

Annexe 1 : Historique des événements survenus sur le réacteur 3 de Cattenom

Historique

Date	Événement
Août - octobre 1996	<i>Arrêt du réacteur pour rechargement en combustible. 1^{er} cycle de la gestion GEMMES, avec des campagnes de 18 mois</i>
4 novembre 1996	<i>Montée en puissance trop rapide en phase de redémarrage (1/INES).</i>
Février - avril 1998	<i>Arrêt du réacteur pour rechargement en combustible. 2^{ième} cycle de la gestion GEMMES.</i>
Juillet - septembre 1999	<i>Arrêt du réacteur pour rechargement en combustible. 3^{ième} cycle de la gestion GEMMES.</i>
Décembre 1999	<i>Début de variation de puissance sur ce cycle.</i>
Octobre 1999	<i>Détection d'un taux élevé de radioactivité sur le primaire avec l'apparition du Xénon 133 dans le primaire.</i>
Octobre 1999 - juin 2000	<i>Stabilité des activités du Xénon 133 mais progression de celles des Iodes.</i>
1 juin 2000	<i>Le rapport Césium révèle la présence d'au moins un crayon défectueux. EDF soupçonne l'apparition de défauts sur un assemblage de troisième cycle.</i>
Juillet 2000	<i>Premières analyses révélant une brusque augmentation du taux de radioactivité (5 000 MBq/t pour les gaz rares). EDF soupçonne l'apparition de deux nouveaux défauts sur des assemblages neufs.</i>
Juillet 2000	<i>Fin des variations de puissance</i>
21 juillet 2000	<i>Dysfonctionnement d'un appareil de mesure de débit de rejets liquides du CNPE (1/INES).</i>
Août 2000	<i>Début de mesures alpha hebdomadaires. Des mesures en Iode 134 révèlent la dissémination de combustible dans le circuit primaire.</i>
6 septembre 2000	<i>Les mesures d'activité alpha atteignent 4 Bq/l : c'est le niveau de Rupture de Gaine Sérieuse.</i>
1 octobre 2000	<i>Réparation de l'appareil de mesure de débit de rejets liquides.</i>
18 octobre 2000	<i>La DSIN et la DRIRE sont informées de la situation.</i>
14 octobre 2000	<i>Disjoncteurs d'arrêt automatique commandent la chute immédiate des grappes de commandes restés en service après un essai. La situation est revenue à la normale le 20 octobre.</i>
26 octobre 2000	<i>Évaluation de l'état de gainage et confirmation de 2 à 4 défauts d'étanchéité.</i>
8 novembre 2000	<i>Lettre de la DRIRE à la direction du CNPE lui demandant notamment d'étudier l'opportunité de l'arrêt du réacteur.</i>
16 novembre 2000	<i>Mesures en Iode 134 : 3900 MBq/t, Iode 131 : 2070 MBq/t, Gaz rares: 78 700 MBq/t.</i>

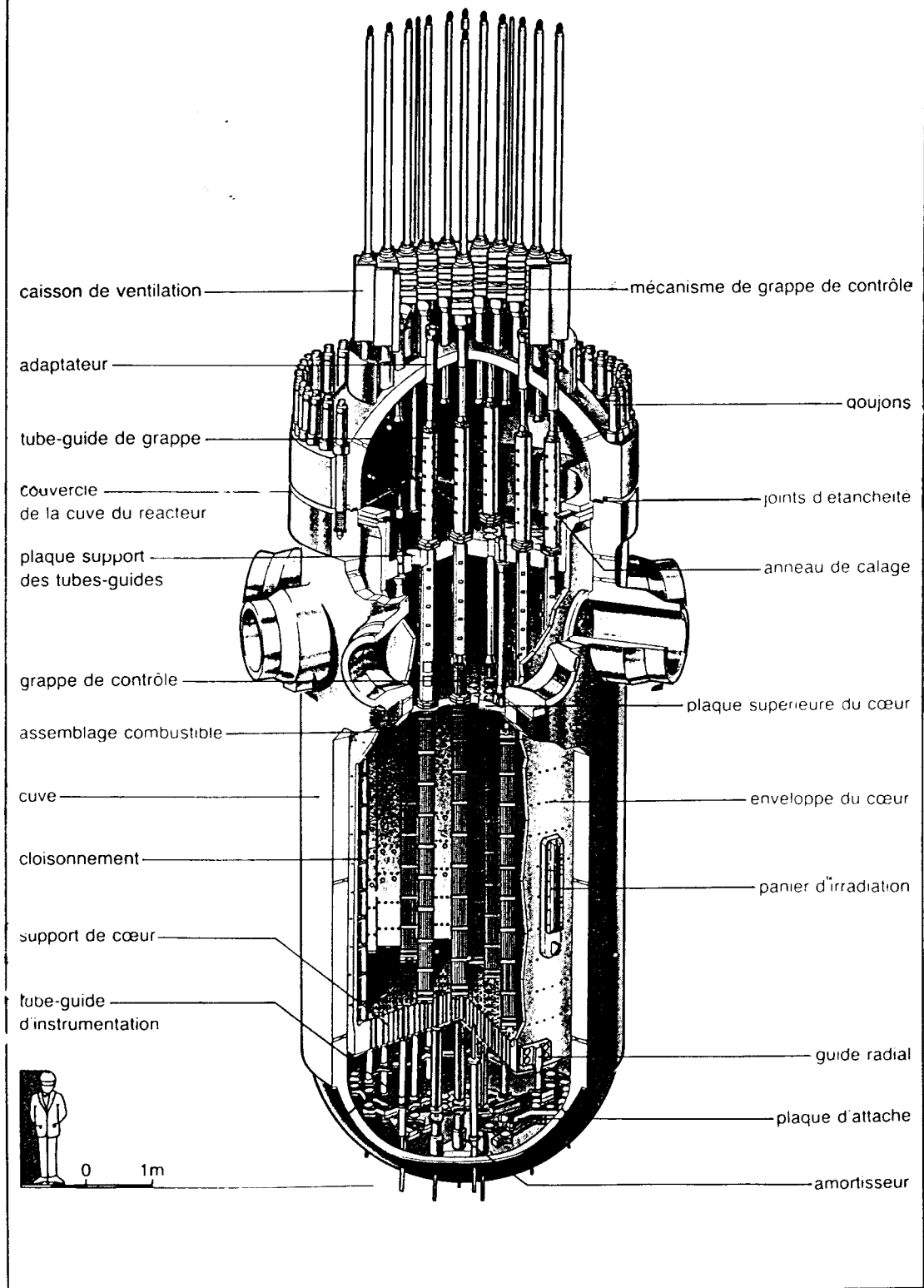
Historique (suite) :

7 décembre 2000	<i>Réunion technique (DSIN, DES et EDF) sur la situation des défauts d'étanchéité.</i>
27 janvier 2001	<i>Arrêt pour rechargement avancé d'un mois. Les mesures en gaz rares ont révélé le niveau de 150 000 MBq/t. Début de l'examen des 193 assemblages combustibles.</i>
1 février 2001	<i>Dégazage d'un réservoir du réacteur et rejet non contrôlé de gaz radioactifs pendant 3 minutes (incident non classé).</i>
2 mars 2001	<i>Déclenchement d'une alarme de surveillance de la radioactivité ambiante et évacuation du bâtiment réacteur.</i>
6 mars 2001	<i>Déclenchement d'une alarme de surveillance de la radioactivité ambiante et évacuation du bâtiment réacteur.</i>
12 mars 2001	<i>EDF rend public le défaut générique des vannes sur les réacteurs de Belleville, Cattenom, Glofesch, Nogent et Penly.</i>
15 mars 2001	<i>Suite aux premières investigations, EDF découvre 28 assemblages présentant des défauts d'étanchéité.</i>
16 mars 2001	<i>Premier communiqué d'EDF sur le site Web, confirmant les défauts d'étanchéité.</i>
19 mars 2001	<i>Classement par la DSIN au niveau 1/INES de l'incident des défauts d'étanchéité.</i>
25 avril 2001	<i>La DSIN découvre lors d'une inspection sur le thème "protection et interrupteurs d'arrêt d'urgence" l'incident du disjoncteur survenu le 14 octobre 2000.</i>
27 avril 2001	<i>Reclassement par la DSIN au niveau 2/INES de l'incident générique des vannes.</i>
30 avril 2001	<i>Communication de la DSIN sur le site Web sur le défaut générique des vannes.</i>
11 mai 2001	<i>Accord de la DSIN pour la réalisation des modifications sur les vannes des réacteurs concernés au plus tard le 20 mai 2001.</i>
11 juin 2001	<i>Communication de la DSIN sur le site Web sur les défauts d'étanchéité.</i>
19 juin 2001	<i>La DSIN reclasse l'événement du disjoncteur du 14 octobre 2000 au niveau 1/INES, pour défaut de culture de sûreté.</i>
29 juin 2001	<i>Réunion (DSIN, DES et EDF) sur les défauts d'étanchéité.</i>
9 juillet 2001	<i>Communication d'EDF sur le Web sur les défauts d'étanchéité.</i>
13 juillet 2001	<i>Instruction par la DSIN de la demande de redémarrage du réacteur.</i>
13 août 2001	<i>La DSIN autorise le rechargement du réacteur.</i>
17 août 2001	<i>Début du rechargement en combustible du réacteur.</i>
31 août 2001	<i>La DSIN autorise le redémarrage du réacteur 3</i>

Annexe 2 : Note technique sur les assemblages combustibles

Le cœur d'un réacteur 1300 MWe, comme ceux de Cattenom, est constitué de 193 assemblages juxtaposés dans une cuve en acier, et composés chacun de 264 gaines métalliques solidaires de 4 mètres de long, appelées crayons combustibles. Siège de la fission nucléaire, la gaine de combustible joue également le rôle fondamental de première barrière de confinement, en évitant la contamination du circuit primaire par les produits radioactifs. Les deux autres barrières de confinement qui s'interposent entre la source de rayonnement et l'environnement extérieur sont la cuve en acier, qui abrite le cœur du réacteur et son circuit de refroidissement, et le bâtiment réacteur, enceinte étanche en béton (voir *Schéma 1*, page suivante).

Cuve du réacteur



Source : EDF, 1982

Hermétiquement soudés à leurs extrémités, ces crayons, en alliage non corrosif, renferment des pastilles de dioxyde d'uranium, d'un centimètre de diamètre et pesant sept grammes. L'assemblage est maintenu par une structure porteuse constituée de 24 tubes guides, par les embouts supérieur et inférieur et par dix grilles réparties sur toute la hauteur de l'assemblage.

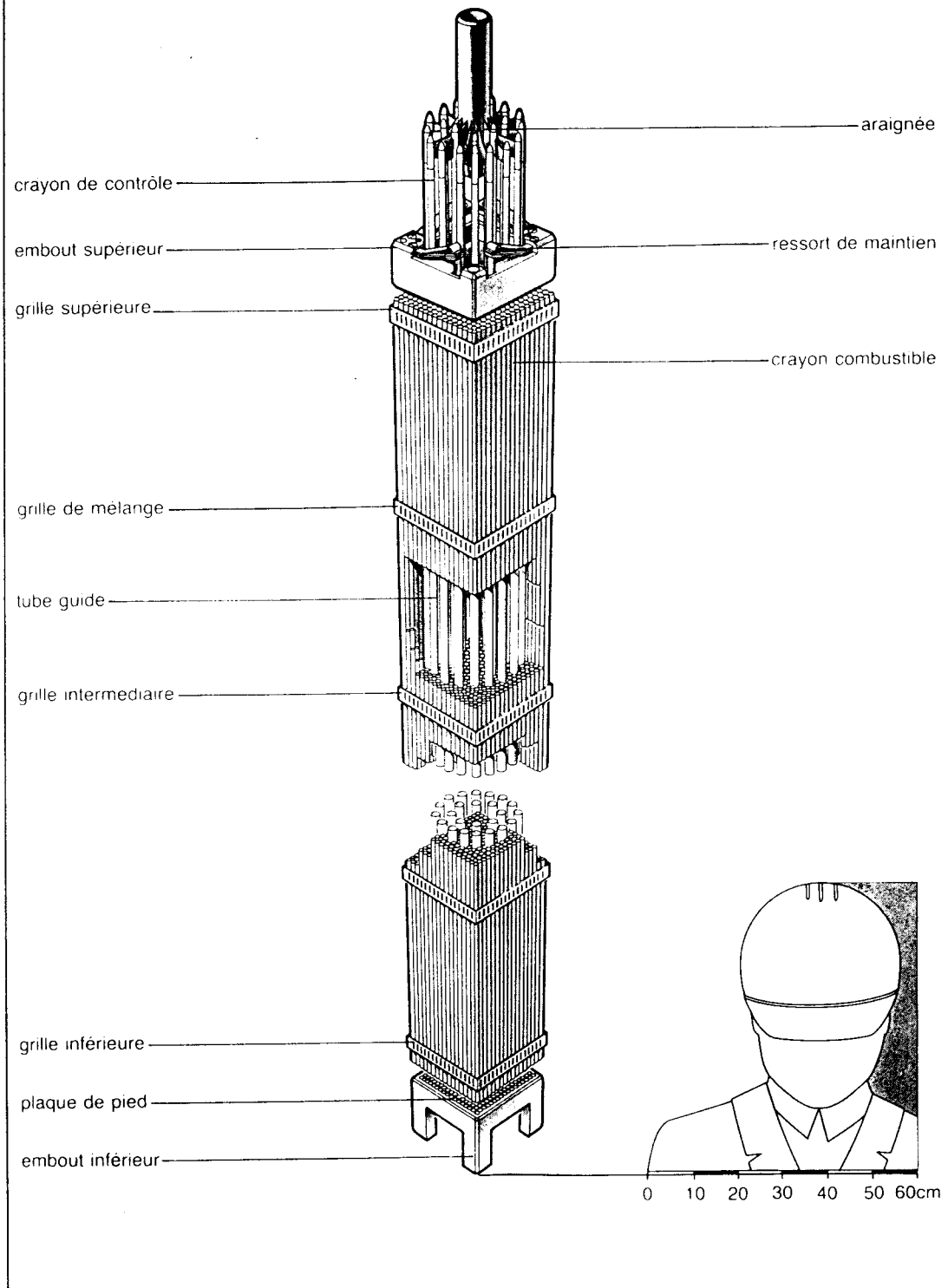
Photographie : Assemblage combustible



Source : EDF

Outre le maintien des crayons combustibles, les tubes guides des assemblages servent aussi à guider les crayons des grappes de contrôle, nécessaires à l'arrêt du réacteur. Les grappes de contrôle se trouvent hors du coeur en fonctionnement et chutent dans les assemblages en cas d'arrêt d'urgence afin d'étouffer la réaction, grâce aux absorbants placés dans chacun de leurs crayons (voir *Schéma 2*, page suivante).

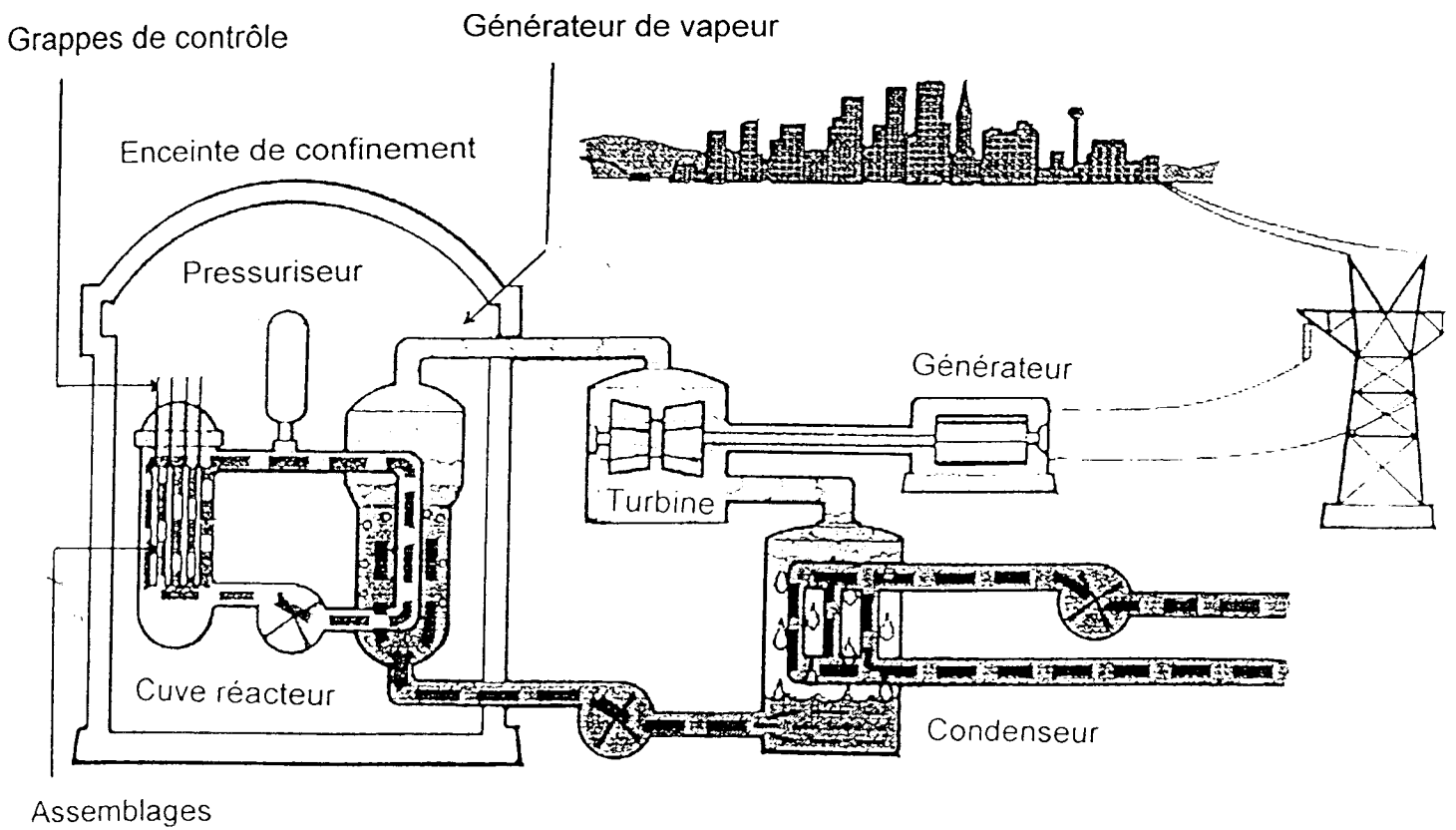
Élément combustible



Source : EDF, 1982

Annexe 3 : Note technique sur les spécifications radiochimiques d'exploitation

Le circuit primaire de refroidissement est un circuit fermé qui assure la circulation de l'eau chargée d'extraire la chaleur dégagée par le cœur du réacteur (voir *Schéma 3*, page suivante).



Production de l'électricité nucléaire

Source : NRC

Les caractéristiques chimiques du fluide primaire comprennent notamment :

- de l'oxygène dissous ;
- des chlorures ;
- des fluorures ;
- de l'hydrogène dissous ;
- des solides en suspension ;
- un agent de contrôle de pH ;
- de l'acide borique ;
- de la silice ;
- du calcium ;
- du magnésium ; et
- de l'aluminium.

Des mesures régulières de la radioactivité dans l'eau du circuit primaire du réacteur permettent de détecter des défauts d'étanchéité au niveau des gaines du combustible. Ce sont les règles d'exploitation qui définissent les modes de mesures et leur périodicité ainsi que la marche à suivre lorsqu'un seuil limite est atteint. La présomption de défauts importants par exemple commande notamment l'arrêt anticipé du réacteur.

Les spécifications radiochimiques ont été élaborées par EDF et approuvées par l'Autorité de sûreté. Pour un réacteur en exploitation, elles requièrent la mesure des activités suivantes du circuit primaire :

- l'activité des gaz de fission (somme des gaz en Xénon et en Krypton) ;
- l'activité des composants iodés (équivalent Iode 131) ; et
- l'activité en Iode 134.

A chaque mesure correspond donc une valeur limite d'activité instantanée qui permet de juger de l'état des gaines combustibles et de dire si le réacteur peut être maintenu en fonctionnement, doit être soumis à une surveillance renforcée ou simplement arrêté. Ainsi les mesures d'activité des composants iodés permettent notamment de confirmer la présence d'au moins un défaut d'étanchéité et d'en estimer la taille. La présence de l'Iode 134 révèle l'existence d'un défaut d'étanchéité important se traduisant par la dissémination d'une partie de la matière fissile dans le fluide primaire.

Les principales limites d'activité instantanée prévues par les règles générales d'exploitation

Gaz mesuré	Seuil	
Gaz rares	>150 GBq/t	<i>Surveillance renforcée et fin de suivi de charge</i>
Equivalent Iode 131	>4 GBq/t	
Iode 134	>5 GBq/t	
Gaz rares	>500 GBq/t	<i>Arrêt du réacteur sous 48 h</i>
Equivalent Iode 131	>20 GBq/t	
Iode 134	>10 GBq/t	
Gaz rares	>1000 GBq/t	<i>Arrêt du réacteur sous 8 h</i>
Equivalent Iode 131	>40 GBq/t	

Source : DSIN

Annexe 4 : Les mesures radiochimiques effectuées par le CNPE de Cattenom

Trois méthodes de mesure ont été effectuées par le CNPE de Cattenom et/ou un laboratoire extérieur, à sa demande. Elles donneront, chacune, des valeurs différentes. Une première mesure alpha, dite mesure d'évaporation et utilisée pour réaliser des contrôles sur les rejets dans l'environnement, a donné la valeur de 4 Bequerels/litre (Bq/l), le 6 septembre 2000. Il s'agit du niveau seuil de Rupture de Gaine Sérieuse (RGS). Celle-ci se traduit par une fissuration du crayon combustible qui induit la dispersion d'éléments radioactifs dans le circuit primaire, élevant ainsi son taux de radioactivité. Suite à la détection de tels phénomènes, des seuils réglementaires prédéfinis s'appliquent alors pour la gestion du fonctionnement du réacteur.

EDF a ensuite choisi de mettre en place la méthode de mesure par co-précipitation. Mais manquant de réactifs chimiques, il lui aura fallu une « *quinzaine de jours* » avant de pouvoir effectuer les mesures qui donneront des résultats de l'ordre de 15 Bq/l. Un second prélèvement a alors été envoyé à un autre site, qui trouvera la valeur impressionnante de 30 Bq/l. Enfin, la spectrométrie alpha réalisée sur un site du Commissariat à l'Energie Atomique (CEA), révélera une valeur douteuse de 1,6 Bq/l.

Exemples de mesures effectuées sur le fluide du réacteur 3 de Cattenom - à partir d'août 2000

Date	Laboratoire	Mesure	Résultat
06/09/01	CNPE Cattenom	Mesure alpha d'évaporation	4 Bq/l
	CNPE Cattenom	Mesure par co-précipitation	15 Bq/l
	Autre site	Mesure par co-précipitation	30 Bq/l
	Laboratoire CEA	Spectrométrie alpha	1,6 Bq/l
16/11/00		Activité gaz	78 700 MBq/t
16/11/00		Valeur Eq Iode 131	2 070 MBq/t
16/11/00		Valeur Iode 134	3900 MBq/t
27/11/00		Valeur Iode 134	3900 MBq/t

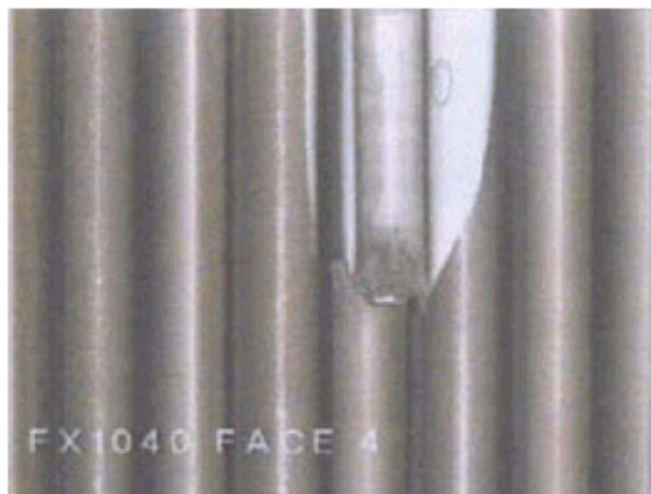
Source : EDF

Annexe 5 : Photographies des dégâts constatés à Cattenom

Photographie 2 et 3: Exemples de fissures constatées sur les gaines combustibles du réacteur n°3 de Cattenom



Photographie 2



Photographie 3

Source : DSIN

Annexe 6 : Les taux de défaillances du combustible

Le taux de défaillances du combustible est le rapport entre le nombre d'assemblages combustibles comportant au moins un crayon inétanche et le nombre d'assemblages combustibles chargés en réacteur. Pour l'année 2000, six assemblages inétanches ont été découverts sur les 44 réacteurs déchargés au cours de cette année.

Évolution du taux de défaillances sur les réacteurs du parc français

	1995	1996	1997	1998	1999	2000
Réacteurs 900 MWe	0,50%	0,22%	0,11%	0,10%	0,06%	0,04%
Réacteurs 1300MWe	0,27%	0,3%	0,19%	0,40%	0,09%	0,17%
Taux moyen du parc	0,41%	0,26%	0,14%	0,19%	0,07%	0,08%

Source : DSIN