). 4 groupes REP de 905 MW sur réfrigérants atmosphériques. Photo. J-MT 2020 Altitude 1500 m.



REACTEURS A EAU PRESSURISEE DE TYPE BOUILLANT (BWR).

La conception est sensiblement identique à celle des réacteur REP ci-dessus mais il n'existe pas d'échangeurs de chaleur entre le réacteur et le GTA (Idem filière RBMK). Cela implique que l'ébullition de l'eau déminéralisée s'effectue en haut de cuve du réacteur. La pression est inférieure à celle des installations REP, soit 65 bars.

Cette filière s'avère moins onéreuse mais également moins sécurisante vis-à-vis de l'environnement car elle ne présente que deux barrières (Les gaines du combustible nucléaire et les tubes du condenseur de la turbine) contre trois pour la filière REP qui possède des échangeurs de chaleur entre le réacteur et le GTA.

Pour mémoire, Fukushima répondait d'unités BWR.⁷

Note :

La filière REP correspond à la filière américaine développée par la Sté. Westinghouse, acquise par la France en 1973, soit PWR (Pressurised Water Reactor). Hormis les premières centrales de type UNGG (Chinon A1 à A3, Saint Laurent des Eaux A1-A2 et Bugey 1) tout le programme suivant est de type REP, sauf en ce qui concerne la filière RNR (Ci-dessous).

L'enrichissement de ²³⁵U nécessite une usine spécialisée à cet effet (Eurodif en France près de la centrale REP du Tricastin située en basse vallée du Rhône) très consommatrice d'énergie électrique, d'où la présence de cette centrale EDF.

Quant à la filière BWR (Boiling Water Reactor), elle est issue de la conception proposée par la Sté. américaine Babcock & Wilcox.

REACTEURS VVER (Vodo-Vodianoï Energuetitcheski Reaktor).

Développée par l'ex-union soviétique dès 1950, cette conception est très proche des réacteurs PWR et REP ultérieurs. Le schéma ci-dessous en indique les principaux composants. Trois paliers sont commercialisés, soit VVER 400, VVER 1000 et VVER 1200, ces derniers étant actuellement seuls construits dont deux sur le site de Kourchatov, vraisemblablement en prévision de l'arrêt des deux derniers RBMK encore en service.

⁷ Ce type de réacteur, malgré une étude en ce sens, n'a toutefois pas été développé en France. Initialement ce furent des RNR (Marcoule puis Creys Malville) et des UNGG (Chinon A1 à A3, St. Laurent A1-A2 et Bugey 1) définitivement arrêtés et en cours de démantèlement) puis ce fut le programme REP.



Centrale de Zaporijjia (Oblast de Zaporijjia - Ukraine mais sous gestion et protection russe). 6 groupes VVER de 1000 MW au bord de la retenue de Kakhovka alimentée par le Dniepr. Photo. ROSATOM

REACTEURS SURGENERATEUR A NEUTRONS RAPIDES (RNR)

Egalement appelés réacteurs rapides par l'utilisation du ^{239}Pu qu'ils consomment, la célérité des neutrons s'avérant très élevée, soit $\approx 20 \text{ km/s}$, d'où le nom mais aussi surgénérateurs car en théorie, ils fourniraient plus d'énergie qu'ils consomment.

Cette particularité neutronique impose un contrôle commande plus élaboré que celui des réacteurs de type REP. Ils permettent d'éliminer à la fois le plutonium militaire mais également celui en excès depuis les réacteurs de type UNGG et RBMK. Ainsi, leur rôle consiste à boucler ce que l'on appelle le cycle du combustible (Au sens nucléaire du terme). Les réacteurs de grande puissance sont refroidis par un sel fondu⁸ car l'énergie thermique dégagée est très importante, le sodium servant à la fois de fluide caloporteur et de modérateur. Des échangeurs de chaleur internes et externes à la cuve du réacteur constituent une double barrière avec l'environnement. La pression dans la cuve est faible, soit environ 1 bar absolu et l'activité radiologique autour, également très faible.

Ce type de réacteur est évidemment fort intéressant car limitant le volume de déchets radioactifs. Cependant, une réaction accidentelle sodium/eau dégage de l'hydrogène, gaz à la fois invisible et inodore mais dont le comportement correspond à celui d'un explosif de type brisant (Front d'onde supersonique) suivant la réaction chimique : $2\text{Na} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaOH} + 2 \text{H}_2$ ➡

La France fut très en avance avec cette filière étudiée par le CEA (Commissariat à l'Energie Atomique) depuis Rapsodie en 1967 prototype de 40 MWth puis Phénix, GTA de 250 MW couplé au réseau en 1973 et enfin Super Phénix, prototype industriel de 1240 MW installé à Creys Malville dans le département de l'Isère.

Malheureusement, cette centrale sera définitivement arrêtée à l'état neuf en juin 1997 pour raisons politiques malgré une année de bon fonctionnement, faisant perdre à la France son avance technologique.⁹ Super phénix est depuis en cours de démantèlement comme Rapsodie (Quasiment terminé) et Phénix.

⁸ Il existe des variantes pour ce type de réacteur comme par exemple, des métaux à bas point de fusion.

⁹ A cette époque, le coût financier estimé par EDF était de 10.5 milliards de Francs, soit actualisé en 2024 entre 17 et 18 milliards d'Euros car hormis la perte financière au niveau de la centrale et des retombées négatives sociales et économiques, cela nécessita également dans l'urgence, l'adaptation de certains réacteurs REP à utiliser une proportion de ^{239}Pu , d'où le combustible appelé MOX (Mixed OXyde).

SUPER PHENIX, centrale électronucléaire de Creys Malville dans le département de l'Isère (France). Prototype de 1240 MW toujours en cours de démantèlement. Toutefois, il est possible de visiter... Gratuitement !



Comme on peut le constater, les filières sont fort différentes entre elles. Par conséquent, il ne faut pas tout mélanger et bien savoir de quoi l'on parle avant de porter des jugements !..

SCHEMAS DE PRINCIPE DES AUTRES REACTEURS MENTIONNES

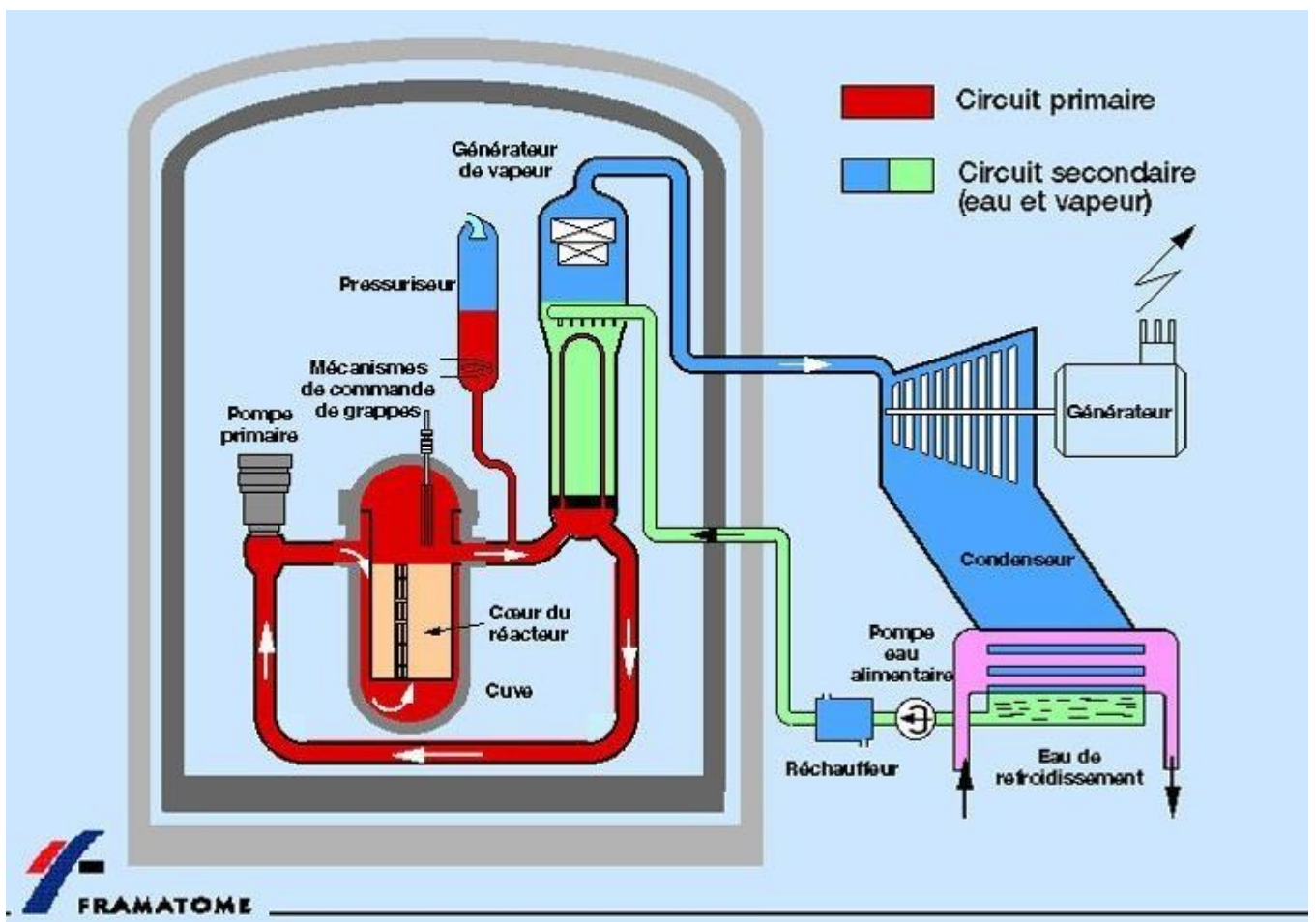
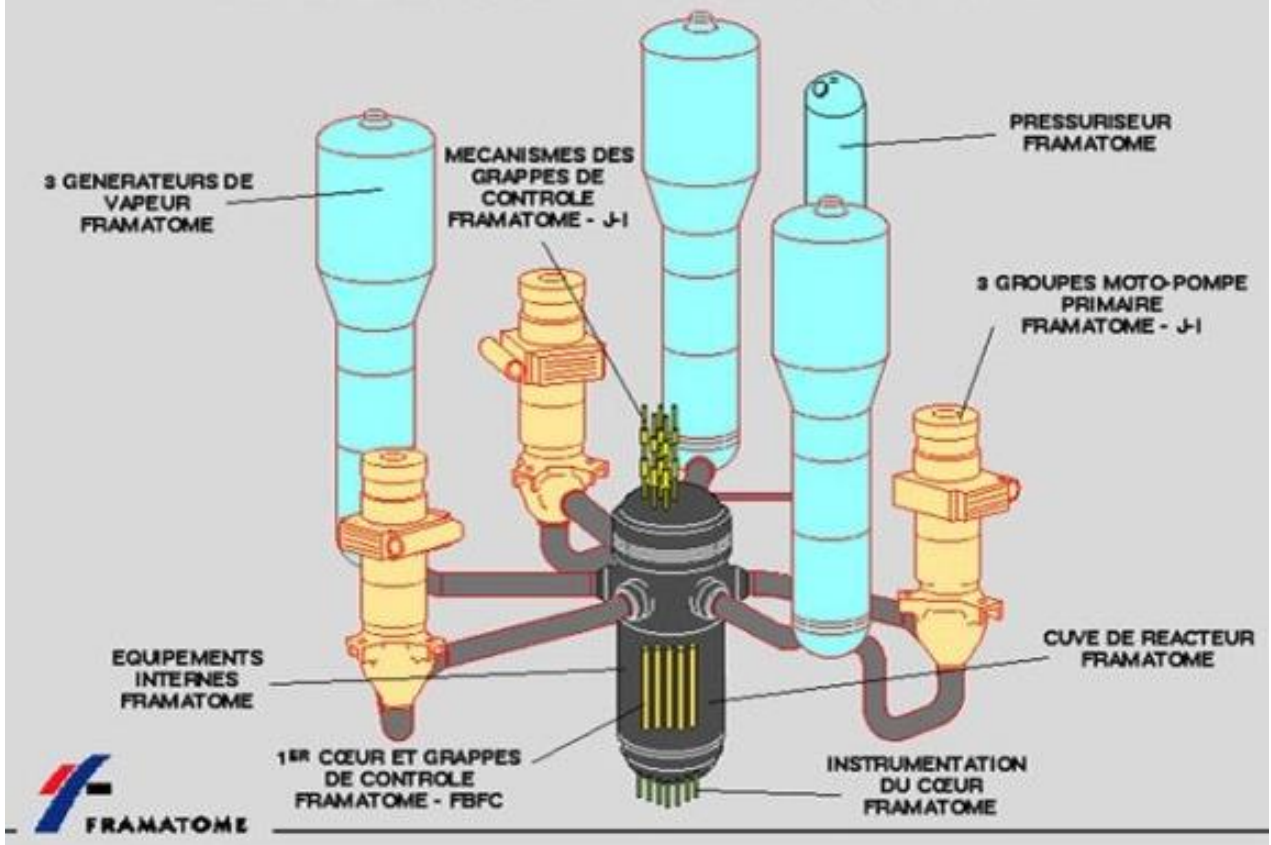
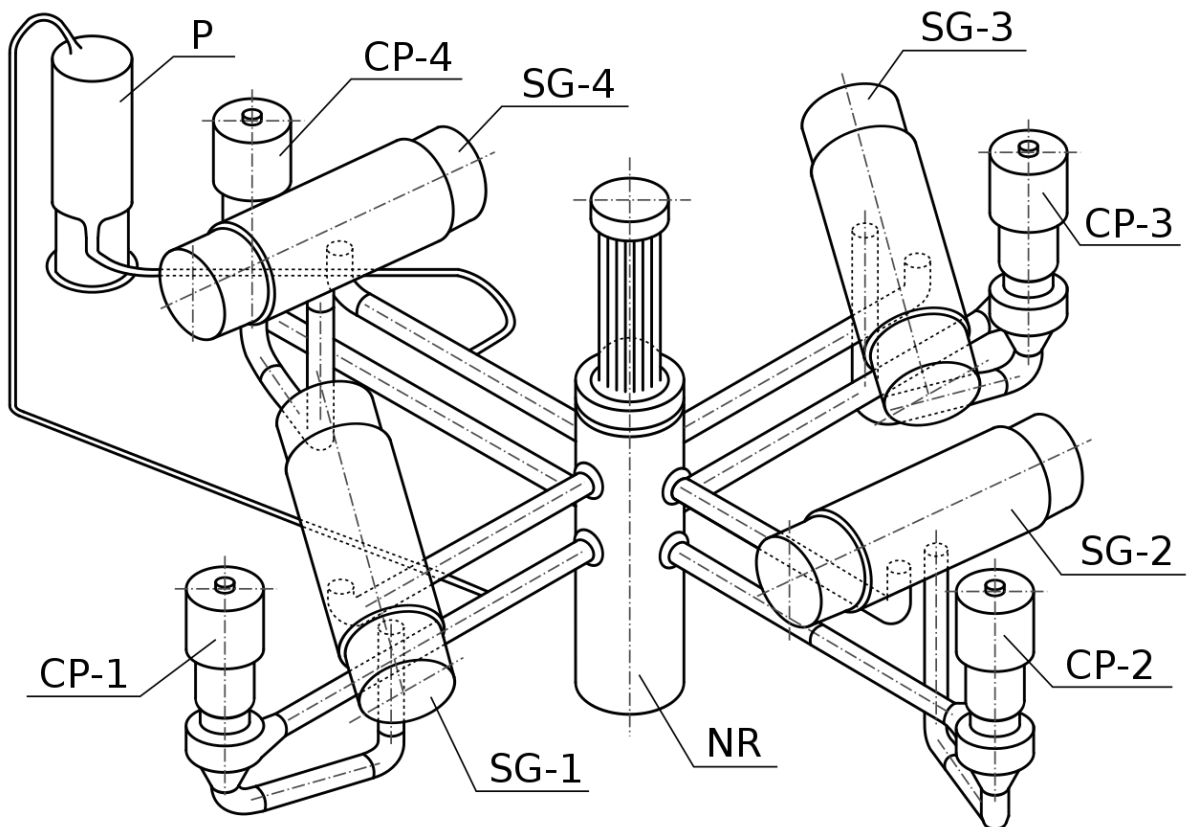


Schéma de principe d'un réacteur REP.

CHAUDIERE NUCLEAIRE REP FRAMATOME



Autre vue d'un réacteur REP pour GTA 900 MW. La différence de niveau entre la cuve du réacteur et les générateurs de vapeur est ici bien visible, permettant l'établissement d'un thermosiphon en cas d'arrêt des pompes primaires.



Ci-dessus : réacteur russe VVER 1000 (Водо-Водяной Энергетический Реактор - Vodo-Vodianoï Energuetitcheski Reaktor). ROSATOM

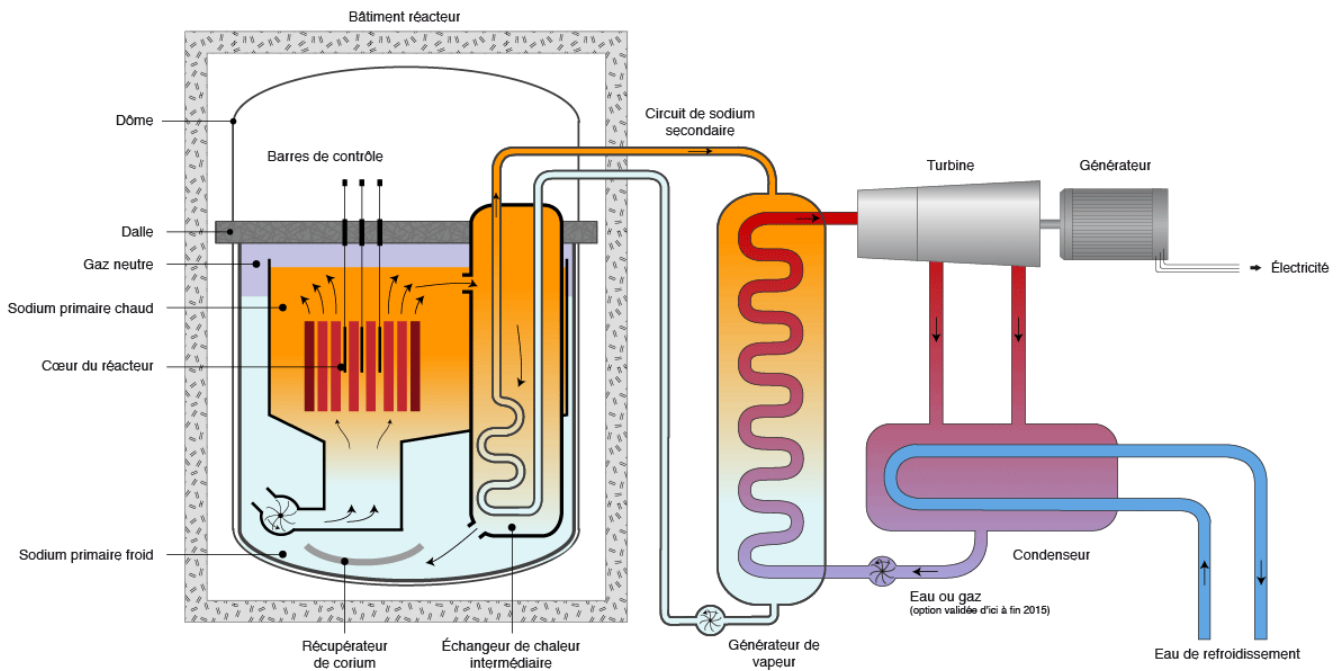


Schéma de principe du réacteur 1240 MW Super Phénix à sel fondu. Doc. CEA/EDF

Rendement thermodynamique des centrales électronucléaires

Il s'agit ici d'un élément important. En effet, lorsque l'on parle de la puissance d'une centrale électronucléaire, sans autre précision cela s'adresse généralement à la puissance électrique brute. Or, ces installations répondent d'un cycle thermodynamique,¹⁰ autrement dit, de la transformation de l'énergie thermique (Préfixe thermo) en énergie mécanique (Suffixe dynamique = mouvement).

Inévitablement, elles sont affectées d'un certain rendement, soit entre le volume de calories utilisées et l'énergie produite sous forme électrique. Ainsi, peut-on retenir ce qui suit :

- Centrales UNGG et RBMK $\approx 40 \%$
- Centrales REP ou BWR $\approx 33 \%$
- Centrales RNR $\approx 44 \%$

Cela signifie que 40 % ou 33 % suivant le type d'installation sont transformés en énergie électrique, le reste retournant sous forme thermique dans le milieu environnant (Source froide). Autrement dit, respectivement dans le premier et le troisième cas, la puissance thermique d'un réacteur sera de 2 985 MW et pour le second cas de 2 500 MW.

¹⁰ Père de la thermodynamique, Nicolas Léonard Sadi Carnot est un physicien et ingénieur français né le 1^{er} juin 1796, décédé le 24 août 1832. Son œuvre unique et magistrale qu'il publia en 1824, s'intitule : *Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance*. Il s'agit ici de la base de la thermodynamique, autrement dit : l'énergie mécanique pouvant être récupérée issue d'une différence de température (Turbines à vapeur d'eau, moteurs à pistons, turboréacteurs, etc.).

Ensuite, il convient de s'entendre entre puissance nette et puissance brute car l'installation, pour ses propres besoins, consomme une partie de l'énergie électrique produite, soit environ 5 %. In fine, pour une centrale de 1000 MW, la puissance nette disponible sortie transformateur MT/THT sera de ≈ 950 MW.



Centrale à neutrons rapides type Bn 800 de 800 MW située à Beloyarsk, près de Sverdlovsk dans l'Oural. (Oblast de Sverdlovsk). Le projet Bn 1200 est en cours d'étude.

Les centrales RNR terminent le cycle du combustible nucléaire en transformant le plutonium en plomb mais également en transmutant d'autres radioéléments issus des centrales à eau pressurisée.

La Russie reste en avance dans le secteur des RNR de grande puissance. Photo. ROSATOM

PRINCIPALES DISPOSITIONS SECURITAIRES ET DE SURETE

Comme résumé en début de ce document, compte tenu des bombardements de l'armée otano-ukrainienne sur les centrales électronucléaires de Zaporijjia et de Kourchatov mais également et il faut le reconnaître, de la méconnaissance du public au sujet de ce type d'installation en général, il a paru judicieux d'apporter des précisions permettant aux personnes intéressées d'obtenir une information précise, didactique et de qualité. Ceci d'autant plus que les nouvelles diffusées à ce sujet par les médias grand public sont souvent de piètre qualité et fréquemment empruntées de parti pris politique ou autres inavouables considérations.

Ce qui suit sera ainsi essentiellement consacré aux installations électronucléaires à eau pressurisée de type REP et VVER, l'EPR situé en France à Flamanville répondant des mêmes critères.

En conclusion, l'objectif de ce document n'est certainement pas d'énoncer des éléments susceptibles de mettre en danger une installation électronucléaire, pas plus que de donner des idées malsaines à des individus ou à des organisations de type terroriste ou autres.

DISPOSITIONS SECURITAIRES

Une installation électronucléaire, quelle que soit la filière, sa puissance ou son lieu d'installation a nécessairement fait l'objet d'importantes études d'implantation, lesquelles en particulier, tiennent compte :

- De l'environnement général, soit : flore, faune, hydraulique, humaine, nature du terrain, sismicité, moyens de communication, proximité de lignes HT/THT existantes ou à construire, etc.
- De mesures physiques de protection comme les clôtures, les possibilités d'accès, etc.
- La protection des bâtiments comme du personnel dont fait partie la sécurité incendie...
- La protection de la salle de commande, etc.
- Les différents cheminements piétonniers ou automobiles, incluant les systèmes d'accès, d'alarme, de vidéo surveillance, etc.

DISPOSITIONS DE SURETE

Ce sont les plus nombreuses dont évidemment l'objectif consiste en toutes circonstances à assurer à la fois le bon fonctionnement des installations mais également leur sûreté lors d'arrêts, qu'ils soient volontaires ou sur incident.

A ce propos, la partie primaire de la centrale (Le réacteur et ses échangeurs de chaleur) comme la partie secondaire, celle hors du bâtiment du réacteur (Groupe turbo alternateur), etc.) disposent de protections automatiques dès l'instant où un paramètre sort de son domaine de consigne, tels que la température, la pression, le débit, le flux neutronique (Puissance du réacteur), les niveaux dans certains réservoirs, les différentes tensions et intensité, etc.

Pour une centrale électronucléaire, l'arrêt du réacteur par suite du fonctionnement de telle ou telle protection automatique ne constitue pas systématiquement un incident comme trop souvent rapporté par les médias mais simplement une précaution permettant l'examen puis la correction de tel ou tel paramètre ayant généré son fonctionnement.

Pour mémoire, au moins en ce qui concerne la France, l'énergie électronucléaire civile gérée par EDF (Electricité de France) n'a jamais entraîné le décès d'un personnel depuis le début de l'exploitation des centrales, soit en 1963 avec le couplage au réseau de Chinon A1, réacteur UNGG de 70 MW nets, ce qui représente 61 années à ce jour et ceci malgré environ 75 tranches¹¹ construites et mises en service. Naturellement, un "*esprit chagrin*" peut toujours dire qu'un accident majeur est toujours possible ce qui est vrai mais oubliant au passage les véhicules automobiles, soit près de 650 000 victimes depuis 1946 sans compter les blessés plus ou moins gravement et les usines chimiques, par exemple...

Durée de vie des centrales REP françaises.

Elle est de 60 années au niveau des calculs. Cette limite tient compte du vieillissement de la cuve du réacteur soumise à l'irradiation. Ce potentiel intègre également les différents transitoires sévères d'exploitation susceptibles de survenir durant cette période, tels que des variations de pression et/ou de température.

La qualité de l'acier est également vérifiée de deux manières, soit :

- Par des éprouvettes de même qualité placées le long de la cuve et prélevées toutes les 5 années. Elles sont ensuite envoyées en laboratoire pour analyse mécanique et chimique.
- Par un essai de pression interne du circuit primaire, décroissant au fur et à mesure de l'âge du réacteur

¹¹ Une tranche correspond à un générateur de vapeur (Classique à flamme ou nucléaire), un Groupe Turbo Alternateur (GTA) et les transformateurs MT/THT, principal (TP) et se soutirage (TS).

Toutefois, en janvier 2020, suivant les dispositions prises avec le PPE (Programme Pluriannuel de l'Énergie), la durée opérationnelle des unités REP sera fixée à 50 années. On peut estimer sans risque que de telles dispositions ou similaires sont prises dans les autres pays utilisant la filière à eau pressurisée, sauf vraisemblablement en ce qui concerne la durée de vie.

Mesures techniques de sûreté

Sans entrer dans les détails, tous les organes auxiliaires dans une centrale électronucléaire sont doublés ou triplés et asservis à deux voies de puissance électrique et de commande différentes. L'indisponibilité, pour une raison ou pour une autre, de l'un d'entre eux a comme conséquence :

- Aucune conséquence.
- Un délai défini de remise en service ou en disponibilité. Dans le cas contraire cela entraîne soit une réduction de puissance, soit éventuellement l'arrêt de l'installation.
- L'arrêt de l'installation suivant un délai défini.
- L'arrêt automatique de l'installation.

C'est ainsi que par acte de malveillance ou attentat, par exemple, toute atteinte à un composant entraîne l'enclenchement et l'application pratique sur consignes d'un niveau de sûreté dont la mise en oeuvre dépend du service conduite de la centrale, ceci depuis la salle de commande.

Le lecteur se reportera en fin de document concernant les niveaux de sûreté définis par l'INES qui précisent d'une manière simple la gravité ou non de telle ou telle situation concernant une installation électronucléaire.

ATTEINTE EXTERIEURE AU REACTEUR

Les réacteurs REP, VVER et RNR¹² sont contenus dans une enceinte étanche en béton armé précontraint doublé à l'intérieur d'une peau métallique épaisse. Au moins en France et pour les centrales REP, cette enceinte est étudiée pour résister à la pression générée par la rupture brutale et hypothétique du circuit primaire mais également à l'impact de la partie la plus lourde d'un avion : le réacteur.

Régulièrement, un essai de pression interne et d'étanchéité est réalisé au moment de certains arrêts techniques pour rechargement du cœur et entretien général.

On observe qu'aux USA, le 28 mars 1979, sur un incident majeur, le réacteur PWR numéro 2 d'une puissance de 870 MW de la centrale située à Three Miles Island se retrouva sans eau. La montée en température fut rapide et environ un tiers des éléments combustibles contenus dans la cuve fondirent, soit à plus de 2 200 °C. Il n'y eut aucun dommage extérieur et aucune atteinte d'aucune sorte à qui que ce soit. Seule, la facture financière fut lourde pour la société privée exploitante... On peut le comprendre !

ATTEINTE AU GROUPE TURBOALTERNATEUR

N'étant pas directement intéressé par la sûreté dédiée à la partie nucléaire, le groupe turboalternateur et ses auxiliaires ne répondent que de protections automatiques qui leur sont propres (Pression d'huile, puissance, vitesse, vibration de la ligne d'arbre, protections électriques de l'alternateur, pression d'échappement vapeur des corps basse pression, etc.) ou d'une action volontaire depuis la salle de commande (Arrêt programmé...).

¹² Il en est de même pour les filières UNGG et RBMK mais c'est le réacteur qui est contenu dans une enceinte en béton armé résistant à la pression interne du gaz (UNGG) ou de l'eau (RBMK).

Un arrêt sur protection automatique du GTA entraîne l'arrêt à chaud du réacteur, c'est-à-dire que les barres de contrôle chutent mais le réacteur reste aux conditions nominales, prêt à remonter en puissance dès que possible.

ATTEINTE A LA PRISE D'EAU GENERALE

Une centrale électronucléaire consomme peu d'eau pour ses propres besoins, soit environ 1% du débit nécessaire au refroidissement du condenseur situé sous l'échappement des corps basse pression de la turbine, lequel nécessite environ 45 m³ par seconde pour un GTA de 1000 MW.

La perte de la station de pompage de l'eau brute de refroidissement dans un fleuve, dans la mer ou dans une retenue d'eau entraîne automatiquement le déclenchement du GTA et immédiatement et dans un premier temps, celui du réacteur vers l'arrêt à chaud.

Toutefois, si l'incident est grave, il ne met pas systématiquement la sûreté de l'installation en jeu car il existe toujours une source auxiliaire d'eau de refroidissement, en général depuis une retenue d'eau à proximité dont le niveau est toujours maintenu constant ou une autre disposition annexe.

ATTEINTE A UN REFRIGERANT ATMOSPHERIQUE

S'il s'agit d'une unité totalement sur réfrigérant atmosphérique, on peut supposer que l'endommagement de cette construction ne peut être que partiel ce qui entraîne ou non une perte totale de la source froide. Cependant, on retombe à peu près dans le schéma ci-dessus, celui de la prise d'eau dans un fleuve ou dans la mer.

Dans un autre cas, celui d'un réfrigérant annexe, son indisponibilité ne présente que peu d'intérêt pour la sûreté de l'installation. L'exemple en est donné par la destruction de la dispersion de l'un des deux réfrigérants atmosphériques de la centrale de Zaporijjia.¹³



**Effondrement puis construction provisoire de l'un des deux réfrigérants atmosphériques de la centrale à charbon de Bouchain (250 MW - Département du nord de la France)
Photos. EDF**

¹³ Du même auteur, consulter l'article : L'INCENDIE DU REFRIGERANT ATMOSPHERIQUE DE LA CENTRALE ELECTRONUCLEAIRE DE ZAPORIJJIA.

A titre d'exemple...Le 30 août 1979, une fissure est constatée sur l'un des deux réfrigérants atmosphériques de la centrale thermique à charbon de Bouchain. Malgré une réparation, le 24 octobre 1979 le réfrigérant s'effondre.

Une solution innovante est alors mise en place en étudiant puis en réalisant rapidement un réfrigérant métallo-plastic.

Cette construction fait appel à un mât autour duquel sont centrés des anneaux en acier qui permettent la tension d'une toile en PVC armé. In fine, l'ensemble est relevé jusqu'à 90 m de hauteur. Malgré différentes tempêtes, cette construction donnera satisfaction durant 10 années puis il sera remplacé par une nouvelle construction en béton armé.



ATTEINTE A LA PISCINE DE DESACTIVATION

Toute centrale électronucléaire possède dans chaque tranche une piscine de désactivation du combustible nucléaire usé mais également d'entreposage pour le combustible neuf.

Celle-ci est remplie en eau borée en quantité suffisante pour que le rayonnement nucléaire à l'extérieur soit quasiment nul. Le combustible usé est placé dans des racks durant au moins trois années de manière à perdre une partie de son activité nucléaire, conséquence de certains radioéléments à durée de vie moyenne. Naturellement, les calories émises par ces éléments combustibles usés doivent être évacuées par un circuit d'eau de refroidissement qui est propre à chaque piscine.

Cette installation est protégée par un bâtiment en béton armé,

PERTE DE LIGNE THT D'EVACUATION D'ENERGIE

Chaque GTA débite l'énergie électrique produite sur le réseau Très Haute Tension (THT) par l'intermédiaire d'un transformateur triphasé MT/THT, soit généralement 20/380 kV, la première tension étant celle maintenue aux bornes de l'alternateur de l'unité électronucléaire. Naturellement, ces tensions correspondent aux centrales françaises mais peuvent varier suivant les pays ce qui ne change rien sur le fond.

La perte de ce transformateur entraîne immédiatement l'arrêt du GTA et du réacteur correspondant. Il n'y a aucune conséquence au niveau de la sûreté de l'installation affectée. Voir schéma de principe du réseau THT et MT d'une centrale électronucléaire française ci-après. On peut considérer que l'idée de base et/ou la réalisation sont plus ou moins de même dans les autres pays. Pour ces derniers, les tensions sont données à titre indicatif et varient également suivant les installations comme celles du réseau HT/THT extérieur.

On observe également que le transformateur de soutirage (TS) est connecté avant ou après le transformateur principal mais plutôt après pour les centrales électronucléaires actuelles.

PERTE DE LA LIGNE HT DE SECOURS

Au moins en France, les centrales possèdent une ligne HT ou THT de secours (63/220 ou 380 kV) et un transformateur propre à chaque tranche dont le rôle est d'alimenter tous les matériels auxiliaires de l'unité en question. Cette ligne est utilisée en cas d'indisponibilité de la ligne principale d'évacuation d'énergie mais pas en fonctionnement normal.

Son indisponibilité affecte le niveau de sureté mais pas la sécurité de l'installation.¹⁴

ILOTAGE

En cas d'ouverture du disjoncteur THT d'évacuation d'énergie situé après le transformateur principal, la tranche électronucléaire passe automatiquement en ilotage, autrement dit la puissance du GTA est immédiatement réduite à celle nécessaire pour les matériels auxiliaires permettant son fonctionnement, soit environ 5 % de P_n (Puissance nominale). L'incident étant identifié puis résolu, la tranche affectée est recouplée au réseau et sa puissance remontée au niveau désiré. Ceci n'affecte ni la sécurité, ni la sureté de l'installation.

PERTE DES DEUX LIGNES THT et HT

La perte simultanée des deux lignes, soit évacuation d'énergie et secours, entraîne immédiatement l'arrêt du GTA, celui du réacteur dans un premier temps en arrêt à chaud et le démarrage automatique des diesels de secours, généralement au nombre de deux mais un seul suffit. Ces groupes vont permettre d'alimenter tous les auxiliaires nécessaires pour le maintien en situation de sureté de l'installation, y compris l'alimentation des batteries de secours (Cf. inondation de la centrale de Blayais).

PERTE DES DEUX LIGNES ET DES DIESELS DE SECOURS

Cela commence évidemment à faire beaucoup... Toutefois, cette situation est prévue et palliée de la manière suivante :

- Mise en service d'un groupe de diesels communs à la centrale incluant ou non une turbine à combustion (TAG fonctionnant au Gazole).
- Charge des batteries de secours dont l'autonomie est prévue pour assurer les fonctions vitales de la tranche pendant une durée suffisante permettant le rétablissement vers une situation plus stable.

THERMOSIPHON

Sur incident conduisant à l'arrêt du réacteur et à la perte des lignes HT-THT d'alimentation et de secours, la puissance demandée par chaque pompe du circuit primaires du réacteur étant en moyenne de 7 MW par boucle pour des tranches REP 900 et 1 300 MW, il est évident que les groupes diesels sollicités ne peuvent pas les alimenter. Cela conduit la circulation de l'eau dans les boucles du réacteur à s'arrêter. Toutefois, dans cette situation, si les grappes de réglage et de sécurité sont bien tombées, provoquant l'arrêt du réacteur en question, il reste la puissance résiduelle de 1% de P_n à évacuer ce qui n'est pas négligeable.

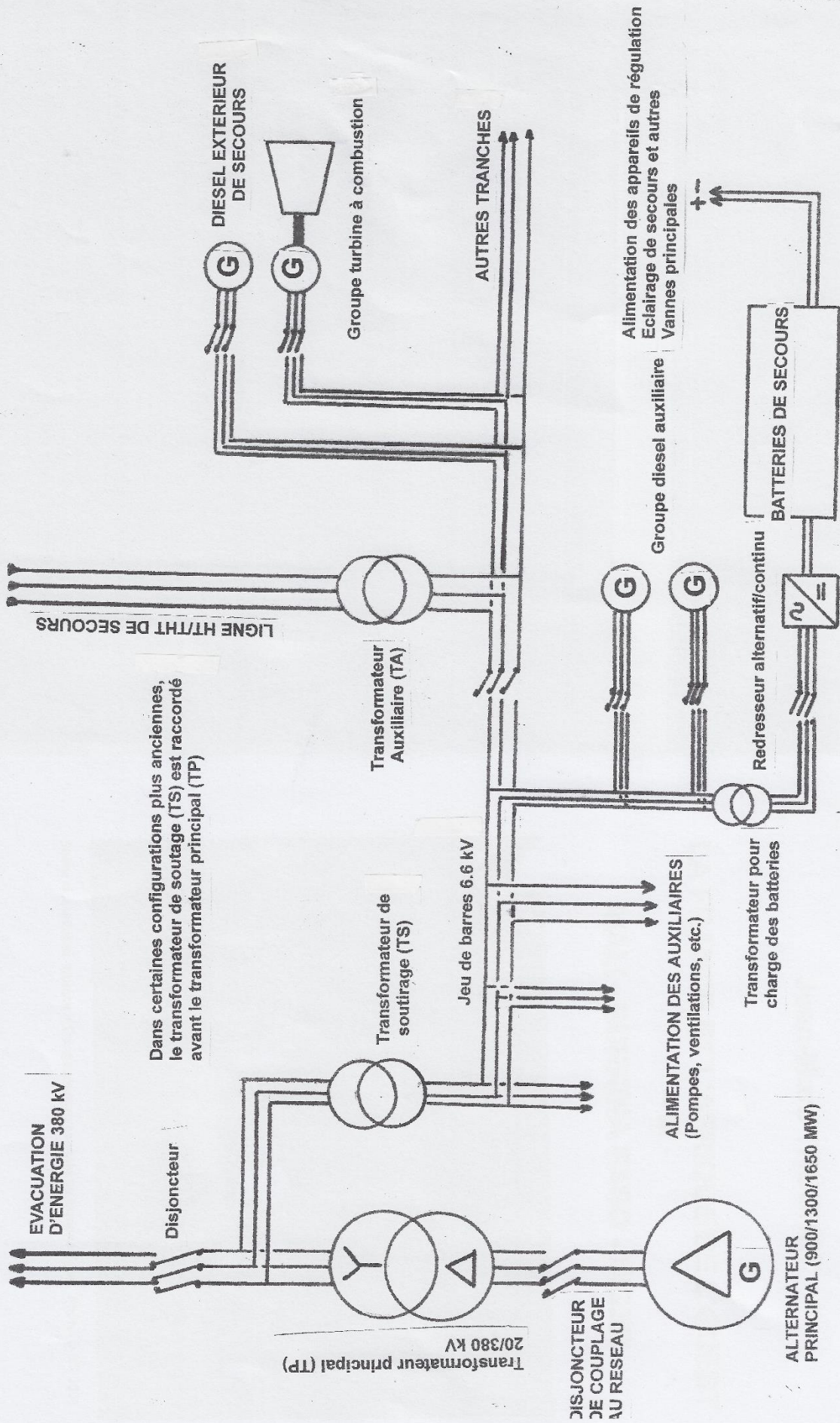
Dans ce cas, les groupes diesels disposent de la puissance nécessaire pour conduire le réacteur dans une position de sécurité via un circuit secondaire, éventuellement vers l'arrêt à froid, c'est-à-dire à température ambiante.

Par ailleurs, la position des générateurs de vapeur, toujours alimentés en eau déminéralisée côté secondaire (Côté GTA) entraîne la formation d'un thermosiphon côté primaire grâce à la chaleur résiduelle fournie par le réacteur (Cf. schémas Sté. Framatome).

La vapeur d'eau ainsi produite en sommet des générateurs de vapeur (GV) est évacuée, directement dirigée vers le condenseur en contournant la turbine, soit éventuellement à l'atmosphère par une soupape télécommandée. Il n'y a ainsi aucune conséquence pouvant mettre directement en jeu la sureté de l'installation.

¹⁴ Voir ci-après ce qui est entendu par niveau de sureté.

**SCHEMA DE PRINCIPE - ENERGIE ELECTRIQUE DE PUISSANCE
CENTRALE ELECTRONUCLEAIRE 900-1300-1650 MW (France)**
© Jean-Marc TRUCHET. Septembre 2024



SEISMES ET INONDATIONS

Séisme

Au moins en ce qui concerne la France, les études intègrent une recherche historique sur 1000 années pour chaque site considéré.

Ainsi, chaque centrale électronucléaire répond à ce qui est appelé Séisme Majoré de Sécurité (SMS). A titre d'exemples :

- Centrale électronucléaire de Dampierre en Burly (Département du Loiret - 4 groupes REP de 905 MW). SMS VII.
- Centrale électronucléaire de Gravelines (Département du Nord - 6 groupes REP de 910 MW). SMS VII/VIII.
- Centrales électronucléaires du Tricastin et de Cruas (Drome et Vaucluse - 4 groupes REP respectivement de 905 et 910 MW. SMS VIII/IX.

L'intensité est donnée sur l'échelle de Richter.

- VII correspond à un séisme destructeur au niveau habitat et autres constructions similaires.
- VIII est idem mais avec une plus grande étendue des effets incluant aussi des dégâts plus importants.
- IX est relatif à un séisme très destructeur et étendu, pouvant également provoquer des modifications visibles de surface.

Ces dispositions font l'objet de réévaluations périodiques en fonction des événements et des connaissances. Pour certains sites, ceci a déjà entraîné des travaux supplémentaires de génie civil ou d'autres dispositions sécuritaires.

Le comportement des bâtiments contenant les matériels nucléaires, soit : bâtiment réacteur, bâtiment contenant la piscine de désactivation, bâtiment des pompes de sécurité, etc. d'une centrale électronucléaire font l'objet de tests de comportement sur maquettes.

Pour mémoire, un séisme d'intensité 5.4 sur l'échelle de Richter eut lieu le 11 novembre 2019 dont l'épicentre se situait au niveau de la commune de Le Teil, en Ardèche du sud. Sa durée ne dépassa pas 5 secondes mais néanmoins, il occasionna beaucoup de dégâts à l'habitat local, en particulier au niveau de fissures de murs.

En revanche, la centrale électronucléaire de Cruas comportant 4 groupes REP de 910 MW, située à environ 14 km de Le Teil, ressentit et enregistra évidemment ce séisme mais sans aucune conséquence. Ce n'était d'ailleurs pas le premier.

Centrale électronucléaire de Cruas, en bordure du Rhône.

4 groupes REP de 910 MW sur réfrigérants atmosphériques. En second plan, une incontournable éolienne "écolo" ?..

Pas de quoi alimenter la centrale, sauf peut-être une partie de l'éclairage si toutefois il y a du vent.



Inondations

En France, tous les sites sur lesquels sont installés une centrale électronucléaire (En bordure de fleuves, de mer comme sur réfrigérants atmosphériques) font l'objet d'une étude historique sur les 100 dernières années avant la construction. Le terrain est ainsi hors d'eau centenaire. Tous les moteurs des pompes liées à la sûreté du réacteur sont par nature étanches.¹⁵

Pourtant, lors de la tempête du 27 décembre 1999, la centrale électronucléaire du Blayais, en bordure de la Gironde, s'est retrouvée les pieds dans l'eau, entraînant l'arrêt des tranches 1 à 3 fonctionnant à 100 % de puissance, la tranche 4 étant déjà à l'arrêt pour rechargement. Cependant, si la situation était sérieuse, cela n'a pas conduit à un accident majeur et les mesures correctrices afin d'éviter le renouvellement d'une telle situation ont été très rapidement prises par EDF, à savoir en particulier :

- Rétablissement des lignes THT d'évacuation d'énergie conduisant à l'arrêt des groupes diesels de chaque tranche, lesquels avaient automatiquement, démarré.
- Evacuation de l'eau contenue dans différents locaux.
- Quant au niveau d'activité radiologique autour de la centrale, celui-ci est resté le même qu'avant l'incident.
- Réparation de la digue entourant la centrale côté Gironde et augmentation de son niveau.
- Information et mesures préventives à mettre en œuvre adressées aux centrales pouvant être concernées sur le territoire national (Retour d'expérience).
- Transmission des informations à l'IRS (Incident Reporting System) pour les sociétés propriétaires étrangères de centrales électronucléaires.¹⁶

Ces deux derniers points sont importants à connaître. En effet, comme en matière d'aviation, tout incident même mineur est identifié, analysé et connu des différentes centrales comme des autorité de sûreté suivant son importance (Cf. ci-après). Ensuite, ces mêmes informations sont transmises aux exploitants de centrales électronucléaires étrangers et réciproquement, toutefois pour ceux qui sont membres de ce réseau d'informations.

A ce propos, on peut regretter la situation actuelle créée par l'Occident à l'égard de la Russie, par ailleurs membre de l'AIEA (Cf. ci-après) car cela isole chacun d'informations réciproques très intéressantes. Ceci est d'autant plus regrettable que les relations entre la Russie et la France étaient excellentes dans différents domaines techniques dont en matière de réacteurs à neutrons rapides (RNR).

A nouveau, l'on ne peut que constater que des intérêts souvent inavouables, apparaissent plus importants qu'une salubre et sincère coopération pour l'intérêt des peuples qui semble tout de même primordiale et au-delà de toutes autres considérations.

¹⁵ Consulter à ce sujet sur Internet le rapport de l'IRSN (Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire), particulièrement bien étayé et rédigé.



Centrale électronucléaire REP du Blayais (Département de la Gironde - France). Suite à la tempête du 27/28 décembre 1999, le marais, les champs ici visibles comme les premières habitations étaient par endroits de plusieurs mètres sous l'eau. Photo. A.D.

RECHAUFFEMENT DE L'EAU ET DE L'AIR

Il s'agit ici d'une question qui revient régulièrement, soit à travers les médias, soit au niveau de personnes soucieuses de l'environnement.

En ce qui concerne l'eau de fleuve ou de mer, l'élévation de température au rejet des condenseurs n'est quasiment plus sensible au-delà de 5 à 6 km.

Pour les centrales sur réfrigérants atmosphériques, c'est encore plus court puisqu'il s'agit d'un circuit semi-fermé pour lequel le rejet d'eau ne correspond qu'à la purge de déconcentration du bassin du réfrigérant atmosphérique (Eau non réchauffée).¹⁷ Eventuellement, à l'eau nécessaire pour le refroidissement de la piscine de désactivation et/ou du réacteur à l'arrêt à froid dans le cas où le réfrigérant atmosphérique serait indisponible. Dans les deux cas, on observe d'ailleurs que les poissons ne s'y trompent pas, préférant une eau quelque peu tempérée à une eau plus froide... A tel point que certains rejets des telles eaux en fleuve (Loire...) ont fait l'objet de zones de reproduction où la pêche est interdite.

Au sujet du réchauffement de l'air, cela concerne essentiellement les unités sur réfrigérants atmosphériques. Des expériences aériennes menées à partir d'avion vers 1982 à la centrale de Dampierre en Burly, soit 4 tranches de 905 MW, suivant les conditions météorologiques, ont montré une quasi absence d'effet au-delà de 4 à 5 km des panaches de vapeur d'eau. Enfin, la puissance des GTA est réduite dans la mesure où l'eau du fleuve, en aval du rejet d'eau réchauffée devient trop élevée. Ceci est particulièrement applicable en saison chaude mais c'est aussi une période durant laquelle des unités sont à l'arrêt pour entretien-rechargement en combustible nucléaire.

¹⁷ Cette purge de déconcentration est ouverte en permanence durant le fonctionnement de la tranche concernée. Comme son nom l'indique, elle évite une accumulation de sels minéraux (Calcium, magnésium, etc.) contenus dans l'eau douce du fleuve ou du lac, introduits par l'appoint permanent au réfrigérant, soit environ 10 % du débit nécessaire à un circuit ouvert avec pompage direct.

ORGANISMES DE CONTROLE

EN FRANCE

L'Autorité de Sureté Nucléaire (ASN)

L'ASN assure au nom de l'état français le contrôle de la sureté nucléaire et de la radioprotection pour protéger les personnes et l'environnement.

En particulier, c'est l'ASN qui donne l'autorisation pour la divergence d'un réacteur lorsque toutes les opérations nécessaires ont été réalisées et approuvées par elle (Cf. site internet).

L'Institut de Radioprotection et de Sureté Nucléaire (IRSN)

L'IRSN est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), expert public en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques (Cf. site internet).

Domaine d'activité

Le champ de compétences de l'IRSN couvre l'ensemble des risques liés aux rayonnements ionisants, utilisés dans l'industrie ou la médecine ou encore les rayonnements naturels. Il exerce ses missions d'expertise et de recherche dans les domaines suivants :

- Surveillance radiologique de l'environnement et intervention en situation d'urgence radiologique.
- Radioprotection de l'homme.
- Prévention des accidents majeurs dans les installations nucléaires.
- Sûreté des réacteurs.
- Sûreté des usines, des laboratoires, des transports et des déchets.
- Expertise nucléaire de défense.

Les activités de recherche de l'IRSN, réalisées le plus souvent dans le cadre de programmes internationaux, lui permettent de maintenir et de développer son expertise et d'asseoir sa stature internationale de spécialiste des risques dans ses domaines de compétence, soit :

- La sûreté nucléaire.
- La sûreté des transports de matières radioactives et fissiles.
- La protection de l'homme et de l'environnement contre les rayonnements ionisants.
- La protection et le contrôle des matières nucléaires.
- La protection des installations nucléaires et des transports de matières radioactives et fissiles contre les actes de malveillance.

Niveaux de sureté

Suite à l'accident de la centrale RBMK de Tchernobyl en 1986, une échelle de gravité utilisée au plan international fut mise en pratique dès 1991. Elle permet immédiatement d'identifier le niveau de risque et permet ainsi d'informer la population comme les médias.¹⁸

¹⁸ Cette échelle de gravité ne doit pas être confondue avec les dispositions propres à l'exploitation d'une unité électronucléaire comme indiqué à l'alinéa : **Mesures technique de sureté** qui concernent les dispositions prises, par exemple, suivant l'indisponibilité partielle pour une raison ou pour une autre, de tel ou tel matériel. Une situation qui peut éventuellement entraîner une réduction de puissance du GTA et ainsi du réacteur, voire un arrêt dans la mesure où le matériel ne serait pas remis en service suivant un délai défini dans les consignes de conduite.

Cette échelle est connue sous le sigle INES (International Nuclear Event Scale) et comporte 8 niveaux comme indiqué ci-dessous :

7 - Accident majeur.

6 - Accident grave.

5 - Accident entraînant un risque hors du site de l'installation.

4 - Accident n'entraînant pas de risque important hors du site de l'installation.

3 - Incident grave

2 - Incident

1 - Anomalie

0 - Ecart (Par rapport aux niveaux de consigne de fonctionnement de l'installation)

A ce jour, seuls deux événements ont été classés au niveau 7, soit l'accident du réacteur RBMK N°4 de la centrale de Tchernobyl le 26 avril 1986 en Ukraine et celui de la centrale de Fukushima Daiichi, filière BWR en mars 2011 au Japon.

Fusion ASN/IRSN

Issue de la relance d'un programme électronucléaire en France à travers la construction de 6 EPR (Evolutionary Power Reactor), une nouvelle loi datée du 21 mai 2024 définit l'organisation de la sûreté nucléaire et de la radioprotection.

Il est ainsi annoncé qu'au 1^{er} janvier 2025 les activités de l'ASN et de l'IRSN seront fusionnées dans une nouvelle entité nommée ASNR (Autorité de Sûreté Nucléaire et de Radioprotection). Son statut sera celui d'une autorité indépendante, interlocuteur unique, indépendant du gouvernement et des exploitants.¹⁹

INTERNATIONAL - L'AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique)

L'origine date de l'assemblée générale des Nations Unies (ONU) du 24 janvier 1946 où sur proposition des puissances occidentales il fut décidé d'organiser un contrôle de l'énergie nucléaire comme en ce qui concerne la réduction des armements de ce type.

Lors de l'AG de l'ONU le 8 décembre 1953, le président américain Dwight Eisenhower, proposa la création d'une Agence Internationale qui serait chargée de l'utilisation et du contrôle des matières nucléaires.

Les statuts de l'AIEA seront approuvés le 23 octobre 1956 par 91 Etats et le siège en fut décidé à Vienne en Autriche.

Le début d'activité de l'AIEA date de 1957 et en 2020 la Russie se joignit à l'organisation portant le nombre d'adhérents à 171 membres pour 193 à l'ONU

Rôle de l'AIEA

En premier lieu, il consiste à vérifier qu'un usage fiable et pacifique est bien pratiqué concernant les technologies liées à l'énergie nucléaire comme au respect des traités de non-prolifération des armements et leur limitation (TNP...).

Dans ce cadre et en particulier, elle assure les fonctions suivantes :

- L'inspection des installations existantes pour s'assurer de leur usage pacifique.
- L'information comme les publications de normes pour la stabilité et la sûreté des installations nucléaires.
- Des liens et des contacts pour la recherche d'applications pacifiques.

Pour mémoire, à la demande de la Russie, les inspecteurs de l'AIEA sont en permanence sur les sites des centrales électronucléaires de Zaporijjia et de Kourchatov (Koursk).

¹⁹ Consulter le site, Vie publique, sur internet pour plus de détails.

TERRORISME NUCLEAIRE

Sans entrer dans un débat politique, sauf faire preuve de mauvaise foi l'on ne peut néanmoins que constater le rôle incontournable de l'Occident dans la poursuite du conflit avec la Russie par l'Ukraine interposée. Or, il est également important de se souvenir que ce pays figure en première position des nations mafieuses en Europe et dans les premiers de la classe dans le monde.

Par conséquent, en acceptant d'envoyer argent et armes de plus en plus sophistiquées au régime politique en place comme d'ailleurs au précédent, c'est évidemment activement participer à l'escalade conflictuelle avec la Russie, tout en oubliant au passage les raisons qui ont nécessité son intervention dans le Donbass le 24 février 2022.

Plus grave encore, les nombreux bombardements sur la centrale électronucléaire de Zaporijjia et plus récemment celui de la centrale de Kourchatov (Koursk) dont deux réacteurs RBMK similaires à ceux de Tchernobyl sont toujours en fonctionnement, relève d'actions purement criminelles.

Toutefois, les demandes récentes et répétées de Kiev auprès de l'Occident pour obtenir l'autorisation de bombarder en profondeur la Russie à partir d'armes à longue portée, outre le fait qu'il s'agit manifestement là d'une déclaration de guerre, pourront parfaitement se traduire soit par des bombardements effectifs sur la centrale de Kourchatov, soit sur d'autres.

Sans faire preuve de machiavélisme, on peut également envisager un chantage nucléaire, y compris sur des centres russes d'études en la matière mais aussi sur les centrales nucléaires en Ukraine, prétextant que ce serait le fait des Russes. Lorsqu'un état en arrive à un tel point, il est alors envisageable d'estimer que rien ne l'arrêtera vers de telles actions.

Pour mémoire, l'inquiétude de l'AIEA est grande à l'égard de ces attentats, à tel point qu'un appel récent à cesser ces actions fut lancé par son Directeur général, Mr. Rafael GROSSI puis une mise en garde également répétée par le Directeur général de ROSATOM, Mr. Alexey LIKHACHEV...²⁰ A cela s'ajoute une récente communication télévisée particulièrement claire du Ministre des Affaires Extérieures, Mr. Sergueï LAVROV, rappelant le souvenir de Tchernobyl qui intéressa toute l'Europe.

Il est alors difficile de penser que ce conflit puisse désormais trouver une solution pacifique car il ne serait évidemment pas dans l'intérêt du gouvernement russe de se plier à une telle menace.

Il apparaît assez clair qu'en autorisant Kiev à bombarder en profondeur la Russie ou simplement en laissant discrètement faire comme ce fut le cas pour d'autres armes... En cas d'une telle action, le monde risque rapidement d'entrer dans une autre époque, celle de l'ère conflictuelle nucléaire, qu'on l'appelle troisième guerre mondiale ou pas.

Un événement cataclysmique auquel l'Europe incluant l'Angleterre pour n'aborder qu'elle, n'est absolument pas préparée. Quant aux USA, ils ne sont plus une île à l'abri du danger mais pris en sandwich entre les missiles russes et ceux pouvant provenir de Chine comme de Corée du nord...

CONCLUSION

Le souci principal pour une centrale électronucléaire RBMK, VVER, REP, BWR ou RNR²¹ concerne essentiellement la source froide car même à l'arrêt, la puissance d'un tel réacteur nucléaire reste stable à 1% de Pn (Puissance thermique Nominale). Pour un réacteur de 1000 MW, soit 2985 MW thermiques, cela représente environ 4.5 m³/s d'eau brute.

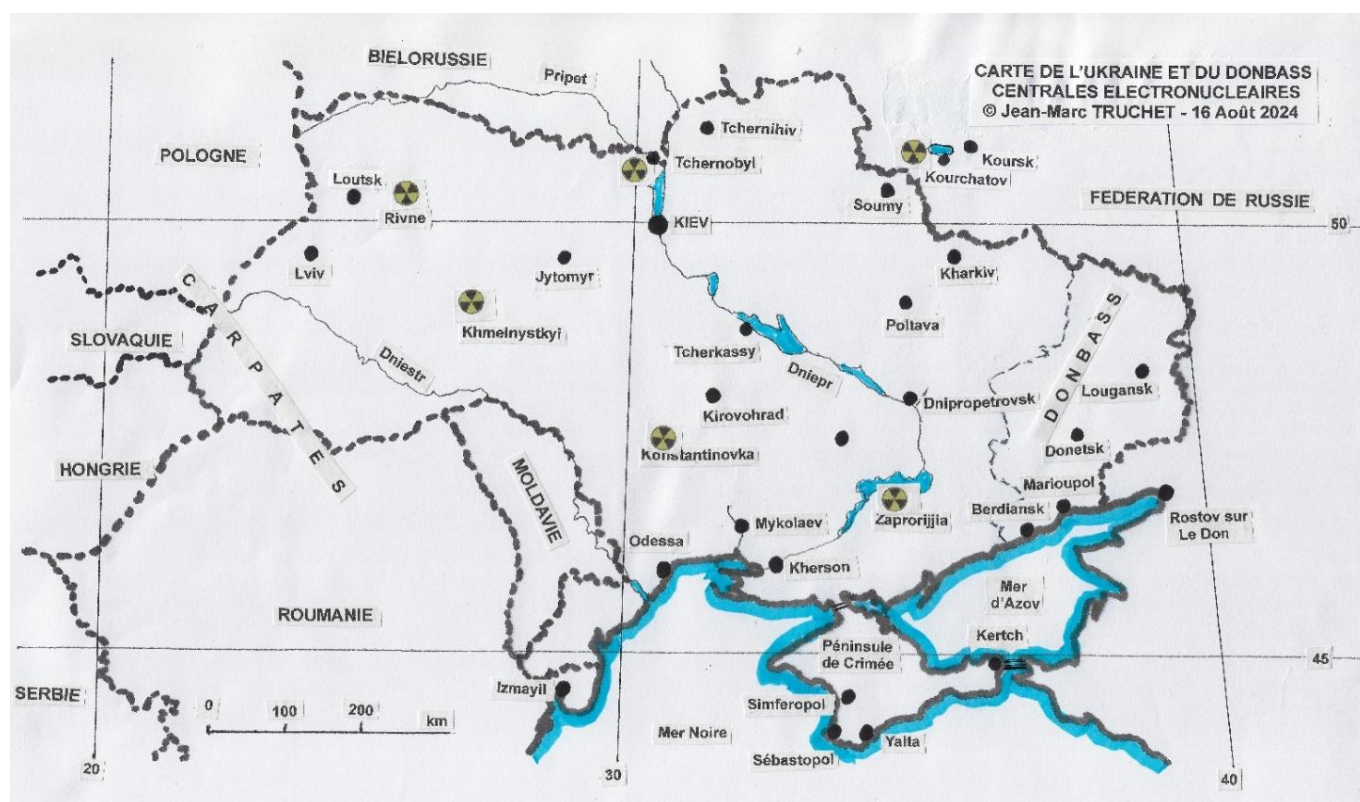
²⁰ Les dates ne sont pas indiquées mais ces communications doivent être situées par rapport à la date de rédaction du présent document. Il s'agit de la première quinzaine de septembre 2024.

²¹ Il en est de même pour les unités UNGG et RBMK mais avec une nuance pour ces dernières car ne bénéficiant pas des mêmes dispositions qu'actuellement prises en matière de sûreté. Toutefois, les réacteurs UNGG connus sont tous à l'arrêt et il reste très peu de tranches RBMK en service mais dont l'arrêt est également programmé pour les années à venir.

Toutefois, comme ci-dessus exposé, au moins en France mais on peut penser qu'il en est de même ailleurs, des dispositions particulières sont prises lors de l'étude puis de la construction pour pallier ce genre de situation en attendant la remise en état de la prise d'eau dans le cas où celle-ci serait affectée.

Quant aux pertes d'alimentation électrique extérieure THT/HT, des groupes diesel dédiés à chaque tranche se substituent automatiquement à cette défaillance avec une grande autonomie de carburant. A cela s'ajoute généralement une ou des unités extérieures pouvant être affectées à l'alimentation électrique de l'unité en difficulté.

Comme on peut le constater et malgré tout ce qui se dit et s'écrit, si un acte terroriste est toujours à craindre comme à Zaporijjia ou à Kourchatov, il n'est néanmoins pas évident de mettre en graves difficultés une centrale électronucléaire de type REP, VVER, BWR²² ou RNR... Sauf évidemment, à utiliser des armes en conséquence ce qui ne manque pas de préoccuper compte tenu des demande répétées de Kiev à bombarder en profondeur le Russie.²³



Suivant cela, observons à nouveau que les va-t'en guerre européens et étasuniens, par les livraisons d'armes au gouvernement ukrainien, cautionnent de fait les attentats perpétrés contre ces deux centrales.

Imaginons un instant que les Russes pratiquent de même contre les installations électronucléaires ukrainiennes, voire en France ou aux USA ?

²² Avec une nuance pour cette technologie qui ne possède pas d'échangeurs intermédiaires entre le circuit primaire et le circuit secondaire. L'accident de Fukushima doit également être examiné sous cet angle, même si les conditions ayant prévalu à cette catastrophe étaient particulièrement sévères.

²³ En réalité, il s'agit pour le régime de Kiev d'obtenir des missiles de type SCALP ou STORM SHADOW dont la portée maximale est de 350 km ce qui reste périphérique pour la Russie. Toutefois, lancés d'avions F16, la portée peut être sensiblement accrue, appareils de chasse et de bombardement déjà sur place ou aux frontières avec certains pays de l'OTAN.

Cependant, pour revenir à la sûreté des centrales électronucléaires, à titre d'exemple, la destruction partielle du barrage de Kakhovka dans la nuit du 6 juin 2023 par l'armée ukrainienne (Superficie de 1850 km²), a entraîné d'énormes inondations en aval et une très sensible baisse de niveau, néanmoins sans réellement mettre la centrale en grave danger mais conduisant cependant à son arrêt total.



Autre vue de la centrale électronucléaire de Kourchatov (Oblast de Koursk) et ses quatre groupes RBMK de 1000 MW dont deux sont encore en service (Cf. carte ci-dessus, en haut à droite) Photo ROSATOM

Quoi qu'il en soit, ne pas oublier que le présent document ne peut nécessairement que rapporter et/ou traduire un nombre limité de mesures sécuritaires comme en matière de sûreté parmi les plus importantes prises lors de l'étude puis dès la réalisation d'une centrale électronucléaire ce qui est déjà très important...

Globalement et sans préjuger de l'avenir, on peut néanmoins avancer, au moins pour ce qui concerne la France mais c'est sans doute désormais similaire dans les pays qui se dirigent vers l'exploitation de l'énergie électronucléaire de grande puissance, que la sécurité comme la sûreté de ces installations n'ont jamais été aussi développées malgré tout ce qui se dit et s'écrit ici ou là, sans aborder les "*avis autorisés de nombreux grands spécialistes...*"

Quoi que l'on en dise, il apparaît néanmoins que l'énergie électronucléaire présente un certain nombre d'avantages, naturellement sous réserve d'avoir conscience des contraintes qu'elle impose en matière de sécurité et de sûreté.

Suivant cela mais également à travers les échanges d'informations et de retour d'expérience qui se pratiquent entre exploitants depuis longtemps à travers le monde, l'énergie électronucléaire ne pourrait-elle pas devenir un puissant facteur de compréhension et de coopération entre les êtres humains, conduisant à la paix puis au désarmement nucléaire ?

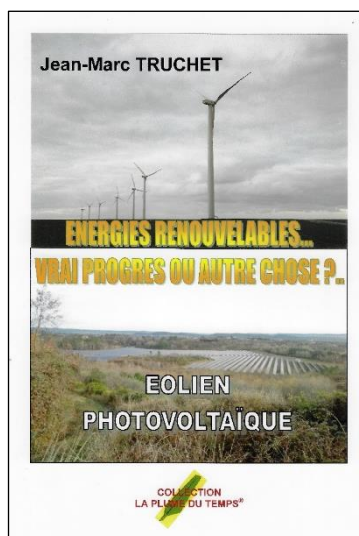
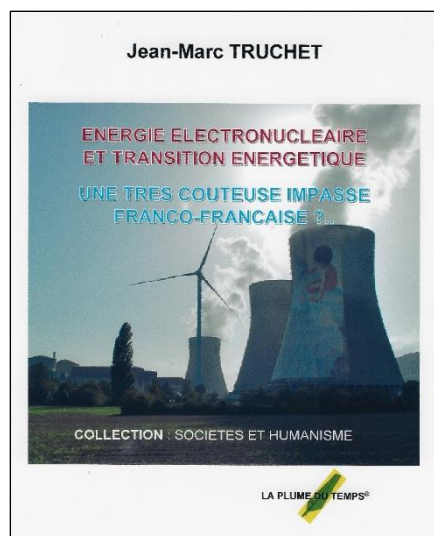
Toutefois, ceci exige de faire preuve d'un peu d'intelligence et de réfléchir en conséquence pour transformer ces exigences sécuritaires en une excellente opportunité.

A travers le conflit qui se déroule en Ukraine, n'y a-t-il rien d'autre de mieux à faire que de l'entretenir pour le seul bénéfice du complexe militaro-industriel occidental dont américain en particulier avec ses divers intérêts inavouables, mettant ainsi en danger les centrales de Zaporijjia et de Kourchatov et peut-être d'autres demain ?

Où se situe exactement la valeur de l'Humanité ? A méditer...

DOCUMENTATION PERTINENTE (Du même auteur)

- 210 ANNEES D'AGRESSION DE L'OCCIDENT CONTRE LA RUSSIE (Article).
- LA RUSSIE AUJOURD'HUI (Article).
- L'INCENDIE DU REFRIGERANT ATMOSPHERIQUE - CENTRALE ELECTRONUCLEAIRE DE ZAPORIJJIA (Article)
- PRODUCTION D'ELECTRICITE EN FRANCE... UNE CURIEUSES SITUATION (Article).
- QUEL AVENIR DANS LE MONDE POUR LES CENTRALES ELECTRIQUES A CHARBON ET A LIGNITE ? (Article).
- QUEL AVENIR POUR LA VOITURE ELECTRIQUE EN FRANCE ET EN EUROPE ?.. (Article).
- TRANSITION ENERGETIQUE ET ENERGIE ELECTRONUCLEAIRE (Livre)
- OPERATION BARKHANE, ENERGIE ELECTRONUCLEAIRE, CONFLIT EN UKRAINE, AFRIQUE DE L'OUEST ET TRANSITION ENERGETIQUE (Livre et Article).
- L'ARME ATOMIQUE ET LA SECONDE GUERRE MONDIALE (Article).



LIVRES DU MEME AUTEUR

**ENERGIE ELECTRONUCLEAIRE ET TRANSITION ENERGETIQUE
UNE TRES COUTEUSE IMPASSE
FRANCO-FRANCAISE ?..**

**ENERGIES RENOUVELABLES...
VRAI PROGRES OU AUTRE
CHOSE ?..**

TOUS LES AUTRES ARTICLES ET LES AUTRES ETUDES SONT EGALEMENT EN ACCES GRATUIT SUR LE SITE : Site : www.laplumedutemps.net

© Jean-Marc TRUCHET - 15 septembre 2024.
