

La naissance d'un instrument de régulation des risques dus aux périodes de grand froid dans les réacteurs nucléaires français (février 1986 – juillet 1988)



Grégory Rolina et Frédérique Pallez

MINES ParisTech, PSL Research University, CGS



Avril 2017

75 pages

Table des matières

Introduction.....	5
Du mode de régulation de la sûreté nucléaire en France	8
Le développement des institutions françaises de la sûreté nucléaire dans les années 1970.....	8
L'analyse de sûreté des réacteurs à eau sous pression : le rôle des groupes permanents.....	10
La timide réglementation de la sûreté nucléaire en France	11
De l'archive mobilisée et des entretiens complémentaires	12
Plan du document.....	13
1. L'autorisation de chargement de Paluel 4 : le déclenchement d'une réflexion sur le « grand froid » – de février à juin 1986	17
1.1. La section IX.9 du rapport DAS 200	17
1.1.1. Premier paragraphe : « Présentation »	18
1.1.2. Deuxième paragraphe : « Bilan des avaries dues au gel »	18
1.1.3. Troisième paragraphe : « Procédure "grand froid" »	19
1.1.4. Quatrième paragraphe : « Essais de sensibilité au froid »	20
1.1.5. Avis et commentaires du DAS	20
1.2. L'avis du groupe permanent	21
1.3. La lettre de suite du SCSIN	22
1.4. Conclusion : les registres scientifique et opérationnel d'un dialogue constructif.....	23
2. Les (tardives) réponses d'EDF : des registres opérationnel et scientifique en compétition – de fin 1986 à l'été 1987	27
2.1. Le rigoureux hiver 1986-1987	27
2.2. L'examen du retour d'expérience des REP en exploitation au cours de la période 1984-1985.....	28
2.2.1. La section 3.2.14 du rapport DAS 317.....	28
2.2.2. L'avis du groupe permanent.....	30
2.3. Les réponses d'EDF aux demandes du SCSIN	30
2.3.1. La note SEPTEN-144380.....	30
2.3.2. La note SEPTEN-146800.....	32
2.4. Conclusion : une première formulation d'une stratégie industrielle de maîtrise des risques	33
3. La réunion du groupe permanent consacrée aux risques dus aux périodes de "grand froid" : l'heure de la confrontation – de novembre 1987 au début l'année 1988	35
3.1. Le rapport DAS 410	35
3.1.1. Introduction	35
3.1.2. Analyse approfondie de deux incidents	36
3.1.3. Pratiques actuelles	37
3.1.4. Mesures prises	38
3.1.5. Proposition d'une démarche pour la prise en compte du risque « grand froid »	39
3.2. La réunion du groupe permanent	44
3.2.1. Le compte rendu de la réunion	44
3.2.2. L'avis et les recommandations du groupe permanent.....	46
3.3. Deux lettres de suite.....	47
3.4. Conclusion : l'exigence d'une démarche d'ensemble dans un contexte de savoir lacunaire	48

4. L'émergence d'un référentiel dédié aux risques liés aux périodes de « grand froid » – de février à juillet 1988	51
4.1. La note technique SEPTEN SN8787A	51
4.1.1. Analyse et corrections des anomalies constatées	51
4.1.2. Définition des températures de dimensionnement	52
4.1.3. Règles de conception vis-à-vis du froid	54
4.2. Les réactions du SCSIN et du DAS	55
4.2.1. la note de synthèse de la réunion du 16 février 1988	55
4.2.2. le télex SCSIN du 14 mars 1988	55
4.2.3. Le courrier du DAS du 1 ^{er} avril 1988.....	57
4.3. La note technique SEPTEN SN8787B	59
4.3.1. Définition des températures de dimensionnement	59
4.3.2. Règles de conception vis à vis du froid.....	60
4.4. Conclusion : un document de doctrine issu d'un compromis	61
5. Conclusion	65
5.1. La mise à l'agenda du dossier « grand froid » par l'événement	65
5.2. La sûreté comme construction d'un compromis	66
5.3. Le processus de construction du compromis	67
5.3.1. Le groupe permanent, creuset de la fabrication du compromis	68
5.3.2. Des logiques organisationnelles plus complexes	69
5.3.3. Des acteurs tacticiens	70
5.4. Une histoire qui ne pourrait plus se reproduire ?	70
Glossaire acronymique.....	73
Références.....	74
Annexe : Liste des personnes rencontrées	75

Introduction

Durant le mois de janvier 1985, la France doit faire face à une période de froid. Cette vague de froid est « comparable en intensité, mais moins longue, que celle de février 1956 ou encore janvier 1963 »¹. Du 3 au 17 janvier, plusieurs records sont enregistrés sur le territoire. La journée du 16 janvier est « la plus froide jamais observée en France métropolitaine, à égalité avec le 2 février 1956. Le froid est intense partout et même la Côte d'Azur est ensevelie sous la neige, avec par exemple 38 centimètres relevés à Nice. La plupart des cours d'eau gèlent et des banquises se forment sur le littoral de la mer du Nord et l'embouchure de la Loire. »²

Cette période de froid extraordinaire a eu des répercussions sur le quotidien de la société française et sur le fonctionnement de ses établissements industriels. Dans le secteur nucléaire, elle provoque une véritable prise de conscience de l'importance des impacts potentiels de ce type de phénomène climatique. Près d'une vingtaine d'incidents dont les causes ont un lien avec ces conditions de froid sont en effet identifiés par Electricité de France (EDF), l'exploitant du parc électronucléaire français. Les problèmes liés au « gel », les risques dus aux périodes de « *grand froid* » font alors leur apparition sur l'agenda des décideurs, qui les considèrent dès lors comme des « agressions externes » contre lesquelles il faut protéger les installations : ainsi, on modifie des systèmes, on ajoute des protections, on met en place des consignes d'exploitation, on révisé des hypothèses de conception.

Avant l'hiver 1985, le gel n'était pas considéré par les spécialistes de la sûreté nucléaire comme une « agression externe », tels le séisme et l'inondation ; les risques liés aux périodes de (grand) froid n'étaient pas dans le champ de préoccupation des experts de la sûreté nucléaire ; la protection contre le gel n'était pas une thématique « instruite » dans le cadre d'une évaluation de sûreté, d'une autorisation réglementaire ou encore d'un contrôle par les agents de l'Etat. Les concepteurs utilisaient des règles préexistantes comme les règles « neige et vent », qui s'appliquaient aux ouvrages non nécessairement nucléaires. Certains seuils étaient toutefois considérés durant les phases de conception, de construction et d'exploitation des réacteurs nucléaires. Ceux-ci ont été retranscrits dans un document d'EDF de 1987 et sont détaillés dans l'Encadré 1.

Ainsi prévalait la « règle des -15 degrés permanents », émise par les concepteurs. Le vocable « règle » doit ici être entendu davantage comme une

¹ Météo France : « Retour sur la vague de froid de janvier 1985 » (mai 2015).

² Ibid. On trouvera plus de précisions dans l'Encadré 2.

« bonne pratique », un usage, que comme un *instrument de régulation des risques*, un outil utilisé par les décideurs des différentes institutions impliquées dans la gestion de la sûreté nucléaire.

Température minimale extérieure prise en compte : -15 degrés avec humidité relative de 90 % à 100 % selon les bâtiments ; Quelques locaux ou bâtiments annexes, ne concernant pas la sûreté, sont conçus pour une température extérieure de -7 °C (huilerie, déminéralisation).

Température minimale correspondante dans les locaux :

- + 7°C en général (maintien "hors gel"), cette valeur est remontée à +10°C dans les locaux électriques et les locaux du BK à l'exception du hall piscine.
- + 22°C à + 30°C dans les locaux contenant de l'acide borique.
- + 18°C à + 24°C dans les locaux ou zones à accès fréquent et nécessitant un confort supplémentaire (laboratoires, vestiaires, salle de commande).
- + 25°C dans le hall de la piscine du BK.

Il était par ailleurs prévu de maintenir une température intérieure supérieure à 5°C pour une température extérieure de -20 °C dans les locaux des groupes électrogènes REP 900 MW.

Encadré 1 : Les « règles » considérées pour la conception et l'exploitation des réacteurs à eau sous pression pour les protéger contre le gel, avant l'hiver 1985 (EDF, note SEPTEN-144380, 1987)

La prise de conscience provoquée par les événements climatiques de 1985 aboutira à la rédaction, par l'exploitant EDF, en 1988, d'un document intitulé « Règles générales de conception pour la protection contre le froid », aujourd'hui connu sous le nom de « *référentiel grands froids* », et qui constitue un instrument de régulation des risques.

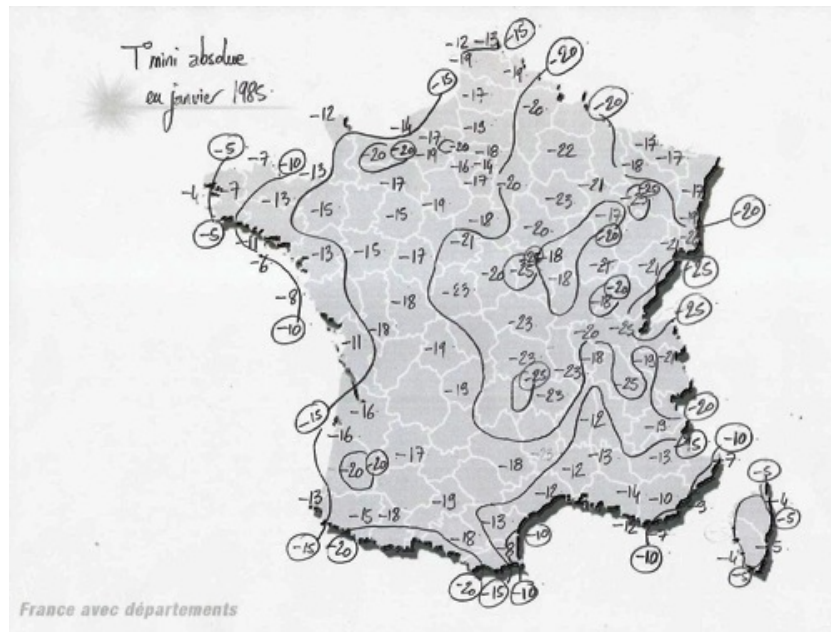
L'analyse du processus de production de cet instrument fait l'objet de ce document. Celui-ci s'intéresse aux *principes* et aux *savoirs* mobilisés par les acteurs impliqués pour mettre au point ces nouvelles règles. Il se propose aussi d'*examiner les interactions qui ont conduit à l'élaboration de cet instrument* et de *qualifier la nature des relations entre les différents acteurs* durant les étapes-clés de ce processus.

Le terme « acteurs » mérite d'être éclairci ; la méthodologie utilisée, précisée. La régulation de la sûreté nucléaire française repose sur l'organisation d'un « *dialogue technique* » entre plusieurs institutions (Foasso 2003 ; Rolina 2009 ; Saint Raymond 2012 ; Vallet 1984). Ce dialogue technique est partiellement retranscrit dans des rapports, des correspondances, des comptes rendus de réunion, qui constituent les principales sources de notre récit. Le plan retenu pour le présent document s'articule avec la production de certains documents charnières au sein du processus analysé.

Après deux hivers particulièrement doux, une vague de froid mémorable déferle sur la France pendant tout le mois de janvier 1985. A Paris, il s'agit du mois de janvier le plus froid depuis l'année 1838. Du 4 au 18 janvier : un froid polaire concerne toutes les régions. Le vendredi 4 janvier : la neige envahit le nord et le centre du pays – il tombe 5 cm à Paris. Le 5 janvier, les températures chutent brusquement. On mesure -24° à Luxeuil les bains, -20° à Reims, -18° à Troyes et -17° à Strasbourg alors que l'après-midi, il ne fait pas plus de -10° sur tout le quart nord-est (-6° à Paris). Dans la nuit du 6 au 7 janvier, une tempête de neige paralyse toute la moitié nord mais aussi le littoral basque et la Corse – il fait -25° à Grenoble. Les 8 et 9 janvier, on descend fréquemment en dessous de -15° (-20° à Mont de Marsan) – il fait même $-26,5^{\circ}$ à Vire (sud Calvados) et $-27,5^{\circ}$ au Harra du pin (Orne) – la Côte d'Azur est ensevelie sous la neige avec 38cm à Nice où il fait -7° .

Après une très légère accalmie entre le 10 et le 13 janvier, une deuxième offensive sibérienne est observée entre le 14 et le 17 janvier – la vague de froid atteint alors son point culminant – les températures atteignent probablement des valeurs inférieures à -40° dans le Doubs, -25° à Louviers (Eure), -23° à Troyes, Nevers, Clermont Ferrand, -22° à Reims, -18° à Paris et -12° à Biarritz – ces valeurs ne sont bien entendu que des exemples et le froid est partout intense.

Les dégâts provoqués par cette vague de froid sont incalculables – une très importante surmortalité est constatée et la végétation est très affectée – les palmiers gèlent superficiellement sur la Côte d'Azur – les prix des fruits et légumes flambent – la plupart des cours d'eaux gèlent et des banquises sont observées sur le littoral de la mer du nord et l'embouchure de la Loire.



Encadré 2 : Extrait des « chroniques météo de l'année 1985 »
(site internet Météo France)

Du mode de régulation de la sûreté nucléaire en France

Le choix politique pris dans les années 1970 en faveur de la construction, par un exploitant unique (EDF), de centrales nucléaires de technologie américaine³ sur le territoire français va progressivement institutionnaliser un mode de régulation de la sûreté qui, au fil du temps, sera structuré autour du « **tripode** »⁴ *exploitant – administration de contrôle – expert*. Ces trois entités sont continuellement impliquées dans la gestion de la sûreté des installations nucléaires, depuis les choix de conception jusqu'au démantèlement, par le biais de réunions au cours desquelles divers documents, notamment les « rapports de sûreté », sont analysés. Ce mode de régulation est notamment caractérisé par un développement limité du corpus réglementaire.

Le développement des institutions françaises de la sûreté nucléaire dans les années 1970

L'ambitieux programme électronucléaire français est confié à EDF au début des années 1970, au détriment de la filière graphite-gaz promue par le Commissariat à l'énergie atomique (CEA). « Dès 1970, EDF commandait la première centrale à eau pressurisée de 900 MWe au groupe Schneider, dont la filiale Framatome était licenciée de Westinghouse. A la fin de cette année (...), il était décidé de construire 8000 MWe en cinq ans. Les deux centrales suivantes furent commandées à la fin de 1971 au même constructeur (...) Au début de 1973, les prix du fuel augmentant, signes avant coureurs de la crise, le programme français connaît une première accélération. Puis à l'automne, se réalisa, dix-sept ans après la prédiction du rapport des Sages de l'Euratom, la crise de l'approvisionnement en pétrole. (...) Pour la France, l'énergie nucléaire, désormais plus compétitive encore, devenait le seul recours possible et le Premier ministre décida de passer immédiatement à la cadence annuelle de cinq à six centrales de 900 MWe chacune. » (Goldschmidt 1980) (pp.370-371) (cf. Figure 1 : Construction et mise en service des réacteurs à eau sous pression français (IRSN)).

Le développement du programme électronucléaire français, amplifié par la crise énergétique, est le premier motif invoqué par le chef du service central de sûreté des installations nucléaires (SCSIN) justifiant la création de ce nouvel organe administratif en mars 1973. Celui-ci ajoute la nécessité d' « une meilleure définition

³ Les réacteurs à eau sous pression sont conçus par la société Framatome, qui dispose de la licence de l'entreprise américaine « Westinghouse ».

⁴ L'expression est de Foasso (2003).

des rôles respectifs du Commissariat à l'énergie atomique et du ministère dont il relève » : « Le CEA, comme on sait, s'est résolument engagé dans l'amélioration des techniques de production d'électricité d'origine nucléaire et la mise au point de techniques nouvelles qui peuvent être concurrentes de celles dont dispose actuellement l'industrie. Le Commissariat ne peut donc être, en même temps, l'organisme de contrôle qui juge de la sûreté des différentes techniques, autorise l'emploi de l'une, refuse ou restreint l'emploi d'une autre. Il ne peut, comme on l'a dit, être "juge et partie". »⁵ Plusieurs sources affirment que les industriels sont favorables à la constitution d'une instance gouvernementale de sûreté chargée de s'occuper notamment de la préparation des actes d'autorisation publique. « [Ils] auraient en effet demandé à ne plus être pieds et poings liés au CEA sur les plans sûreté, sécurité, contrôle, etc. » (Vallet 1984) (pp. 54-55)

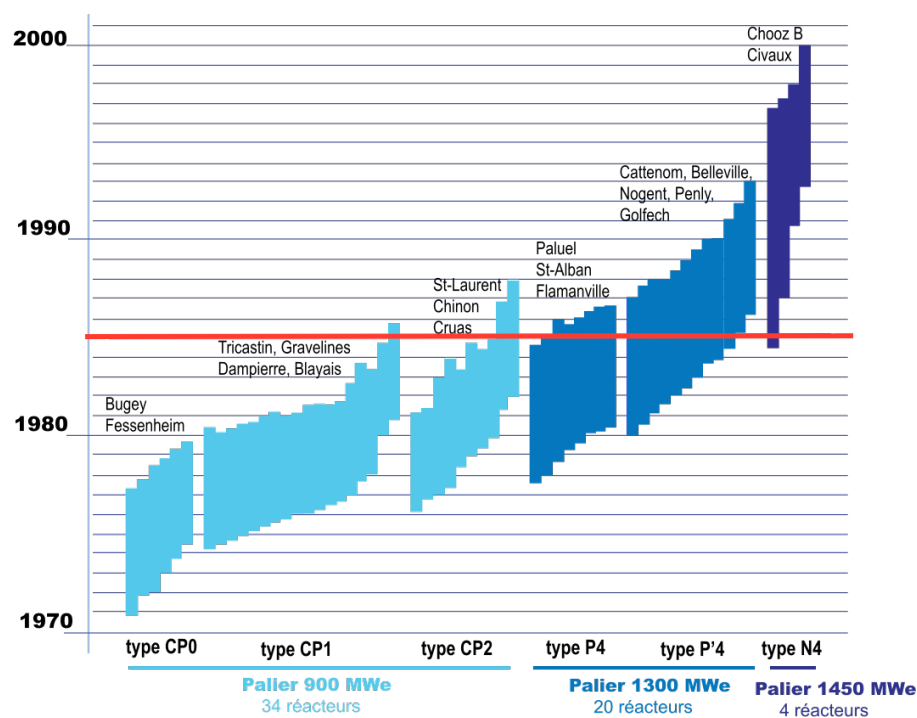


Figure 1 : Construction et mise en service des réacteurs à eau sous pression français (IRSN)⁶

A sa création, le SCSIN n'est constitué que d'un ingénieur des Mines, Jean Servant, et d'une secrétaire. Il sera progressivement étoffé par l'arrivée d'autres ingénieurs, de formation variée, dont certains mis à disposition par EDF et le CEA. Les ingénieurs du corps des mines du ministère de l'industrie, en particulier,

⁵ Extrait d'un article de Jean Servant, « La sûreté nucléaire au ministère du développement industriel et scientifique », Revue française de l'énergie, n°254, juin 1973, cité par Foasso (2003).

⁶ Rapport DSR 285 : « Le réexamen de sûreté des réacteurs à eau sous pression de 900 MWe à l'occasion de leurs troisièmes visites décennales ».

investissent rapidement l'organisme. Même s'ils sont depuis longtemps les spécialistes du contrôle des appareils à pression également mobilisés dans les installations nucléaires, ils ne sont pas à proprement parler experts du nucléaire. Il est donc décidé qu'ils s'appuieront sur les compétences du CEA dans le cadre des décisions administratives de délivrance d'autorisation, ainsi que dans le cadre de leur mission de contrôle et de surveillance des installations.

Le CEA garde ainsi son autorité technique sur la sûreté. En 1976, le département de sûreté nucléaire du CEA créé en 1970, devient un institut, l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN). Il s'agit là d'une étape supplémentaire vers l'indépendance des spécialistes de la sûreté à l'égard du CEA. Le « rôle [de l'IPSN] est en premier lieu d'apporter un support technique à l'action des responsables administratifs chargés de délivrer les autorisations : après analyse des risques de chaque installation, l'IPSN donne son avis et ses recommandations aux pouvoirs publics, mais il n'a pas pouvoir de décision. » (Foasso 2003) (p. 267)

Avec la création du SCSIN et celle de l'IPSN, des frontières entre les rôles de décideur et d'expert s'établissent. Ils sont ainsi redistribués : les pouvoirs publics décident à partir d'un avis formulé par les experts de l'IPSN. Le SCSIN s'appuie aussi, on va le voir, sur l'avis d'autres experts, regroupés au sein de « groupes permanents ».

A la fin des années 1970, la France est, après les Etats-Unis, le pays le plus nucléarisé au monde. Cette montée en puissance de l'énergie nucléaire s'est accompagnée d'une plus nette distinction des rôles en matière de sûreté, redistribués entre un service administratif faisant office d'autorité, un petit nombre d'exploitants de statut public (EDF, CEA, Cogema) et un institut d'expertise au sein du Commissariat à l'énergie atomique, l'IPSN. Ainsi prend forme le tripode de la sûreté nucléaire, dans un contexte réglementaire relativement lâche⁷.

L'analyse de sûreté des réacteurs à eau sous pression : le rôle des groupes permanents

Dès la fin des années 1960, pour éviter de se trouver soumis aux jugements exclusifs des spécialistes du CEA, EDF parvient à faire examiner les *rapports de sûreté* de ses installations par un groupe d'experts dit « ad hoc », héritier de la commission de sûreté des installations atomiques présidé par la haut-commissaire du CEA. Le groupe ad hoc est composé d'experts du CEA, d'EDF et de représentants

⁷ Comme le note J. Hébert, cité par Millet (1991), « à côté de la réglementation proprement dite, il existe une masse de prescriptions imposées aux exploitants ». Mais ces « règles de sécurité n'ont pas vraiment de valeur réglementaire (télex, recommandations, règles fondamentales de sûreté) (...) On peut constater un certain flou sur la nature juridique des règles de sûreté. » (p.229).

du ministère de l'Industrie. En 1972, les « groupes permanents » se substituent aux groupes ad hoc. Les experts du groupe permanent se réunissent à « tous les stades du rapport de sûreté – rapport préliminaire, rapport provisoire, rapport définitif – présenté par EDF en vue de la création puis du démarrage d'un réacteur, mais aussi en cas de modifications apportées à la centrale en cours de fonctionnement. » (Vallet 1984) (pp. 58-59). Le rapport préliminaire accompagne la demande d'autorisation de création de l'installation ; le rapport provisoire, la demande de chargement en combustible et de montée en puissance du réacteur ; le rapport définitif, qui donne les résultats des essais, et les règles générales d'exploitation, la mise en exploitation. La rédaction de ces trois rapports est imposée par une instruction ministérielle datée du 27 mars 1973.

Lorsqu'un exploitant présente son dossier au ministère de l'industrie, celui-ci est examiné au département de sûreté du CEA (l'IPSN à partir de 1976). Au cours d'une réunion du groupe permanent, ils exposent leurs conclusions, sur lesquelles s'appuient les membres du groupe permanent pour formuler des recommandations. Ces recommandations doivent permettre aux pouvoirs publics de décider, en l'absence d'une réglementation précise et détaillée.

La timide réglementation de la sûreté nucléaire en France

Comme le précise Anne-Sophie Millet dans la thèse qu'elle consacre au droit nucléaire français (1991), alors que la plupart des puissances nucléaires ont rapidement fait voter une loi régissant les modalités de contrôle des installations nucléaires, le gouvernement français promulgue un simple décret en 1963, caractérisé par la faible teneur de son contenu.

En effet, comme le fait remarquer Foasso, « l'essentiel en matière de sûreté est finalement absent du décret, puisqu'il ne précise pas les modalités de la procédure d'examen de la sûreté de l'installation par les experts. Or cette procédure constitue l'essentiel de l'instruction de la demande d'autorisation de construction. » (2003) Millet modère également la portée du texte réglementaire : « Le décret de 1963 sur les INB [installations nucléaires de base] ne prévoyait aucune disposition en matière de sûreté : sa lecture laisse dans l'ignorance de ce qui peut ou doit intervenir entre la création et le fonctionnement de l'installation. » (1991) (p. 143)

L'instruction ministérielle de 1973, qui explicite un décret publié la même année, inscrit dans le droit une caractéristique notable du système français de régulation de la sûreté nucléaire ; c'est en premier ressort l'exploitant qui écrit une grosse partie des textes « réglementaires » applicables. En effet, les rapports de sûreté présentés par l'exploitant au groupe permanent obtiennent une valeur

réglementaire, après avoir été analysés et révisés selon le processus décrit précédemment. Selon un ancien responsable du SCSIN, « à la réglementation à proprement parler, on a préféré le "référentiel réglementaire de sûreté", constitué notamment des rapports de sûreté. Car pour développer une véritable réglementation, constituée d'arrêtés, de circulaires, etc., il aurait fallu une énergie démente ! Par ailleurs, on est dans un domaine évolutif ; le choix de la réglementation n'est pas nécessairement le mieux adapté. »

A la fin des années 1970, la réglementation formelle existante est avant tout une réglementation de procédures plus qu'une réglementation technique, celle-ci étant remplacée *de facto* par le « référentiel réglementaire de sûreté » que nous venons d'évoquer. Sur « des sujets qui l'intéressent », le SCSIN décide donc de développer un nouvel instrument de régulation des risques, la ***règle fondamentale de sûreté (RFS)***, qui décrit ce qui doit être considéré comme une bonne pratique par les exploitants. Un ancien responsable du SCSIN précise ainsi : « *La RFS, ce n'était pas de la réglementation. Le SCSIN envoyait une lettre aux exploitants, en disant, voilà ce qu'on considère être une bonne pratique. Si vous décidez de ne pas l'appliquer, vous devez vous justifier et faire au moins aussi bien. En un sens, c'est moins fort que du référentiel réglementaire de sûreté. Mais la publicité que l'on faisait de ces RFS jouait un rôle important. Car pour développer une RFS, on sortait du "tripode", on faisait un groupe de travail avec des experts extérieurs, éventuellement internationaux, et on ne se restreignait pas au secteur nucléaire. Ces RFS étaient ensuite rendues publiques.* » Ce type d'instrument de régulation semble avoir été privilégié pour traiter les risques associés aux « agressions externes ». La première RFS, éditée en 1980, concerne ainsi la prise en compte des risques liés aux chutes d'avions ; entre 1980 et 1984, des RFS consacrées aux risques liés aux incendies, à l'inondation et aux séismes sont publiées par le SCSIN.

De l'archive mobilisée et des entretiens complémentaires

Le récit proposé ci-après tire parti de la configuration institutionnelle mise en place pour réguler la sûreté nucléaire : le dialogue technique au sein du « tripode » s'est en effet traduit par un grand nombre de documents écrits qu'il a été possible de retrouver dans les archives de l'Institut⁸ (IRSN). Il s'agit principalement de rapports d'expertise de l'IPSN, puis de l'IRSN, de comptes rendus de réunions, de courriers de l'autorité de sûreté. Pour appréhender le travail produit par l'exploitant, seuls les

⁸ Nous remercions Laurence Samier et Alain Pintran pour avoir identifié et rassemblé ces archives.

documents transmis par EDF à l'Institut ont été considérés. Il en résulte nécessairement un biais, noté par un de nos interlocuteurs, car des travaux internes d'EDF non communiqués aux autres acteurs ne figurent pas dans les documents analysés.

Ces archives, chronologiquement classées dans la Figure 2, constituent le matériau principal de ce travail, qui laisse inévitablement dans l'ombre les canaux de communication informels constitutifs du processus de production des nouvelles règles. Plusieurs entretiens⁹ avec des personnes ayant joué un rôle-clé dans ce récit ont toutefois été organisés ensuite, sur la base d'une première version de ce texte, afin de compléter l'analyse des seuls documents formels et tenter de corriger le biais évoqué ci-dessus.

Plan du document

Le très froid mois de janvier 1985 va générer des incidents imprévus dans les centrales d'EDF. Comme le montre la Figure 1 de la page 9, les réacteurs du palier P4 et P'4 sont en cours de construction. Durant les trois années qui suivirent cet hiver rigoureux, les institutions de la sûreté nucléaire (exploitants, SCSIN, IPSN et groupes permanents) vont s'intéresser à la prise en compte des risques liés au froid à plusieurs reprises. Une première étape a lieu au cours de l'instruction du dossier relatif au chargement du combustible de la quatrième tranche de la centrale de Paluel, qui fait l'objet d'une réunion du groupe permanent, en février 1986. Les fondements d'une réflexion sur le « grand froid », notamment basés sur des approches statistiques, y sont discutés. L'examen du rapport discuté et des conclusions de la réunion permet d'identifier des enjeux scientifiques, liés à une meilleure connaissance des phénomènes climatiques et des enjeux plus opérationnels, liés à l'amélioration des installations en exploitation [1.] Pour y faire face, des demandes de progrès sont formulées par le SCSIN auxquelles répond EDF. L'exploitant semble alors privilégier une démarche pragmatique et incrémentale, au détriment d'un examen systématique des phénomènes, souhaité par l'IPSN [2.] Ces réponses sont examinées par l'IPSN, qui présente leur évaluation au cours de la réunion du groupe permanent du 26 novembre 1987, exclusivement consacrée aux risques liés aux périodes de grand froid. La divergence des stratégies de maîtrise de ces risques proposées par EDF et par l'IPSN est nette, sans équivoque [3.] Les demandes insistantes qu'EDF se dote d'une démarche générale de prise en compte des risques liés aux périodes de grand froid aboutiront. EDF met au point les

⁹ cf. Annexe : Liste des personnes rencontrées.

premières versions des règles générales de conception pour la protection contre le froid, dans un document nommé « référentiel grands froids » par la communauté de spécialistes concernés. Celui-ci apparaît comme un compromis entre les deux approches. Les réactions du SCSIN et de l'IPSN indiquent en effet que les propositions d'EDF constituent une solution envisageable pour la conception des réacteurs à eau sous pression du palier N4. Un rendez-vous est ainsi pris pour mettre à l'épreuve ledit référentiel [4.] L'histoire de la construction de cet instrument de régulation des risques permet de tirer des enseignements sur le fonctionnement du système français de régulation de la sûreté nucléaire [5.]

	1985	1986	1987	1988	...
Facteurs externes	. Hiver exceptionnellement froid (cf. Encadré 2)	. Hiver rigoureux . 26 avril : Accident de Tchernobyl	. Hiver exceptionnellement froid . 12 janvier : Incident de Chinon B3 . 16 février : A l'Assemblée nationale, question au ministre de l'industrie sur les conséquences du gel des prises d'eau sur le fonctionnement de la centrale de Chinon		
Contexte institutionnel		. 6 juin : M. Laverie, chef adjoint du SCSIN depuis 1979 est nommé chef du service			

	1985	1986	1987	1988	...
Procédures d'examen des risques liés aux périodes de grand froid, moments-clé du processus de production du référentiel et documents associés		<p>. 20 février : Réunion GPR - Evaluation de la sûreté de la 4^{ème} tranche du centre de production nucléaire de Paluel (Rapport DAS 200 ; Courrier GPR 86-10 de M. Cogné ; Courrier SIN Paris 1603/86 de M. Laverie à EDF)</p>	<p>. Mars : Réunion GPR - Retour d'expérience des REP 900 et 1300 MWE en exploitation, période 1984-1985 (Rapport DAS 317 ; Courrier GPR 87-33 de M. Cogné)</p> <p>. 16 octobre : Réunion technique EDF-IPSN dans le cadre d'une instruction de GP (Courrier SEPTEN-144380 du 30 juillet au SCSIN « Protection des centrales contre le froid » de N. Schektman, M. Tonnoir, M. Claverie ; Courrier SEPTEN-146800 du 30 octobre signé par M. Servièrre, chef de la division sûreté nucléaire du SEPTEN, à l'attention de MM. Brisbois et Bussac</p> <p>. 26 novembre : Réunion GPR - « Evaluation de la sûreté des réacteurs nucléaires de puissance en période de "grand froid" » (rapport DAS 410)</p>	<p>. 6 et 8 janvier : avis et recommandations du GP adressés au chef du SCSIN par M. Cogné, président du GPR et deux lettres de suite de la réunion du GPR signées respectivement par le chef du SCSIN et le directeur général de l'industrie.</p> <p>. 8 février : transmission de l'indice A du « référentiel grands froids » (« Règles générales de conception pour la protection contre le froid ») : note technique SEPTEN-8787A (visée par M. Servièrre)</p> <p>. 16 février : présentation du référentiel par EDF au cours d'une réunion technique</p> <p>. 5 juillet : transmission d'une deuxième version du référentiel (indice B): note SEPTEN-8787B</p>	

Figure 2 : Chronologie du processus de production du « référentiel grands froids » (1985-1988)

1. L'autorisation de chargement de Paluel 4 : le déclenchement d'une réflexion sur le « grand froid » – de février à juin 1986

Etabli par les analystes¹⁰ du DAS (département d'analyse de sûreté de l'IPSN), le rapport DAS 200 « Evaluation de la sûreté de la 4^{ème} tranche du centre de production nucléaire de Paluel » est présenté devant le groupe permanent le 20 février 1986. Cette réunion du groupe permanent est la dernière avant l'autorisation de mise en service de ce réacteur du palier P4, dont la construction a débuté en 1980 (cf. Figure 1). La section IX.9 du rapport DAS 200 est consacrée aux conséquences de la vague de froid de l'hiver 1985 sur les tranches du palier P4¹¹ [1.1.] A l'issue de la réunion, le président du groupe permanent communique l'avis et les recommandations du groupe permanent au chef du SCSIN. Certaines d'entre elles traitent des risques liés aux périodes de grand froid [1.2.] Le SCSIN transmet ensuite des demandes à EDF [1.3.] Ainsi s'achève le premier épisode du dialogue technique consacré aux grands froids, qui présente à la fois des aspects scientifiques et opérationnels [1.4.]

1.1. La section IX.9 du rapport DAS 200

Près d'une vingtaine de pages sont consacrées aux conséquences de la vague de froid de l'hiver 1985 sur les tranches du palier P4.

¹⁰ C'est le terme que nous avons conventionnellement choisi pour désigner les personnes de l'IPSN impliqués dans ce dossier. Nous l'avons préféré aux termes « spécialistes » et « experts », ceux-ci ayant une signification particulière à l'IRSN. Selon nos interlocuteurs, les personnes impliquées dans notre dossier étaient davantage des « généralistes », souvent de formation d'ingénieur, et familiers du fonctionnement général des installations nucléaires.

¹¹ Le palier P4 (REP 1300) regroupe les 4 réacteurs nucléaires du CNPE de Paluel (Normandie), les 2 réacteurs de CNPE de Flamanville (Normandie) et les 2 réacteurs du CNPE de Saint-Alban (Rhône-Alpes). Lors de la vague de froid de froid du mois de janvier 1985, seuls Paluel 1 et 2 étaient raccordés au réseau électrique français. Saint-Alban 1 a été raccordé en août 1985 ; Paluel 3, en septembre 1985. A la suite du groupe permanent du 20 février 1986, Paluel 4 sera raccordé au réseau en avril ; Saint-Alban 2, en juillet 1986 ; Flamanville 1, en décembre 1986 et Flamanville 2, en mars 1987.

1.1.1. Premier paragraphe : « Présentation »

La section IX.9 est introduite par un paragraphe intitulé « Présentation » (IX.9.1.) qui regroupe plusieurs informations intéressantes.

La période de froid maximum (du lundi 7 au jeudi 17 janvier 1985) est qualifiée comme une « période critique particulièrement *instructive* [qui] a permis de mettre en évidence quelques *faiblesses ou anomalies* qui ont amené un certain nombre de *modifications* de l'installation. » Cette période « a été mise à profit pour exécuter des *essais* nécessitant des conditions climatiques [extrêmes], et *l'expérience acquise* a permis de mettre en place une *consigne d'exploitation*¹² *en cas de grand froid*. Cette nouvelle consigne mise en place par EDF « indique les vérifications et précautions à prendre dans ces circonstances sur les circuits soumis aux intempéries. »

Par ailleurs, la période de froid est caractérisée. Ainsi, « pendant une dizaine de jours la température a été en moyenne inférieure de 10 à 15 degrés à la moyenne interannuelle de janvier. *Ce type de situation ne se retrouve qu'une fois tous les 20 ans environ.* » Cette dernière affirmation s'appuie sur « les données météorologiques de la station de Dieppe ».

Enfin, la règle de conception des « -15 degrés », est rappelée ; il est ainsi écrit que « le palier P4 a été dimensionné pour une température de -15 degrés permanente ».

1.1.2. Deuxième paragraphe : « Bilan des avaries dues au gel »

On trouve dans l'introduction de ce deuxième paragraphe proposant un bilan des avaries dues au gel une courte synthèse des problèmes rencontrés par EDF :

- « Des problèmes de finition (les bâtiments n'étaient pas toujours dans leur configuration définitive et notamment clos et chauffés),
- Quelques oublis dus à *l'absence de consigne* [d'exploitation] précisant les contrôles à effectuer,
- L'insuffisance de certaines protections contre le gel des *capteurs* du système VVP [vapeur vive principale], des capteurs sur les bâches

¹² Ces consignes d'exploitation prennent la forme de logigramme. Elles précisent notamment le matériel dont il faut contrôler le bon état en période hivernale et définissent une « alerte grand froid », associée à des dispositions spécifiques « grand froid » (par exemple : « contrôler la fermeture des portes et l'étanchéité des entrées d'air des locaux à protéger du froid » ; « surveiller la température des locaux (...) et prendre des mesures particulières si nécessaire (chauffage d'appoint) » (sources : document EDF)

extérieures d'eau déminéralisée, des batteries de préchauffage et chauffage d'air des circuits de ventilation DVN et DVK¹³. »

La suite du paragraphe décrit les *modifications* entreprises pour pallier l'insuffisance de ces protections, selon le circuit concerné : circuit de vapeur principal (VVP) – calfeutrage installé, circuit de traçage modifié, protection ajoutée ; distribution d'eau déminéralisée îlot nucléaire (SED) – vanne calorifugée, écriture d'une procédure ; circuits de ventilation DVN et DVK.

Des recommandations apparaissent dans la conclusion du paragraphe : « *Des circuits jugés peu importants peuvent amener des difficultés qui auraient pu être évitées si ces circuits avaient bénéficié d'essais de mise en marche aussi rigoureux que les autres.* C'est le cas par exemple du STE et du SES¹⁴. *Il semble souhaitable d'homogénéiser la qualité des essais à réaliser au niveau des performances attendues, quelle que soit l'importance du circuit.* Il faut noter que *ces mêmes circuits peuvent, par leur défaillance, amener la dégradation des circuits importants pour la sûreté se trouvant dans leur voisinage.* EDF devrait prévoir dans le rapport de sûreté les précautions prises pour que ces circuits annexes ne puissent pas être une cause d'agression ou de dégradation de systèmes importants pour la sûreté en cas de gel. »

1.1.3. Troisième paragraphe : « Procédure "grand froid" »

Ce troisième paragraphe est consacrée à la nouvelle consigne d'exploitation¹⁵ « grand froid », conçue par les services centraux d'EDF et déployée sur chacun des sites peu après les mois d'hiver de l'année 1985. Il est écrit que cette procédure tient compte de « *toutes les défaillances rencontrées sur les sites* ».

La critique du DAS porte sur l'absence de températures minimales à respecter dans certains locaux (« et qui figurent dans les DSE [dossier de système

¹³ Systèmes de ventilation du bâtiment des auxiliaires nucléaires (DVN) et du bâtiment réacteur (DVK).

¹⁴ « Le système STE étant nécessaire au bon fonctionnement des soupapes assistées VVP, il semble souhaitable qu'EDF inclue celui-ci dans la liste des systèmes importants pour la sûreté. A ce titre, le DAS a estimé qu'EDF devrait informer le SCSIN des modifications, des essais, de la surveillance en exploitation et des programmes de maintenance relatifs à ces équipements. »

« Le système SES, bien que non classé sûreté par EDF, peut par son mauvais fonctionnement, perdre son intégrité en cas de gel et endommager des composants de systèmes importants pour la sûreté. En conséquence, EDF devrait mentionner dans le rapport de sûreté les dispositions prises à ce sujet. Le DAS souhaite que ces modifications soient transmises au SCSIN. »

¹⁵ A cette époque, les vocables « consigne » et « procédure » semblent être utilisés indistinctement.

élémentaire] des systèmes concernés ») : « Le DAS souhaite qu'EDF complète la procédure "grand froid" en tenant compte des informations données dans les DSE. »

Les analystes de l'IPSN concluent ainsi : « La rédaction d'une consigne de surveillance type "grand froid" est un élément positif, il semble néanmoins utile *d'intégrer dans cette consigne les valeurs minimales de température des locaux prévues à la conception et de prévoir les dispositions à prendre en cas d'impossibilité d'atteindre ces températures (perte d'aérothermes par exemple).* »

1.1.4. Quatrième paragraphe : « Essais de sensibilité au froid »

Des essais avaient été demandés à EDF. « Le but de ces investigations était d'une part *d'identifier les matériels rendus indisponibles*, d'autres part, *d'évaluer les marges pour les matériels sensibles.* »

Il est indiqué que « lors de la réunion, EDF nous a informés qu'il n'avait pas effectué tous ces contrôles. » S'ensuit une proposition de recommandation : « L'objectif global étant une meilleure connaissance de l'installation vis-à-vis de ce type d'agression climatique, il conviendrait de *préparer et de réaliser lors de la prochaine vague de froid une suite d'investigations du même type que celle demandée à Paluel à une température de l'ordre de -15 degrés.* Ces investigations pourraient être complétées en fonction de l'analyse de la sensibilité au gel effectuée par chaque concepteur de circuits cités dans la procédure "grand froid" et ce pour les différents états standard de la chaudière. »

1.1.5. Avis et commentaires du DAS

En plus des recommandations susmentionnées, ce paragraphe fait mention de deux informations intéressantes :

- Il est indiqué que Paluel est un des sites les moins sensibles au phénomène de gel du palier 1300 MWe, étant donné sa situation maritime. « Il est donc possible que d'autres difficultés puissent apparaître à l'avenir dans une telle situation ».
- « *Les données météorologiques du rapport provisoire de sûreté mériteraient d'être complétées.* Pour Paluel les données fournies portent uniquement sur la période 1961 à 1970¹⁶. Il nous semble souhaitable de présenter des données couvrant toute la période de relevés existante,

¹⁶ Cela semble contradictoire avec l'affirmation précédente « pendant une dizaine de jours la température a été en moyenne inférieure de 10 à 15 degrés à la moyenne interannuelle de janvier. Ce type de situation ne se retrouve qu'une fois tous les 20 ans environ. » (p. 9).

d'indiquer en fonction de la vie d'une centrale *les durées de retour des températures estimées les plus froides ainsi que les moyennes les plus basses pouvant être enregistrées sur 12 h ou 24 h. Cette démarche permettrait d'apprécier pour chaque site le risque gel.* »

Ces différents projets de recommandation sont partiellement repris dans l'avis du groupe permanent.

1.2. L'avis du groupe permanent

Le président du groupe permanent chargé des réacteurs nucléaires adresse au chef du SCSIN le 18 mars 1986 (GPR 86/20) un avis favorable au chargement de la quatrième tranche du centre de production nucléaire de Paluel, « sous réserve de la prise en compte des recommandations jointes et de l'avis de la section permanente nucléaire¹⁷. »

Quatre recommandations sont inscrites, issues du rapport DAS 200. On peut noter la formulation relativement générale de la première d'entre elles.

« Le groupe permanent recommande qu'EDF justifie et complète si nécessaire les mesures prévues afin d'*éviter que des systèmes, par suite de dégâts causés par le gel, soient à l'origine d'une dégradation de systèmes importants pour la sûreté.* Il recommande que ces dispositions figurent dans la prochaine édition du rapport de sûreté ainsi que dans les rapports à venir.

Le groupe permanent recommande que, pour chaque site, les données météorologiques du rapport de sûreté mentionnent la totalité des relevés de température tirés des *données statistiques ou historiques*, en incluant *les durées de retour des températures estimées les plus froides, ainsi que les moyennes les plus basses pouvant être enregistrées sur 12 ou 24 h.*

Le groupe permanent recommande qu'EDF prépare une *campagne d'investigations complémentaires* à mettre en œuvre sur les tranches nucléaires lors de la prochaine vague de froid.

Le groupe permanent recommande qu'EDF *intègre dans la consigne type "grand froid" les valeurs minimales de conception de températures de locaux ainsi que les dispositions à prendre s'il s'avérait impossible de maintenir celles-ci.* D'une manière générale *le groupe permanent souhaite examiner l'ensemble du*

¹⁷ Il s'agit d'une entité au sein de la Commission centrale des appareils à pression.

dossier dans le cadre de la prochaine réunion consacrée au retour d'expérience¹⁸. »

Ces recommandations, à quelques modifications près, seront transformées en des demandes du SCSIN. On peut noter par ailleurs que le président du groupe permanent souhaite que la thématique « grand froid » soit inscrite à l'ordre du jour d'une prochaine réunion.

1.3. La lettre de suite du SCSIN

Le courrier du chef du SCSIN du 10 juin 1986 relatif à l'autorisation de démarrage des tranches de Paluel 4, Saint-Alban 2 et Flamanville 2 recense plusieurs listes d'« études complémentaires dont l'intérêt est apparu au cours de l'instruction des dossiers présentés par EDF à l'appui de ses demandes d'autorisation de chargement ».

C'est dans l'annexe 1 de ce courrier, qui regroupe les demandes génériques relatives à l'ensemble des tranches REP (tous paliers), qu'est inscrite la thématique « Protection des centrales contre le froid » :

« Electricité de France transmettra, avant septembre 1986, un bilan détaillé des réflexions conduites sur la protection des centrales contre le froid, à la suite de la vague de froid de janvier 1985, et des actions engagées en conséquence.

Ce dossier, qui devra être, à terme, résumé dans le rapport de sûreté, devra :

- *pour chaque site, préciser la totalité des relevés de température tirés des données statistiques ou historiques, en incluant les durées de retour des températures estimées les plus froides, ainsi que les moyennes les plus basses pouvant être enregistrées sur 12 ou 24 heures ;*
- *justifier les mesures prévues afin d'éviter que des systèmes, par suite de dégâts causés par le froid, soient à l'origine d'une dégradation de systèmes importants pour la sûreté.*

De plus, EDF devra, en particulier :

¹⁸ Tous les trois ou quatre ans, une réunion du groupe permanent, dite « GP REX » (comme Retour d'Expérience), est consacrée au bilan d'exploitation des réacteurs à eau sous pression. L'ensemble des événements survenus au cours d'une période écoulée est préalablement examiné par les analystes de l'IPSN, qui identifient des thèmes génériques qui seront discutés en réunion. Le groupe permanent suggère donc de considérer les risques dus au grand froid comme un des thèmes à examiner au cours du prochain « GP REX ».

- *préparer une campagne d'investigations complémentaires à mettre en œuvre sur les tranches lors de la prochaine vague de froid ;*
- *mentionner dans les consignes "grand froid" les valeurs minimales des températures de locaux prises en compte à la conception ainsi que les dispositions à prendre s'il s'avérait impossible de maintenir celles-ci. »*

Soulignons le délai relativement court¹⁹ imposé par le SCSIN : EDF dispose de trois mois pour remettre ce dossier, sans que sa transmission constitue un préalable à la mise en service.

Dans ce courrier, on peut aussi noter la référence à deux lettres SIN par lesquelles « le ministre chargé de l'industrie a autorisé EDF à faire procéder au chargement du combustible et aux essais précritiques à froid de Paluel 4, Saint-Alban 2 et Flamanville 2 ». Ces deux lettres (SIN 520/86 et SIN 603/86) sont datées des 21 et 28 février 1986. Le court laps de temps séparant l'autorisation ministérielle de la réunion du groupe permanent (20 février 1986) peut interroger : il n'y a pas pu avoir de transmission écrite du compte rendu. Selon nos interlocuteurs, le fonctionnement des institutions de régulation de la sûreté, beaucoup moins rigide à l'époque, et les communications informelles entre les principaux acteurs expliquent cette situation.

1.4. Conclusion : les registres scientifique et opérationnel d'un dialogue constructif

Au cours du premier épisode de notre récit, un cadre de raisonnement destiné à faire progresser les connaissances et les règles pour protéger les réacteurs nucléaires contre le froid se met en place.

En revenant sur les différentes archives précédemment commentées, nous proposons ci-après de tirer des enseignements sur l'organisation et la nature des échanges entre les différents participants.

La réunion du groupe permanent du 20 février 1986, pourtant consacrée à l'analyse du rapport provisoire de sûreté de la quatrième tranche de Paluel précédant l'autorisation ministérielle de chargement du combustible, est l'occasion pour les institutions de la sûreté nucléaire d'examiner de manière plus générale les risques dus aux périodes de grand froid, à l'aune des incidents survenus lors du précédent

¹⁹ Notons toutefois qu'EDF était représenté aux groupes permanents, et donc informé de ces demandes bien avant la réception formelle du courrier. Par ailleurs, nos interlocuteurs nous ont indiqué que la formulation des recommandations présentes dans les courriers est discutée en séance pour qu'elle soit acceptable par toutes les parties.

hiver. A plusieurs reprises, on s'écarte donc, en partie, du sujet de la réunion, pour aborder les problèmes « du moment », qui concernent les réacteurs du palier P4 et P'4, en fin de construction, les réacteurs en cours de conception du palier N4, voire l'ensemble du parc nucléaire français. Le président du groupe permanent suggère par ailleurs d'ajouter la thématique à l'ordre du jour d'une prochaine réunion. Cet « *opportunisme procédural* » démontre une certaine efficacité du système de régulation de la sûreté nucléaire. Au cours d'un entretien, un directeur de l'IRSN, évoquait la grande influence du président du groupe permanent (« qui était alors aussi le directeur de l'IPSN »), comme une des caractéristiques du contexte institutionnel de l'époque. Ce directeur ajoutait qu'un sujet technique particulier était ajouté à l'ordre du jour de chaque demande d'autorisation : « Les demandes d'autorisation constituaient des opportunités pour instruire de manière plus approfondie une nouvelle thématique ».

La procédure examinée révèle également l'importance du travail des analystes de l'IPSN au sein du système. Du rapport DAS à l'avis du groupe permanent, de l'avis à la lettre de suite du SCSIN, les principales modifications touchent à la forme : on passe des projets de recommandations aux recommandations ; des recommandations aux demandes. Ces transformations altèrent peu les conclusions des analystes et aboutissent à un consensus. C'est un effet du fonctionnement des groupes permanents, qualifiés par un de nos interlocuteurs de « machines à fabriquer du consensus ».

On peut noter que les analystes de l'IPSN n'interviennent pas uniquement sur le registre du chercheur, centré sur la progression du savoir scientifique ; ils sont également capables d'intégrer dans leurs raisonnements et leurs évaluations les aspects opérationnels de l'exploitation d'une installation industrielle complexe.

Une partie de leurs analyses se situe certes sur le *registre scientifique*, l'accent est mis sur l'acquisition de nouvelles connaissances. On parle d'« expérience acquise » ; la période de froid est qualifiée de « période critique particulièrement instructive », qui « a été mise à profit pour exécuter des essais » ; il est écrit que l'objectif global est « une meilleure connaissance de l'installation vis-à-vis de ce type d'agression climatique ». L'objectif d'amélioration des connaissances est ainsi inscrit dans plusieurs des conclusions des analystes, et concerne deux des quatre demandes du SCSIN ; celle sur les données météorologiques à compléter, celle sur la campagne d'investigations supplémentaires à réaliser. Sur le plan théorique, afin d'appréhender les phénomènes climatiques, *les analystes mobilisent maintenant le concept probabiliste de durée de retour*, alors que jusqu'ici, une approche exclusivement déterministe semblait utilisée (le scénario des « moins 15

°C »)²⁰ ; ils distinguent maintenant deux températures : *la température la plus froide* (*température instantanée*) et la *température moyenne la plus basse* (*les périodes de 12 et 24 heures sont proposées*), cette distinction ayant été proposée, semble-t-il, par EDF.

Une seconde partie des propos des analystes se situe davantage sur le *registre opérationnel*²¹. Ceux-ci portent sur l'évaluation des modifications proposées par EDF. Dans ce registre, on peut distinguer les modifications matérielles, tel un ajout de calfeutrage, un changement de traçage, etc. de la mise en place d'une nouvelle consigne d'exploitation « en cas de grand froid », saluée par les analystes de l'IPSN. Dans un projet de recommandation qui deviendra une demande du SCSIN, ceux-ci suggèrent néanmoins de compléter cette consigne en y ajoutant « les valeurs minimales de températures des locaux prévues à la conception ». La dernière demande du SCSIN reste sur le registre opérationnel. Elle souligne la « complexité industrielle » de se protéger contre les phénomènes climatiques examinés. Les analystes mettent en garde sur les conséquences d'une défaillance de circuits « jugés peu importants » sur les « matériels importants pour la sûreté ». Un raisonnement « *systemique* » est ici mobilisé.

On peut enfin noter l'ambiance constructive qui ressort de l'analyse des documents relatifs à ce premier épisode. Les mesures palliatives prises par EDF semblent globalement appréciées des évaluateurs. Le « dialogue technique » semble opérer sans accroc. L'intervention des analystes sur des registres différents, scientifique et opérationnel, apparaît comme un des attributs de ce dialogue technique. Il aboutit ici à une liste de quatre demandes écrites dans la lettre de suite du SCSIN du 10 juin 1986, qui prévoit la date du deuxième épisode : EDF a jusqu'au mois de septembre 1986 pour remettre son dossier. Le temps est compté ; trois mois (d'été) séparent l'envoi du courrier administratif du délai imparti. Ce délai est-il réaliste ? Pourquoi cette urgence ? S'agit-il de faire un point avant l'hiver à venir ? Doit-on y voir un effet de l'accident du 26 avril 1986, à Tchernobyl ? D'après nos interlocuteurs, le SCSIN se doit d'exiger une réaction rapide, avant l'hiver qui arrive, pour des raisons de crédibilité. De toute façon, comme on l'a dit, les échanges informels n'ont pas attendu la rédaction du courrier, et EDF est déjà informé. En revanche, l'accident de Tchernobyl semble n'avoir joué aucun rôle.

²⁰ Toutefois le raisonnement reste déterministe.

²¹ Selon plusieurs interlocuteurs, « les analystes de l'époque disposaient d'une forte « expérience terrain ».

2. Les (tardives) réponses d'EDF : des registres opérationnel et scientifique en compétition – de fin 1986 à l'été 1987

Près d'un an se déroule sans qu'une réponse officielle d'EDF ne soit transmise au SCSIN. Selon notre interlocuteur d'EDF, il y avait toutefois eu des réponses partielles ; mais ce délai traduisait indéniablement un embarras devant la complexité de la réponse globale à apporter. Une partie de ce retard pourrait aussi être justifiée par le rigoureux hiver 1986-1987, à l'origine de plusieurs incidents et dont l'impact médiatique est notable [2.1.] Comme convenu, la thématique du grand froid est abordée au cours d'une réunion du groupe permanent consacrée au bilan de l'exploitation des tranches nucléaires à eau sous pression, en mars 1987. Au cours de cette réunion, l'absence des réponses d'EDF aux demandes du SCSIN est remarquée [2.2.] Celles-ci ne seront transmises que durant l'été 1987 et explicitent une stratégie de maîtrise des risques qui s'écarte notablement du cadre de réflexion initiée durant l'instruction liée à l'autorisation de chargement de Paluel 4 [2.3.] Le registre opérationnel semble prendre le pas sur le registre scientifique [2.4.]

2.1. Le rigoureux hiver 1986-1987

« L'hiver 1986-1987 est le troisième hiver consécutivement froid. Le mois de janvier 1987 est de nouveau glacial », peut-on lire sur le site Internet de Météo France. « Une puissante vague de froid venue de Finlande affecte la France entre le 10 et le 22 janvier. Le 10 janvier, les températures chutent dans le nord-est du pays. Le 11 janvier, l'air glacial envahit toute la France. Le 12 janvier, les températures deviennent polaires. Le 14 janvier, presque toute la France est couverte de neige. Le froid ne s'estompe que très lentement à partir du 22 janvier mais il ne disparaît réellement que le 3 février. »²² Le 16 février 1987, à l'Assemblée Nationale, le ministre de l'industrie doit répondre à une question sur les conséquences du froid et du *gel des prises d'eau* sur le fonctionnement de la centrale de Chinon : « Au cours de la vague de froid du mois de janvier dernier, certains sites de production, tant classiques que nucléaires, ont connu quelques difficultés liées aux températures exceptionnellement basses qui ont régné dans certaines régions. Les sites installés en bord de Loire ont été particulièrement concernés. Ainsi, le 12 janvier 1987, à la suite de l'arrêt brutal de la production de la centrale thermique de Cordemais, la tranche

²² Site Internet de Météo France.

B3 du centre de production nucléaire de Chinon, après l'insuccès d'une tentative d'îlotage, a connu un arrêt d'urgence provoqué par le jeu normal des dispositifs de sécurité. Au cours de l'arrêt [de la centrale thermique] qui en a résulté, le gel d'une tuyauterie alimentant une réserve d'eau de secours a entraîné, dans le respect des normes de sécurité, le passage au système de refroidissement à l'arrêt. Simultanément deux capteurs de niveau avaient gelé, sans conséquence supplémentaire. Après avoir remédié à ces deux incidents, la tranche était progressivement ramenée aux conditions d'arrêt à chaud, puis redémarrée le 13 janvier au soir. Au cours de cette période a été également constaté le figement du gazole alimentant une turbine à gaz. Ce défaut devrait être pallié dès l'hiver prochain par l'utilisation de gazole de qualité améliorée supportant des températures inférieures. D'autre part, les hivers rigoureux des années précédentes avaient entraîné certaines difficultés dues à la formation de glace aux prises d'eau de la centrale. Ces difficultés avaient amené l'exploitant à mettre en place des rampes d'aspersion destinées à assurer un brassage en surface de l'eau. L'entreprise E.D.F., sur l'ensemble de ses sites et en particulier à Chinon, a engagé des *enquêtes* visant à établir les causes précises de ces incidents et à dégager des solutions susceptibles d'en éviter le renouvellement à l'avenir. »

Au-delà des dysfonctionnements matériels similaires à ceux mentionnés dans le rapport DAS consacré à Paluel 4, une thématique nouvelle est ici mentionnée, celle du *gel des prises d'eau*.

2.2. L'examen du retour d'expérience des REP en exploitation au cours de la période 1984-1985

Dans les jours suivants, au mois de mars 1987, comme cela avait été suggéré dans l'avis du groupe permanent issu de la réunion du 20 février 1986, la thématique du grand froid est abordée au cours d'une réunion consacrée au bilan d'exploitation des réacteurs à eau sous pression durant les années 1984 et 1985²³. Conformément à la procédure, la thématique est instruite par les analystes de l'IPSN qui présentent un rapport devant les membres du groupe permanent.

2.2.1. La section 3.2.14 du rapport DAS 317

La section 3.2.14. du volumineux rapport 317 est relativement brève ; seules six pages sont consacrées à notre problématique, intitulée « Gel ».

²³ cf. note de page 18, p.12.

Un premier paragraphe est consacré au recensement des 17 événements causés par le gel, recensés par EDF. Pour chacun des hivers 1984/85 et 1985/86, les incidents sont regroupés dans un tableau. La première colonne est consacrée au système concerné ; la seconde à la tranche concernée ; la troisième précise la date ; la quatrième, une courte description ; la cinquième indique des éventuelles références.

Les principaux problèmes rencontrés, de nature assez variée, sont les suivants :

- « gel de mesures de débit d'eau alimentaire provoquant des arrêts d'urgence : 2 à Chinon B, 1 à Cruas ;
- indisponibilité de la ventilation du bâtiment des auxiliaires nucléaires causés par le gel des batteries de chauffe : 2 à Tricastin ;
- difficulté pour maintenir une température correcte de l'huile de prégraissage de diesels : 2 à Dampierre ;
- gel des mesures de niveau de la bache PTR : 1 à Tricastin, 1 à Dampierre, 1 à St Laurent B ;
- perte d'étanchéité des soupapes de sûreté des générateurs de vapeur suite au gel de leur dispositif d'assistance : 1 à Cruas ;
- obturation progressive de la prise d'eau par l'accumulation de blocs de glace devant les grilles d'aspiration : 1 à Chinon. »

Le caractère significatif de cette série d'incidents est indiqué, « dans la mesure où elle montre que le gel peut intervenir à la fois comme initiateur d'incident ((...), brèche vapeur, perte source froide) et comme cause de la défaillance de mode commun de systèmes de sauvegarde (eau alimentaire de secours, Diesels, injection de sécurité) ».

Le deuxième paragraphe présente les enseignements tirés et les mesures prises par EDF. Des « fiches de suivi » d'EDF sont mentionnées : la F00212 détaille des « actions à court terme » ; plusieurs « fiches Corex²⁴ », des « actions à long terme consistant en la revue de conception de nombreux systèmes ». Par ailleurs, « des études sont également engagées pour protéger les prises d'eau en Loire et pour augmenter la capacité de chauffage des locaux ASG de Fessenheim. » Il est précisé que les « fiches de suivi [Corex] ne sont pas accessibles au DAS ».

²⁴ Il s'agit du Comité opérationnel de retour d'expérience, interne à EDF, où étaient passés en revue les incidents.

Le troisième et dernier paragraphe est consacré à l'avis du DAS. Celui-ci s'appuie sur la lettre de suite du SCSIN du 10 juin 1986 (cf. paragraphe 1.3, p.22), qui détaille les principales demandes faites à EDF. Il est ensuite fait état d'un manque d'informations disponibles : « *les informations recueillies auprès du SEPTEN* [service d'études et projets thermiques et nucléaires à EDF] le 20.10.1986, les compléments reçus ultérieurement (lettre SEPTEN 136245 du 29.10.1986) ainsi que le contenu de la fiche de suivi F00212 du 27.11.1986 n'y [demandes du SCSIN] répondent que *très partiellement*, et *ne permettent pas au DAS de porter un avis*. » Il faut noter qu'aucune réponse formelle et spécifique aux demandes du SCSIN inscrites dans le courrier du 10 juin 1986 ne semble avoir été établie par EDF.

2.2.2. L'avis du groupe permanent

Une brève recommandation consacrée au « gel » est écrite dans l'avis du groupe permanent transmis au chef du SCSIN le 23 juin 1987 : « Le groupe permanent a noté qu'après l'hiver 1985, d'autres incidents dus au gel sont survenus durant l'hiver 1986-87. Compte tenu des actions déjà engagées, il recommande qu'un examen spécifique de ces problèmes soit effectué. » Il manifeste ainsi poliment son insatisfaction et semble considérer que le travail de réflexion n'est pas abouti.

2.3. Les réponses d'EDF aux demandes du SCSIN

Un courrier d'EDF arrive à l'été 1987. La note SEPTEN-144380, datée du 30 juillet, constitue la réponse d'EDF aux demandes formulées par le SCSIN dans sa lettre de suite du 10 juin 1986 et s'inscrit dans le cadre de la préparation d'une prochaine réunion du groupe permanent.

2.3.1. La note SEPTEN-144380

Le courrier de 14 pages adressé au chef du SCSIN reprend en première page la demande du SCSIN (« question »).

Le SCSIN demandait qu'un « bilan détaillé des réflexions conduites sur la protection des centrales contre le froid (...) et des actions engagées (...) » soit produit et précisait quatre points spécifiques à traiter (cf. paragraphe 1.3. La lettre de suite du SCSIN, p.22).

Le courrier d'EDF n'est pas structuré par cette liste de demandes du SCSIN. Toutefois, on y trouve des éléments de réponses. Pour rendre compte des décalages

entre questions et réponses, nous commentons ci-après les réponses d'EDF en suivant l'ordre des demandes de la lettre de suite du SCSIN.

Dans le quatrième et dernier paragraphe, le tableau 1 indique les *températures minimales pour une durée de retour de 50 et 100 ans* par site, ou plutôt par station météo correspondante. Le tableau 2 précise *les températures moyennes minimales pendant 24 heures consécutives* pour les 6 stations météo disposant de « relevés trihoraires suffisants », et donc pour 8 sites associés. Pour les 10 autres sites, EDF indique, sans autre justification, que « *cette température moyenne minimale peut s'estimer en rajoutant 5 degrés aux valeurs du tableau 1* ».

Les actions correctives engagées sont listées par palier. Ainsi le premier paragraphe est consacré aux « tranches REP 900 MWe » et traite des points suivants : mesures de débit d'eau alimentaire du palier CP2, maintien en température des locaux diesels, mesures de niveau de la bache PTR, prises d'eau, ventilations du bâtiment des auxiliaires nucléaires, soupapes de sûreté des générateurs de vapeur, problèmes divers. Le deuxième paragraphe est consacré aux « tranches REP 1300 MWe » et aborde les aspects suivants : capteurs de pression vapeur des générateurs de vapeur, soupapes de sûreté des générateurs de vapeur, ventilations du bâtiment des auxiliaires nucléaires et du bâtiment combustible.

La campagne d'investigations complémentaires demandée par le SCSIN a été réalisée en janvier 1987 : « des relevés de température dans les locaux diesels, ventelles partiellement fermées, ont mis en évidence la nécessité d'une action complémentaire lorsque la température extérieure est très basse. Cette étude complémentaire sera engagée avant l'hiver 87/88 (...) » (Tranches 900, p.4)

Par ailleurs, il est fait mention des études suivantes :

- « Sur ce sujet, *prise d'eau et station de pompage, un dossier par site du bord de Loire est en cours de constitution* et sera disponible fin septembre 1987. » (Tranches 900, p.5)
- « Des incidents ont encore été rencontrés sur ces matériels [capteurs de pression vapeur des générateurs de vapeur] à Saint-Alban, Cattenom et Belleville suite à des défauts de traçage des capteurs. Ce problème fera l'objet d'une étude en 1987, la plupart des modifications seront effectuées avant la fin 1987. » (Tranche 1300, p.7)
- « De nouveaux incidents ont été rencontrés en 1987 sur tous les sites REP 1300 MW suite à des mauvais fonctionnements de la régulation de température et des protections [ventilations du bâtiment des auxiliaires

nucléaires et du bâtiment combustible]. Les études en cours sur ce problème ont été accélérées en 1987.

- D'autre part, de nouveaux incidents ont été recensés en 1987 et font l'objet d'une étude (...)
- Enfin, comme pour les tranches REP 900, un *dossier par site sur rivière à faible débit* sera constitué et disponible à fin septembre 87. Les sites concernés sont : Belleville, Nogent, Golfech ainsi que la tranche N4 de Chooz. » (Tranche 1300, p.8)

Le troisième paragraphe est consacré aux consignes d'exploitation « grand froid ». Comme réponse à la demande du SCSIN, il est indiqué que « les centrales mentionneront, avant l'hiver prochain, dans des [nouvelles] consignes "grand froid" [destinées à l'exploitation] les valeurs minimales des températures des locaux prises en compte à la conception. » Pour les tranches REP 900 MW, des informations détaillées sont précisées ; ce sont celles de l'Encadré 1, p. 6.

La quatrième demande sur l'impact de la défaillance de systèmes de moindre importance sur les matériels importants sur la sûreté, jugée par un de nos interlocuteurs irréaliste car trop vaste, n'est pas explicitement traitée dans cette note.

2.3.2. La note SEPTEN-146800

Un courrier d'EDF adressé au DAS (SEPTEN-146800, 30 octobre 1987) fait mention d'une réunion²⁵, en date du 16 octobre 1987, durant laquelle la proposition d'EDF a été discutée.

Ce complément de deux pages apporte des précisions sur la démarche d'EDF et apporte des éléments de réponse à la quatrième demande : « Après avoir fait un constat des conséquences du froid de ces trois derniers hivers sur les tranches, nous avons axé, *de manière prioritaire*, nos actions sur la *prise en compte du retour d'expérience*²⁶ et sur l'*examen des prises d'eau*. Des mesures correctives pour tous les problèmes mis en évidence vont ainsi être mises en œuvre sur les sites pour l'hiver 87-88, de manière provisoire ou définitive. Cet ensemble de mesures correctives, associées à la mise au point des *procédures d'exploitation* et à l'ajout systématique d'une *rubrique protection contre le gel dans tous les dossiers de systèmes élémentaires* (système classé de sûreté ou non), constitue la parade

²⁵ Dans le cadre des réunions de l'instruction du GP à venir. A la fois une réponse et un dossier préparatoire.

²⁶ Ce qui semble se limiter à la définition et la mise en œuvre de mesures correctives issues de l'analyse des incidents constatés.

essentielle à tous les risques vraisemblables en période de grand froid, aussi bien du point de vue sûreté que *disponibilité* des tranches. »

Par ailleurs, il est fait mention d'*un seuil nouveau* ; EDF prévoit de réaliser des vérifications complémentaires à une température extérieure de -25°C . « Il sera vérifié que pour une température extérieure de -25°C pendant un jour (...), les matériels IPS²⁷ situés dans les bâtiments conservent un fonctionnement correct quelles que soient les situations de la tranche (tranche en arrêt, en fonctionnement, en démarrage, pertes des alimentations électriques externes pendant une durée à définir). Les procédures ou moyens adaptés à prévoir seront définis à cette occasion. L'examen des prises d'eau a été réalisé en prenant en compte la température extérieure de -25°C (...). »

Il est enfin dit que « les conséquences des *études complémentaires* seront examinées à l'occasion de la revue de conception, consacrée aux problèmes de gel, du palier N4 ; cette revue est prévue mi 89. »

2.4. Conclusion : une première formulation d'une stratégie industrielle de maîtrise des risques

Ce deuxième épisode de notre récit est marqué par la formulation par l'exploitant EDF d'une stratégie de maîtrise des risques liés aux périodes de grand froid.

Celui-ci opère une hiérarchisation des priorités. Alors qu'elle semblait jusqu'à présent ignorée, une attention toute particulière est portée à la thématique du gel des prises d'eau, évoquée jusque dans les rangs de l'hémicycle. Le cas des réacteurs situés au bord de la Loire, qui semblent avoir plus particulièrement souffert de la rigueur de trois hivers successifs, est mis en avant.

Un deuxième chapitre de cette stratégie de maîtrise des risques est relativement classique dans le domaine de la gestion des risques. Il s'agit du « retour d'expérience », consacré à la correction des problèmes identifiés au cours de l'analyse des incidents survenus.

Enfin, même si des données statistiques (les différentes températures de retour qui avaient été demandées par le SCSIN) sont renseignées par EDF, cette stratégie de maîtrise de risque conserve, en grande partie, un cadre de pensée déterministe. En effet, d'une part le raisonnement d'ensemble reste déterministe, et

²⁷ Importants pour la sûreté.

d'autre part, aucune probabilité n'est associée au nouveau seuil de température proposé ; l'évocation de ce nouveau seuil générique, -25°C , non justifié²⁸, se rapproche des pratiques et des usages en vigueur lors de la conception des réacteurs nucléaires jusqu'à l'hiver 1985.

A plusieurs égards, la stratégie proposée par EDF, pragmatique et centrée sur les urgences du moment, s'écarte de l'approche systématique préconisée par les analystes du DAS, et initiée l'année précédente.

A l'aube d'une réunion du groupe permanent consacrée spécifiquement aux grands froids, les divergences entre une stratégie « industrielle » pragmatique de maîtrise des risques et une approche plus systématique, apparemment plus scientifique, dans un contexte relationnel tendu, laissent présager un rendez-vous difficile : comment concilier des exigences qui, à ce stade, apparaissent relativement incompatibles ?

²⁸ Il serait intéressant de connaître l'origine de ce nouveau seuil et de savoir si EDF en avait évalué les conséquences financières.

3. La réunion du groupe permanent consacrée aux risques dus aux périodes de "grand froid" : l'heure de la confrontation – de novembre 1987 au début l'année 1988

Quelques semaines plus tard, le 26 novembre 1987²⁹, se tient la réunion du groupe permanent intégralement consacrée aux problèmes liés aux périodes de grand froid, notamment souhaitée durant l'examen du retour d'expérience des années 1984 et 1985. L'ensemble des réacteurs nucléaires exploités par EDF est dans le périmètre de l'instruction. Pour cette réunion, et comme de coutume, le DAS produit un rapport d'évaluation (DAS 410) présenté aux membres du groupe permanent [3.1.] Le groupe permanent transmet ensuite son avis et ses recommandations au SCSIN [3.2.] Deux lettres de suite sont adressées à l'exploitant [3.3.] La demande d'une démarche générale de prise en compte des risques liés aux périodes de grand froid se fait insistante [3.4.]

3.1. Le rapport DAS 410

Le chapitre introductif annonce les points saillants du rapport. Le chapitre II détaille deux incidents dont l'analyse permet d'identifier plusieurs problèmes de sûreté liés aux grands froids. Le chapitre III présente les principales règles de conception ayant un lien avec la protection contre les risques liés aux grands froids, retenues par EDF jusqu'au moment de l'instruction. Le chapitre IV traite des dispositions prises par EDF pour remédier aux problèmes rencontrés durant les hivers rigoureux. Dans le chapitre V, les analystes de l'IPSN proposent une démarche pour la prise en compte du risque « grand froid ».

3.1.1. Introduction

Dès l'introduction, la critique majeure du DAS à l'encontre des réflexions et actions engagées par EDF est explicitée :

« Les réponses apportées par EDF ne traitent en pratique que des dispositions, tant du point de vue protection des matériels que des consignes, à mettre en œuvre pour prévenir le retour des incidents jusqu'ici déclarés. Cette

²⁹ Saisine du 14 septembre 1987 : « revue des conditions météorologiques de site et de la conception des centrales pour vérifier l'adéquation de la conception en cas de grand froid ; mesures prises à court terme pour maintenir la sûreté en exploitation en cas de grand froid. »

réponse, si elle peut être considérée comme acceptable dans le cadre du traitement ponctuel des anomalies, ne peut néanmoins être considérée comme satisfaisante, car *elle ne se situe pas dans le cadre d'une réflexion élargie du risque "grand froid"*, réflexion en pratique juste entamée au sein d'EDF. »

Ce qu'attendent les analystes de l'IPSN, c'est « une démarche globale visant à *prendre en compte le risque "grand froid" dans la conception des tranches futures et dans l'analyse des tranches en exploitation* ».

Ceux-ci se montrent compréhensifs vis-à-vis des différentes temporalités envisagées par EDF : « Lors des discussions qui ont eu lieu sur ce dernier point, EDF a exprimé le souci de ne pas voir freiner les actions ponctuelles actuellement définies et en cours d'exécution sur les tranches en exploitation par les conséquences potentielles découlant d'objectifs en discussion. Le DAS admet le bien-fondé de cette préoccupation. *La définition d'une démarche globale prenant en considération l'ensemble des problèmes liés aux grands froids peut être faite, dans le cadre N4 et d'une revue de projet "protection contre le froid" prévue pour ce palier.* L'application de cette démarche aux réacteurs REP en exploitation devra alors faire l'objet de discussions tenant compte des actions et réflexions actuellement engagées par EDF. Cependant, pour ce qui concerne les autres réacteurs de puissance (UNGG et RNR), l'application de cette démarche devra faire l'objet de discussions à court terme, en prenant en compte leurs spécificités. »

3.1.2. Analyse approfondie de deux incidents

Deux incidents survenus le 12 janvier 1987 sont analysés dans ce paragraphe. Le premier s'est déroulé sur la centrale de Saint-Laurent-des-Eaux A (UNGG)³⁰, où s'est notamment produit un colmatage partiel de la prise d'eau de la tranche A1 ; le second, à Chinon B3 (REP 900), dont l'analyse permet de souligner des insuffisances du retour d'expérience : « Les défaillances liées au gel qui ont été rencontrées lors du déroulement de cet incident avaient déjà été rencontrées sur d'autres sites pendant le mois de janvier 1985. Ce qui indique que les actions de retour d'expérience engagées à la suite des problèmes rencontrés les hivers précédents n'étaient pas suffisamment avancées sur cette centrale. »

Les analystes de l'IPSN tirent deux autres enseignements de l'analyse de ce second incident :

³⁰ Le périmètre de notre étude se limite en principe aux REP, mais nous avons jugé bon de conserver cette mention d'un incident sur une UNGG, qui a constitué un événement marquant selon nos interlocuteurs.

- « Les défaillances liées au gel ont affecté des matériels dont les protections contre le froid étaient soit hors service, sans qu'aient été mis en place des moyens de secours, soit inefficaces, sans que l'exploitant en ait été conscient, faute de moyen de surveillance appropriée. Il importe donc que l'exploitant ait *les moyens de contrôler la disponibilité et l'efficacité des dispositifs de protection contre le froid des divers équipements*, ce qui suppose qu'il ait à la disposition des *consignes*, des *moyens de surveillance* et des *moyens de secours* appropriés. »
- « Les conditions de température qui ont conduit au gel des matériels n'étaient pas exceptionnelles (- 10°C), mais *il semble que le vent ait joué un rôle important*. Ceci souligne *l'intérêt d'une réflexion sur le choix des paramètres à considérer pour définir les moyens de protéger les installations contre le froid*. »

Les quatre points suivants apparaissent en conclusion du paragraphe. Les deux premiers concernent la caractérisation de l'aléa « grand froid » ; les deux autres sont davantage en lien avec les aspects « sûreté » des réacteurs.

- « L'agression externe "grand froid" peut concerner simultanément un certain nombre de sites nucléaires et sa durée peut être très variable et notamment longue ;
- Il n'existe pas de paramètre simple permettant de définir complètement l'agression externe "grand froid" ; *la température atteinte pendant une certaine durée la définit partiellement mais facilement*³¹ ;
- Le fonctionnement en puissance d'un réacteur nucléaire en période de grand froid participe à sa propre sûreté et à celle des autres réacteurs, par l'intermédiaire du réseau de transport de l'énergie électrique ;
- Les états d'arrêts des réacteurs ne sont pas forcément les états dans lesquels il soit le plus facile de garantir la sûreté du réacteur et, de ce fait, ils doivent faire l'objet d'un examen particulier. »

3.1.3. Pratiques actuelles

La première partie de ce paragraphe reprend les données transmises dans le courrier d'EDF du 30 juillet 1987, détaillées dans l'Encadré 1, p.6.

Une deuxième partie confronte les événements aux hypothèses de conception :

³¹ Il s'agit en quelque sorte de la définition d'un « proxy », la description rigoureuse du phénomène semblant inatteignable.

« *Les températures atteintes en janvier 1985 ont souvent été nettement inférieures aux - 15°C généralement prévus.* Du fait que, lors des phases d'essai de démarrage de la plupart des tranches REP, la température extérieure n'était pas proche des températures de conception, les systèmes destinés à protéger les matériels contre le froid n'ont pas été testés dans des conditions suffisamment représentatives.

Il en a résulté que, contrairement à ce qui est généralement requis lors de la mise en exploitation des tranches REP, *les performances réelles de ces systèmes n'étaient pas connues, et leurs consignes d'exploitation n'étaient pas validées.* Ainsi, la première vague de froid (janvier 1985) a fait apparaître des défaillances dont l'origine a pu être attribuée à des *insuffisances de conception, de réalisation ou d'exploitation.* »

Les autres parties de ce paragraphe sont consacrées aux réacteurs UNGG et aux RNR.

3.1.4. Mesures prises

Les analystes de l'IPSN exposent ici l'ensemble des dispositions prises par EDF, inscrites dans le courrier du 30 juillet 1987, avant de formuler un projet de recommandation :

- « EDF devra confirmer les objectifs de fin de réalisation des modifications concernant les risques de gel, et fournir dans les meilleurs délais un état d'avancement précis de leur réalisation. (...) »
- EDF devrait achever et transmettre dans les meilleurs délais les dossiers de modifications concernant les risques de gel ; ces dossiers devront notamment indiquer les essais de validation à réaliser. »

Une partie de ce paragraphe se focalise sur les prises d'eau : « Depuis quelques années, notre pays a subi des hivers rigoureux qui entraînent certaines difficultés quant à l'alimentation en eau brute des centrales, notamment par une formation de glace, plus ou moins importante, au niveau des prises d'eau. Deux incidents, prise en glace des prises d'eau de Chinon B et de St Laurent A, ont amené les autorités à se pencher sur ce problème (voir J.O. du 1.6.1987). »

Les analystes de l'IPSN exposent les études effectuées par EDF ainsi que les mesures retenues par EDF, tant vis-à-vis des matériels que des procédures, concernant les prises d'eau, stations de pompage et ouvrages de rejet.

Une classification des sites est proposée par EDF, suivant les prises d'eau et ouvrages de rejet, en fonction des variables suivantes : « localisation (mer ou

rivière) ; type du circuit CRF (ouvert ou fermé) ; type du circuit SEC (ouvert ou fermé) ; températures minimales relevées sur site ; modifications apportées depuis la mise en service ; incidents ». Cette classification aboutit à la distinction de quatre familles. Selon le représentant d'EDF consulté, elle a permis notamment d'établir les dossiers de station de pompage.

S'ensuit *une analyse du phénomène de prise en glace par famille*. Les analystes de l'IPSN rappellent que dans le courrier du 30 juillet 1987, EDF s'est engagée à transmettre avant la fin du mois de septembre 1987 un dossier par site pour les centrales en bord de Loire, ainsi que pour les sites de Dampierre, Saint Laurent B, Chinon B, Belleville et Nogent-sur-Seine.

« Au cours des réunions techniques, EDF a transmis, en tant que documents de travail, les notes relatives aux sites de Dampierre, Saint Laurent B, Chinon B, Belleville sur Loire et Nogent-sur-Seine. Ces documents visent à vérifier *les disponibilités des ouvrages d'eau sous une température continue de -25°C*. Une première analyse de ces notes montre un comportement acceptable des ouvrages d'eau (prises d'eau et salles des pompes), compte tenu des dispositions complémentaires prises sur la base de hauteur d'eau minimales disponibles dans le fleuve correspondant à des débits identiques aux étiages d'été. Compte tenu de la prise en glace de la Loire et des caractéristiques hydrologiques de réseau amont, *la relation entre une température extérieure extrême et ce débit minimal est difficile, voire impossible*. L'écart existant entre le débit minimal pris en compte dans les études et les débits estimés lors des précédents hivers permet d'envisager l'existence de marges importantes ».

Des projets de recommandations sont ensuite formulés :

- « Le DAS demande qu'EDF transmette les dossiers relatifs à ces modifications [dispositions complémentaires afin d'augmenter la capacité de maintien hors gel des filtres SFI et des salles SEC]. (...) »
- Le DAS demande qu'EDF précise, pour tous les sites où existent *des cols de cygnes*, les dispositions retenues. »

Les autres parties de ce paragraphe sont consacrées aux réacteurs UNGG et aux RNR.

3.1.5. Proposition d'une démarche pour la prise en compte du risque « grand froid »

Les analystes de l'IPSN justifient la nécessité d'une démarche globale : « Il apparaît (...) nécessaire d'établir une démarche globale de prise en compte du risque "grand froid", tant pour le choix des systèmes et matériels devant être protégés, que

pour la définition des exigences associées aux moyens de protection, *afin de s'assurer de la cohérence des protections mises en place, d'une part au sein d'une même installation, d'autre part vis-à-vis de la prise en compte des autres agressions externes.* »

Ils proposent de lier le développement de cette démarche à la conception du palier N4 : « Une telle démarche, pour être *prise en compte à la conception du palier N4, devrait être discutée et finalisée avant la revue du projet "grand froid" prévue pour ce palier mi-1989. L'application de cette démarche aux réacteurs en exploitation devra faire l'objet de discussions tenant compte des actions engagées actuellement par EDF, et des spécificités des différentes filières.* »

Ils formalisent les propos tenus par les représentants d'EDF au cours des réunions techniques : « Au cours des réunions préparatoires entre EDF et le DAS, les représentants d'EDF/SEPTEN ont (...) exposé l'approche qu'ils suivaient. Cette approche, qui n'a à ce jour été formalisée dans aucun document adressé aux autorités de sûreté, peut être décrite comme suit :

- "Les périodes de grand froid nécessitent la plus importante fourniture d'électricité du réseau, donc *l'objectif de disponibilité est primordial*. Il doit donc être vérifié que toutes les tranches sont capables de fonctionner en période de grand froid.
- Pour N4, la conception se fera sur la base de la preuve de *la disponibilité de tous les matériels IPS pour une température de -25°C pendant 24 heures et dans toutes les conditions de fonctionnement de la tranche*. Pour les températures inférieures à -25°C, il sera supposé que les marges existantes seront suffisantes." »

Les analystes de l'IPSN ne se satisfont pas de « l'approche » d'EDF :

« Le DAS note le caractère plus enveloppe de cette approche par rapport aux pratiques antérieures, mais l'estime cependant insuffisante, car *elle ne permet pas de justifier les exigences relatives aux systèmes de protection contre le froid vis-à-vis des conditions de fonctionnement de dimensionnement, et ne tient pas compte d'une démonstration de sûreté de la tranche dans des conditions plus pénalisantes, mais de probabilité cependant suffisamment élevée pour qu'on ne puisse pas les rejeter dans le risque résiduel. Par exemple, la probabilité d'occurrence de la température prise en compte (-25°C) est sans doute de l'ordre de 10^{-2} par an à Bugey.* »

Pour eux, une démarche satisfaisante pourrait s'articuler selon les trois axes suivants³², ensuite développés :

- « Choix des paramètres à prendre en compte pour caractériser l'agression externe que constitue le grand froid,
- Définition des différents niveaux de paramètres vis-à-vis desquels il convient de préciser les exigences de sûreté,
- Procédures de détermination des matériels à protéger suivant le type de réacteur considéré. »

Nous détaillons ci-après les deux premières étapes.

3.1.5.1. CHOIX DES PARAMETRES A PRENDRE EN COMPTE POUR CARACTERISER LES GRANDS FROIDS

Les critères de choix des paramètres à considérer pour caractériser les grands froids sont analysés. « La température est naturellement un des paramètres principaux à prendre en compte. De plus, la durée du phénomène a une importance certaine, notamment compte tenu de l'inertie thermique des matériels sensibles (...). Cependant d'autres paramètres climatiques peuvent avoir des conséquences défavorables sur l'installation. On peut citer les effets dus à *la neige, l'influence du vent, la vitesse de la baisse de température*,... Aucune détermination précise de ces paramètres n'apparaissant opérationnelle, le DAS propose que ces effets soient examinés *au cas par cas, sans qu'une règle générale ne soit définie*. »

3.1.5.2. DEFINITION DES DIFFERENTS NIVEAUX DE PARAMETRES VIS-A-VIS DESQUELS IL CONVIENT DE PRECISER LES EXIGENCES DE SURETE

Des principes généraux sont proposés : « définir une "température de fonctionnement", notée Tfon, pour laquelle la centrale doit être à même de produire de l'énergie vers le réseau électrique. » ; « définir une "température Tdim qui, après analyse des conditions de fonctionnement considérées comme plausibles et pouvant être initiées par le gel, puisse servir de base de dimensionnement pour les systèmes de protection des matériels estimés indispensables pour qu'une condition de fonctionnement de 4^{ème} catégorie ou complémentaire ne soit à l'origine de conséquences inacceptables. »

Il faut rappeler ici le sens des quatre conditions de fonctionnement définis dans les rapports de sûreté :

« Un événement qui se produit sur une installation d'une centrale doit être évalué sous deux aspects : d'une part selon ses conséquences sur le cœur et sur les

³² Aux dires d'un de nos interlocuteurs, les analystes de l'IPSN se sont en fait réappropriés une démarche développée à EDF. Ce point reste à instruire.

rejets d'effluents radioactifs dans l'environnement (conséquences radiologiques) et, d'autre part, selon ses conséquences sur les équipements sous pression. Le rapport de sûreté classe les événements en fonction de leur fréquence d'occurrence. Il définit ainsi 4 conditions de fonctionnement et, pour chacune, indique les limites réglementaires ou la valeur repère de rejets radiologiques à ne pas dépasser [cf. Figure 3]³³.

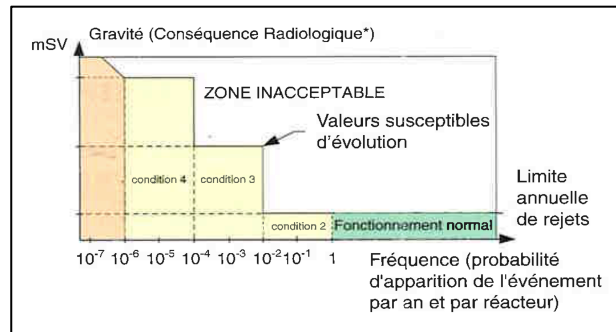


Figure 3 : Les quatre conditions de fonctionnement (EDF)

- Condition 1 : fonctionnement normal et transitoires normaux d'exploitation
- Condition 2 : incidents de fréquence modérée
- Condition 3 : accidents de fréquence très faible
- Condition 4 : accidents hypothétiques. »

La démarche proposée par les analystes de l'IPSN est la suivante :

« Jusqu'à Tfon, la tranche doit être à même de fonctionner en puissance, sans que le froid soit à l'origine d'un incident interne, ou d'indisponibilités entraînant, en application des spécifications techniques d'exploitation, un arrêt de la production électrique. (...) En outre, les conditions de fonctionnement de 2^{ème} catégorie, pouvant résulter du froid malgré les dispositions constructives prises pour les éviter, ne doivent pas avoir de conséquences supérieures à celles correspondant aux conditions de cette catégorie. (...)

De Tfon à Tdim, la tranche doit pouvoir rejoindre et maintenir un état d'arrêt sûr avec des moyens redondants et diversifiés, y compris en cas de perte des sources électriques externes. En tout état de cause, le fonctionnement des systèmes jouant un rôle de sauvegarde doit être assuré. Dans cette optique, les conditions de fonctionnement de 3^{ème} et 4^{ème} catégorie susceptibles de résulter d'un grand froid ne

³³ Mémento de la sûreté nucléaire en exploitation, EDF. Un de nos interlocuteurs précise qu'il s'agit d'un schéma conceptuel, non « une courbe d'acceptabilité reconnue », notamment par l'administration, qui « a toujours pris ses décisions indépendamment, sur la base de la défense en profondeur. »

doivent pas entraîner des conséquences supérieures à celles des conditions de fonctionnement de 4^{ème} catégorie.

En dessous de T_{dim}, de manière raisonnable en ce qui concerne le niveau de température à envisager, on doit pouvoir disposer d'un ensemble minimal de moyens permettant de rallier et de maintenir un état d'arrêt sûr. »

Les analystes de l'IPSN précisent ensuite les paramètres à envisager : « le DAS propose de prendre, pour T_{fon}, **le spectre des températures (en fonction de leur durée) de probabilité centennale.** (...) Pour ce qui est de la température de dimensionnement T_{dim}, (...) une démarche possible consiste à retenir, soit la **température journalière minimale millénale** de chaque site que l'on supposera régner pendant une longue durée (...) soit **un spectre de température déduit du spectre de T_{fon} par une translation de -5, voire -10 K**³⁴. »

Enfin, les analystes proposent une liste de matériels à protéger suivant les domaines de température.

Dès lors, le projet de recommandation suivant est proposé :

« Le groupe permanent recommande qu'à l'égard des risques présentés par les périodes de grand froid pour les centrales nucléaires soit développée une démarche d'ensemble prenant en considération les éléments exposés ci-dessous :

- Définition, pour chaque site, de deux niveaux de conditions atmosphériques pouvant survenir d'une part de façon centennale, d'autre part de façon millénale, ce second niveau pouvant éventuellement être défini à partir des conditions centennales avec une marge supplémentaire de -5 à -10 K sur les températures ;
- Jusqu'au premier niveau, le fonctionnement en puissance de la centrale devrait être assuré sans perturbation ; en outre, les conditions de fonctionnement de 2^{ème} catégorie pouvant résulter du froid malgré les dispositions prises pour les éviter, ne devront pas avoir de conséquences supérieures à celles correspondant aux conditions de fonctionnement de 2^{ème} catégorie ;
- Jusqu'au second niveau, la possibilité d'arrêter et de refroidir le réacteur à l'arrêt avec des moyens redondants et diversifiés devrait être assurée, y compris en cas de perte des alimentations électriques externes ; en tout état de cause, les moyens ayant un rôle de sauvegarde devraient rester disponibles ; dans cette optique, les conditions de fonctionnement de 3^e et 4^e

³⁴ Nous n'avons pas trouvé de trace de justification relative à cette conjecture, et pour cause : pour un de nos interlocuteurs, « il s'agit d'ordres de grandeur vraisemblables mais non démontrés ».

catégories susceptibles de résulter d'une période de grand froid ne devront pas avoir de conséquences supérieures à celles correspondant aux conditions de fonctionnement de 4^e catégorie ;

- En-dessous du second niveau, il conviendrait de vérifier qu'il existe des marges suffisantes de manière à disposer d'un ensemble minimal de moyens permettant d'assurer les fonctions de sûreté.

Outre les conditions de température, *il conviendra de considérer les conditions atmosphériques particulières, telles que le givre, la neige ou le vent*, pouvant affecter le fonctionnement de certains matériels.

Le groupe permanent recommande que les exploitants des centrales nucléaires examinent dans quelles conditions une telle démarche peut être appliquée aux différents réacteurs et présentent au cas par cas l'état de leurs réflexions en respectant l'échéancier suivant :

- Palier N4 et REP en fonctionnement : juillet 1989
- Réacteurs UNGG et à neutrons rapides : juillet 1988. »

3.2. La réunion du groupe permanent

Le rapport DAS 410 est présenté aux membres du groupe permanent le 26 novembre 1987.

3.2.1. Le compte rendu de la réunion

Au-delà des discussions relatives aux projets de recommandations, le compte rendu de la réunion du groupe permanent fait apparaître plusieurs passages particulièrement intéressants :

- « Le président ouvre la séance à 9 heures 30 et donne la parole au rapporteur, pour la présentation du rapport DAS 410. A la suite de la présentation, le président déclare que, faute d'une proposition d'approche globale du risque "grand froid", *il estime incomplet le dossier présenté par EDF*. Il précise que, dans ces conditions, l'ensemble du problème ne pourra être vu, ce qui est regrettable compte tenu du nombre de tranches en fonctionnement. Le chef de la division sûreté nucléaire du SEPTEN [EDF] indique qu'*il existe une démarche EDF, basée d'une part sur la correction des défauts constatés, et d'autre part sur des études complémentaires en cours, dont le comportement des prises d'eau*. Le président estime cette

démarche insuffisante pour apporter la preuve de la résolution des problèmes liés au mode commun "grand froid".

- « Le groupe permanent souhaite que, à l'occasion de l'hiver 1987-1988, EDF procède à une cartographie de tous les locaux susceptibles d'être affectés par des températures basses, sur au moins une tranche représentative par palier. »
- « [Un expert de l'IPSN] pose le problème des procédures d'essais relatives au froid. Il souligne que ce point avait été soumis à EDF dès le début de l'hiver 1985, à nouveau soulevé lors du chargement de Paluel 4, et demande où en est EDF sur le sujet, par exemple pour les *procédures d'essais des ventilations*. Le groupe permanent souhaite qu'un rappel très clair sur le sujet apparaisse dans les recommandations. »
- « A la suite de la présentation par le rapporteur d'une proposition de démarche pour la prise en compte du risque grand froid, le responsable d'EDF susmentionné précise que, de l'avis d'EDF, la démarche proposée est difficile à mettre en œuvre, et que *la distinction entre deux températures, de fonctionnement et de dimensionnement, n'est guère applicable*. Il rappelle la proposition d'EDF dans sa lettre du 30 octobre 1987, à savoir un *dimensionnement à -15°C complété par la vérification du comportement des systèmes à -25°C*. Le président du groupe permanent estime que cette position ne peut être assimilée à une démarche, et qu'en tout état de cause des propositions plus concrètes doivent être faites par EDF. [Un autre responsable d'EDF]³⁵ pose la question de l'utilité de *l'application au risque grand froid de la démarche appliquée aux autres agressions d'origine naturelle*³⁶. Il estime que l'important est d'avoir une température de référence, où la disponibilité de la centrale doit être prouvée, et une appréciation sur les marges, sans pour cela avoir besoin de passer par une démarche que l'on peut juger *dogmatique*. En d'autres termes, il estime qu'on doit définir une température où tout doit être fonctionnel, et que des températures inférieures ne doivent pas entraîner de catastrophes. Le groupe permanent estime que, en première analyse, la proposition du DAS visant à établir une gradation des exigences en fonction des probabilités d'occurrence des températures extrêmes n'est pas en contradiction avec cette position. Il demande qu'EDF présente, avant mi-1988, une démarche à l'égard des

³⁵ Il est à noter que cette personne faisait partie des quatre membres du groupe permanent proposés par EDF pour porter une « vision industrielle », mais qu'il n'était pas le porte parole d'EDF sur les dossiers examinés.

³⁶ D'après plusieurs témoignages, l'allusion semble viser en particulier les séismes.

risques présentés par les périodes de grand froid, tant pour les centrales nucléaires en construction que pour celles en exploitation. »

3.2.2. L'avis et les recommandations du groupe permanent

Le courrier qu'adresse le président du groupe permanent au chef du SCSIN le 6 janvier 1988 synthétise les critiques formulées au cours de la réunion :

« Le groupe permanent a noté qu'EDF a pris des dispositions pratiques, à la lumière du retour d'expérience, pour améliorer la protection des centrales nucléaires à l'égard du risque grand froid. Il estime que ces dispositions répondent correctement aux difficultés rencontrées lors des hivers précédents et devraient, à conditions égales, permettre d'éviter le renouvellement de ces difficultés.

Cependant, le groupe permanent considère que **la démarche proposée par EDF n'est pas suffisante**, pour une prise en compte du risque lié aux périodes de grand froid dans l'ensemble de la démarche de sûreté. Il estime qu'une telle approche doit être entreprise sans délais ; **EDF devra faire une proposition dans ce sens, avant juin 1988.** »

Selon un représentant d'EDF, c'est ainsi un moyen de prendre date et de pousser EDF à dépasser une logique de traitement de l'urgence.

Les neuf recommandations du groupe permanent sont classées par type de réacteurs. Ainsi, les quatre recommandations suivantes concernent les REP :

« Le groupe permanent a noté qu'EDF aura mis en place, avant fin 1987, les modifications nécessaires liées aux incidents rencontrés concernant le risque froid. Il recommande qu'EDF achève et transmette les dossiers de modifications correspondants, en indiquant notamment **les essais de validation nécessaires.**

Le groupe permanent note qu'EDF a pris des dispositions complémentaires afin d'assurer, dès l'hiver 1987-1988, **le bon fonctionnement des prises d'eau et des stations de pompage, jusqu'à des températures de -25°C.** Il recommande qu'EDF transmette les dossiers relatifs aux ouvrages d'eau, pour les sites concernés, avant la fin de 1987.

Le groupe permanent recommande qu'EDF établisse **un programme d'essais et d'investigations permettant d'estimer la réponse des locaux vis-à-vis des conditions météorologiques extérieures hivernales.**

Le groupe permanent a pris note des propositions faites par le DAS et recommande qu'EDF présente **avant la mi-1988, une démarche à l'égard des**

risques présentés par les périodes de grand froid tant pour les centrales nucléaires en construction que pour celles en exploitation.

3.3. Deux lettres de suite

Datés du 8 janvier 1988, deux courriers du « Ministère de l'Industrie, des P&T et du Tourisme » ont pour objet « la protection des centrales nucléaires en période de grand froid ».

Le premier est signé du directeur général de l'industrie et est adressé au directeur général d'EDF. Il reprend les grandes lignes de l'avis du groupe permanent :

« (...) votre établissement a prévu des dispositions pratiques afin d'éviter le renouvellement des incidents rencontrés au cours des hivers passés. En revanche, au delà de ces mesures spécifiques, *la démarche générale proposée n'apparaît pas suffisante pour prendre en compte les effets des grands froids avec la même rigueur que les autres agressions externes* et éviter toute défaillance qu'ils pourraient induire. Cette situation me paraît devoir être corrigée et les efforts doivent être poursuivis en conséquence.

J'attache une importance particulière à ce dossier. *Il est nécessaire que soit définie, sous six mois, une démarche d'ensemble pour la prise en compte des problèmes liés aux grands froids, démarche qui sera formalisée dans une règle fondamentale de sûreté.*

Afin que cette démarche soit définie dans ces délais et en accord avec les autorités de sûreté, *je vous serais obligé de bien vouloir me faire part, sous un mois, d'un projet de démarche globale.* Ce projet fera alors l'objet de concertations habituelles entre vos services et le SCSIN, afin de définir le contenu technique des règles à fixer, ainsi que leurs modalités d'applications aux différentes installations. »

Le second courrier, plus technique, est signé par le chef du SCSIN et s'adresse au chef du service de la production thermique d'EDF. Ce courrier précise la demande du directeur de l'industrie et reprend les recommandations du groupe permanent :

« Le projet de démarche globale demandé dans cette lettre sera discuté lors de la réunion prévue le 16 février 1988 sur le sujet en objet [Protection des centrales nucléaires en période de grand froid. Tranches REP].

Je vous prie de bien vouloir me transmettre, *sous trois semaines, les dossiers de synthèse de modifications* liées aux incidents déjà rencontrés et dus aux grands

froids. Ces dossiers devront notamment préciser *les essais de validation nécessaire* et présenter *l'influence de ces modifications sur d'autres domaines de sûreté tels que le confinement*. Ces dossiers devront également préciser les actions engagées suite aux *incidents de perte de ventilation du bâtiment des auxiliaires nucléaires* créés par des défaillances de la protection antigel.

Je vous prie également de bien vouloir me préciser, *sous trois semaines*, l'ensemble des dispositions retenues, sur les sites en exploitation, pour résoudre les *problèmes liés au gel sur les ouvrages d'eau et en particulier sur les cols de cygne pour les sites concernés*. Ces dispositions devront m'être précisées avant la *fin de l'année 1988* pour les sites en construction.

Enfin, il me paraît nécessaire que soit établi *un programme d'essais et d'investigations permettant d'estimer la réponse des locaux vis à vis des conditions météorologiques extérieures hivernales*. Dans ce cadre, je vous prie de bien vouloir me faire part, *sous trois semaines*, du programme qui pourrait être réalisé sur la tranche de Belleville 2, avant son démarrage, pour répondre à ce souci. Je vous prie également de bien vouloir établir et me transmettre, avant le *1^{er} octobre 1988*, un *programme complet d'essais* qui devra être réalisé sur les différents paliers des réacteurs à eau sous pression, et qui devra considérer la démarche d'ensemble retenue pour la prise en compte des problèmes liés aux grands froids. »

3.4. Conclusion : l'exigence d'une démarche d'ensemble dans un contexte de savoir lacunaire

Cet épisode est riche d'enseignements sur quatre plans, au moins ; celui des savoirs mobilisés, celui des stratégies de maîtrise des risques envisagées, celui des relations entre les différentes institutions de la sûreté nucléaire, et enfin celui de la forme de l'instrument de régulation des risques liés aux périodes de grand froid.

Nombreuses sont les affirmations qui font état du caractère *lacunaire* des savoirs sur lesquels peuvent s'appuyer les possibles stratégies de maîtrise des risques liés aux périodes de grand froid. En effet, les analystes admettent qu'« il n'existe pas de paramètre simple permettant de définir complètement l'agression externe "grand froid" (...) ». De nombreux « paramètres climatiques peuvent avoir des conséquences défavorables sur l'installation », tels « la neige, l'influence du vent, la vitesse de la baisse de température ». Puisqu'« aucune détermination précise de ces paramètres n'apparaissant opérationnelle, le DAS propose que ces effets soient examinés au cas par cas, sans qu'une règle générale ne soit définie. » Face à l'impératif d'action, ils valident l'usage du couple température x durée, qui

constitue en quelque sorte un « proxy » : « la température atteinte pendant une certaine durée la [l'agression externe "grand froid"] définit partiellement mais facilement. »³⁷ Par ailleurs, les analystes du DAS mentionnent que « les documents relatifs aux réglementations étrangères ou internationales consultées (...) ne présentent pas de règles spécifiques visant à considérer, à la conception, les risques liés aux périodes de grand froid »³⁸. Un de nos interlocuteurs manifestait son étonnement devant l'apparente absence de doctrines plus avancées aux Etats-Unis, pays pourtant sujet à de fréquents hivers rigoureux.

Ce contexte de savoir lacunaire nourrit l'opposition entre les deux démarches présentées. Les représentants d'EDF réaffirment vigoureusement la stratégie industrielle de maîtrise des risques exposés dans le précédent paragraphe, en l'opposant à une démarche qu'ils jugent *dogmatique*. Ils défendent le cadre de pensée « déterministe » retenu jusqu'à présent et proposent de considérer la température plus enveloppe³⁹ de -25 degrés, qui devrait « intégrer les *marges* suffisantes » (expression jugée purement rhétorique par un de nos interlocuteurs). Cette solution est rejetée par les analystes de l'IPSN, qui invoquent la probabilité non négligeable de dépasser ce seuil et qui plaident pour une démarche d'ensemble, *cohérente avec celle qui est adoptée pour les autres agressions externes*, basée sur des « températures de retour » (notion probabiliste) et sur des conditions de fonctionnement.

Ce désaccord fondamental apparaît dès l'ouverture de la réunion par le président du groupe permanent, qui prend clairement position en faveur des analystes du DAS. Ce dernier n'est pas satisfait du dossier transmis par EDF, selon lui incomplet, puisqu'il ne fait pas apparaître une démarche globale de prise en compte des risques liés aux périodes de grand froid. Cette absence est aussi

³⁷ Comme disait Roqueplo (1997), l'expertise scientifique transgresse inéluctablement les savoirs scientifiques sur lesquels elle se fonde...

³⁸ « Par exemple, en ce qui concerne les Etats-Unis, les Regulatory Guides (RG) relatifs aux agressions d'origine climatiques ne concernent que les vents et tempêtes (RG 1.76) [1974] et les inondations (RG 1.59) [1980]. Néanmoins, le Standard Review Plan (SRP), qui définit les méthodes d'analyse des rapports de sûreté, demande de considérer dans son chapitre II "caractéristiques des sites", les risques dus aux effets de la glace (détermination des effets du poids de la glace sur les structures, des effets de la prise en glace des prises d'eau et des possibilités d'inondation en cas de dégel) [Rev.2, 1981]. On peut également citer le guide de sûreté de l'AIEA 50-SG-SII A [1981] - Phénomènes météorologiques extrêmes qui, dans son chapitre 3.4 "température de référence", indique : "la conception devrait tenir compte de l'effet des températures extrêmes, et les résultats des analyses statistiques devraient être fournis sous une forme utilisable à ces fins. La persistance de températures très élevées ou très basses est un facteur qu'il pourrait être nécessaire de prendre en considération. » (pp. 71-72).

³⁹ Des précisions seraient utiles. S'agirait-il d'un seuil englobant tous les cas de figure ?

mentionnée dans le rapport DAS 410, répétée sous plusieurs formes. Les analystes de l'IPSN semblent même estimer nécessaire de détailler le contenu de ce qui pourrait constituer une démarche, se substituant ainsi, en quelque sorte, aux experts d'EDF.

Néanmoins, l'administration et la tutelle ministérielle ont tranché : il y aura une démarche d'ensemble, et vite ! Car les délais inscrits dans les lettres de suite sont incroyablement courts : la démarche devra être écrite et présentée sous un mois. Par ailleurs, le courrier ministériel précise que cette démarche sera formalisée dans un document du SCSIN, une *règle fondamentale de sûreté*. Cette règle ne verra cependant pas le jour, et c'est EDF qui publiera finalement un document sur ces aspects, le « référentiel grands froids ». Selon plusieurs de nos contacts, la production d'une règle fondamentale de sûreté (RFS) nécessite de nombreuses ressources, même si c'est à un degré moindre que pour un arrêté administratif. Paradoxalement, un référentiel possède un caractère plus contraignant qu'une RFS, comme le précise un ancien représentant de l'ASN : « la RFS ne lie l'exploitant qu'aux objectifs. Dans le cas d'un référentiel, les inspecteurs peuvent contrôler la bonne application de celui-ci. ». Ce point est confirmé par nos différents interlocuteurs. Le référentiel impose un mode opératoire, alors que la RFS fixe une méthode considérée comme vertueuse, une « bonne pratique », sans qu'elle soit contraignante, ce qui peut paraître avantageux pour l'exploitant. En revanche, une RFS fait passer l'initiative de l'exploitant à l'autorité de sûreté, et ouvre la porte, en outre, à une certaine publicisation (via la constitution d'un groupe de travail en dehors de la sphère nucléaire). A ce titre elle peut être considérée comme une menace par l'exploitant. Il n'est pas exclu que, dans le cas présent, cette menace ait été utilisée pour pousser EDF à avancer sur ses positions.

4. L'émergence d'un référentiel dédié aux risques liés aux périodes de « grand froid » – de février à juillet 1988

Les pressions successives sur EDF portent leurs fruits : le 8 février 1988, un mois après le courrier du directeur de l'industrie, une note technique du service d'études et des projets thermiques et nucléaires d'EDF, la note SEPTEN SN8787A, est transmise [4.1.] C'est la première version des « règles générales de conception pour la protection contre le froid », aujourd'hui mieux connu sous le nom de « référentiel grands froids », Cette première version propose une approche « hybride », un compromis entre les deux stratégies de maîtrise de risques respectivement défendues par EDF et le DAS. Elle est discutée lors de la réunion tripartite du 16 février 1988, et commentée par le SCSIN et le DAS [4.2.] Issue du traditionnel et institutionnel « dialogue technique », une deuxième version du référentiel élaborée par EDF tient compte de plusieurs demandes de modification du SCSIN et du DAS. Elle est transmise au mois de juillet 1988 [4.3.] Ce nouveau compromis constituera dès lors la doctrine de prise en compte des risques dus aux périodes de grand froid dans les réacteurs de puissance en cours de conception [4.4.]

4.1. La note technique SEPTEN SN8787A

Pendant ce temps, la réflexion avait avancé chez EDF, au SEPTEN. Le porteur de cette note technique, « Règles générales de conception pour la protection contre le froid », est le chef de la division sûreté nucléaire du SEPTEN. En introduction (chapitre II- Démarche générale – Retour d'expérience), il est fait mention d'une « double démarche » : « 1/ Analyse et correction des anomalies constatées [partie développée au chapitre III] ; 2/ Réexamen des règles de dimensionnement et modification lorsque nécessaire de celles-ci [partie développée dans les chapitres IV et V. » Il est précisé que « la seconde partie de la démarche résulte principalement du constat des températures minimales que l'on peut subir et de la nécessité d'une démarche de sûreté associée. »

4.1.1. Analyse et corrections des anomalies constatées

Les incidents constatés durant les périodes de grand froid sont classés en trois catégories :

- Défauts de qualité de réalisation

« C'est par exemple le cas des défauts de calorifuge, ou des ouvertures laissées ouvertes en période de démarrage. Ces anomalies sont à corriger au cas par cas et ne remettent pas en cause la conception. Elles soulignent toutefois la sensibilité plus particulière des matériels extérieurs (...) [en particulier des capteurs]. D'où lorsque cela est possible, une préférence à donner en faveur de solutions intérieures plutôt qu'extérieures notamment pour les capteurs de réservoirs. »

- Défauts ponctuels de conception

« C'est en particulier le cas de certains locaux qui doivent être ouverts sur l'extérieur (diesels air comprimé) ou bien de locaux qui sont mal dimensionnés (pince vapeur avec maintien d'ouvertures non nécessaire). Ceci conduit à des corrections au cas par cas, mais également met en évidence la nécessité d'une revue des locaux ou systèmes, sous l'aspect gel. De ce fait, EDF a prévu dorénavant une rubrique « gel » dans les DSE [dossiers de système élémentaire] et DDB [dossiers de bâtiment]. »

- Défauts d'exploitation

« Ceux-ci s'avèrent être souvent liés à l'effet de "surprise" plutôt qu'au niveau réel des températures atteintes. Cette analyse est confortée à la fois par la nature des problèmes rencontrés ainsi que par les périodes au cours desquelles les incidents sont survenus. Ces problèmes sont résolus au cas par cas par l'amélioration progressive des consignes "grands froids" établis par le SPT [service de production thermique]. »

Par ailleurs, il est précisé qu' « une analyse spécifique a été lancée au titre [des] stations de pompage, en particulier vis-à-vis des risques de prise en glace au niveau de la prise d'eau et ce avec des températures plus basses que celles prises en compte initialement. Ces analyses concernent plus particulièrement les sites en bord de Loire ou plus généralement sur rivières à faible débit. Ces analyses spécifiques ont été initiées sans attendre le réexamen des règles de dimensionnement, objet des paragraphes IV et V et ont été transmises aux Autorités de Sûreté. »

4.1.2. Définition des températures de dimensionnement

Ce sont des *couples température-durée* qui vont être à la base des nouvelles règles de conception proposées dans cette note technique.

Voici comment l'utilisation de ce paramètre est justifiée : « Les hivers 84-85 et 86-87 conduisent à réexaminer la règles initiale qui s'avère insuffisante. Il apparaît qu'il convient en effet de considérer des *températures plus faibles*, mais

qui concernent des *durées plus limitées*⁴⁰. Par ailleurs, et dans le cadre d'installations nucléaires, il convient que des températures de dimensionnement comportent une *certaine marge permettant de couvrir des erreurs d'évaluation des températures minimales*. En revanche, il n'est pas requis de maintenir des conditions de température intérieure dans les locaux à des valeurs de "confort" normal des opérateurs pour toute la gamme des températures extérieures, en particulier pour les durées courtes ou pour les conditions perturbées. »

La démarche passe ensuite par l'établissement d'un « spectre de dimensionnement » :

« Il convient donc de recenser les couples température-durée constatés sur les sites pour en tirer le spectre des couples vraisemblables pour le site considéré (ou le palier). Ce spectre est à établir à partir des *valeurs "cinquennales" ou "centennales"* car *ce sont les seules accessibles avec une certaine rigueur*. En effet, la définition de valeurs de probabilité plus faible est illusoire et comporterait une incertitude trop importante. Comme il est exclu de pouvoir établir un spectre continu, et qu'un tel spectre continu ne serait pas utilisable en pratique pour le dimensionnement, on retient 3 valeurs caractéristiques :

- *La valeur minimale longue durée (7 jours) ;*
- *La valeur minimale moyenne sur 24 heures (courte durée) ;*
- *La valeur minimale instantanée.*

A partir de ces 3 valeurs, formant *le spectre vraisemblable du site*, on établit *un spectre de dimensionnement en appliquant une marge de quelques degrés aux valeurs centennales courte durée et instantanée*. La valeur retenue de cette marge (-4 à -5 °C) donne un gain d'environ un ordre de grandeur sur la probabilité d'occurrence. »

Un tableau recense alors les différentes températures caractéristiques pour les sites français. Lorsque les valeurs courtes durées sont indisponibles, il est indiqué qu'elles sont obtenues à partir de la formule⁴¹ suivante : $T_{24h} = 0,85 \times Text + 2,5$ où Text est la température minimale instantanée.

Un second tableau regroupe alors les températures de dimensionnement, obtenues en ajoutant la marge aux températures centennales.

⁴⁰ En fait, il faut comprendre « durées limitées » car il n'y avait pas de durée associée aux -15°C initiaux.

⁴¹ Cette formule n'est pas justifiée, mais une référence est indiquée : Rapport EDF/DER HE/33-87-10.

4.1.3. Règles de conception vis-à-vis du froid

Ces trois températures de dimensionnement sont à la base des règles de conception proposées. Il est précisé en introduction que « *cette démarche ne s'applique qu'au N4 et suivants* ».

« La température longue durée (régime permanent) est utilisée pour dimensionner les bâtiments et les systèmes de conditionnement de façon à maintenir des conditions "normales" d'exploitation (température de 10 à 25 °C selon les locaux). Elle est utilisée pour le *dimensionnement dit de base*. (...) Ce dimensionnement est effectué avec les circuits de chauffage et de ventilation ou de conditionnement dans leur configuration normale de fonctionnement. »

« La température courte durée est utilisée pour dimensionner les locaux de façon à les maintenir hors gel de telle sorte que l'état de sûreté de l'installation ne soit pas dégradé et en particulier que l'ensemble des systèmes importants pour la sûreté reste opérationnel. La tranche est alors en mesure de faire face à tout incident ou accident comme en période normale. Par contre, les conditions de température dans les locaux peuvent ne pas être aussi "confortables" qu'en temps normal. A ce titre, *ce type de dimensionnement est qualifié de "courte durée"* c'est-à-dire acceptable pendant une durée limitée bien que les calculs correspondants soient faits en régime établi. »

« La température minimale instantanée est utilisée pour le dimensionnement des matériels présentant une faible inertie thermique vis à vis d'une onde de froid, c'est à dire pour l'essentiel les matériels extérieurs (situés à l'extérieur de locaux fermés) et notamment les capteurs extérieurs. »

La perte des sources électriques externes (MDTE, manque de tension externe) est envisagée : « Le cas de MDTE est un cas particulier des incidents susceptibles de survenir pendant une période de froid du fait que de nombreux moyens de chauffage sont effectués par des systèmes requérant ces sources. Il convient donc de s'assurer que la tranche peut être ramenée et maintenue en arrêt sûr en cas de MDTE. Cette vérification sera faite en postulant une perte des sources de type fonctionnel (0,5 ou 1h) et avec la température de type courte durée. »

L'application de la démarche aux tranches construites est précisée au paragraphe VI : « (...) S'agissant de matériels existants, le processus ne peut être conduit qu'à titre de vérification et de la définition de palliatifs éventuels en compléments aux mesures déjà prise et évoquées au début du paragraphe III. »

4.2. Les réactions du SCSIN et du DAS

Le SCSIN et le DAS expriment leurs critiques de la note d'EDF par le biais de trois documents : une note de synthèse établie à partir des données recueillies au cours de la réunion du 16 février 1988 (probablement réalisée par un analyste de l'IPSN), un telex du 14 mars 1988 émis par un représentant du SCSIN, et un courrier du DAS daté du 1^{er} avril 1988 adressé à EDF.

4.2.1. la note de synthèse de la réunion du 16 février 1988

Cette note de synthèse fait apparaître plusieurs réactions des représentants du DAS et du SCSIN à la présentation par EDF de sa note technique. Ainsi :

- « Le DAS estime qu'il est raisonnable de se protéger contre un niveau de température centennale. »
- S'agissant du dimensionnement de courte durée, dans lequel le maintien des locaux hors gel peut être obtenu en mettant les circuits de ventilation en configuration particulière (débit réduit, recyclage partiel) ou par l'implantation de moyens de chauffages (aérothermes), « le SCSIN estime que *le critère du changement de configuration de la ventilation doit être défini et la fréquence d'un tel changement doit être précisée*, dans le but de montrer que ses conséquences seront négligeables. »
- « Le DAS estime que *le cas d'une perte d'alimentation électrique conjuguée avec des dégradations de matériels dues au froid, devra être étudié.* »

4.2.2. le télex SCSIN du 14 mars 1988

Dans ce telex, sont inscrites « les principales remarques issues de la présentation par EDF du projet de démarche pour la protection des centrales nucléaires contre le froid (...) effectuée lors de la réunion du 16 février 1988 ». Nous les retranscrivons ci-après :

- « *La prise en compte de l'influence du vent* sur les températures des locaux doit être précisée dans cette démarche ;
- *La marge de -4 à -5 degrés* utilisée pour définir les valeurs centennales de courte durée et instantanée apparaît insuffisante pour justifier, sur certains sites, le gain d'un ordre de grandeur ;
- La température minimale instantanée déterminée pour les sites du Bugey et de Creys-Malville doit être réévaluée ;

- Il paraît souhaitable que des marges plus importantes soient prises pour les valeurs enveloppes de température courte durée et minimale instantanée dans la conception des centrales du palier N4. *Ces valeurs pourraient par exemple être portées respectivement à -30 °C et -35 °C ;*
- La démarche proposée doit prendre en compte la défaillance de protections contre le froid, par exemple la perte de système de chauffage, quel qu'en soit le type, éventuellement engendrée par la perte totale ou partielle d'alimentations électriques ;
- La température minimale instantanée doit être utilisée pour dimensionner les matériels situés non seulement à l'extérieur des bâtiments mais aussi ceux placés dans des locaux d'inertie thermique faible, c'est à dire les locaux pour lesquels le passage de la température en-dessous de la valeur de dimensionnement courte durée et jusqu'à la température minimale instantanée peut avoir une influence significative ;
- Des analyses complémentaires devraient confirmer que les protections ou procédures mises en place pour lutter contre le gel ne remettent pas en cause la sûreté des installations. Le cas de la modification de la ventilation dans le BAN, qu'elle soit volontaire ou intempestive, devra par exemple être étudié. »

Les modalités de l'instruction de la note technique sont ensuite explicitées. Ainsi, on apprend que « le DAS transmettra sous un mois les éventuelles questions techniques plus précises issues de l'analyse approfondie du document EDF-SEPTEN SN8787A. EDF transmettra, à l'issue de cette première phase d'analyse, soit sous deux mois, une révision du document EDF-SEPTEN SN8787 intégrant l'ensemble des remarques effectuées. »

Enfin, le représentant du SCSIN ajoute l'ensemble des constatations réalisées par les inspecteurs des INB durant les visites de surveillance consacrées aux problèmes des grands froids :

- « En ce qui concerne la consigne dite "grands froids", il n'existe pas de directive au niveau national pour établir, d'une part les conditions d'entrée et de sortie de cette consigne, d'autre part, la forme de la consigne. Il semble qu'avant la période hivernale, chaque centrale devrait prévoir la vérification du bon fonctionnement de tous les matériels participant à la lutte contre le froid. La consigne devrait également prévoir une vérification périodique des points sensibles de chaque centrale ;

- Sans que cette liste soit exhaustive, les inspecteurs ont attiré mon attention sur la nécessité d'étudier le comportement des locaux et matériels [ci-après] : locaux LLS, locaux diésels, turbine à gaz, bâches SER, bâches TEG, DAB hydrauliques, circuit SEB vers EAS ou ASG (centrale nucléaire de Fessenheim) ;
- Il n'existe pas de directives claires concernant la protection des réseaux incendie, aussi bien dans leurs parties intérieures qu'extérieures aux locaux, contre les grands froids ;
- Il n'existe pas de surveillance périodique définie de la température des locaux batterie et d'acide borique en période de gel. »

Le représentant du SCSIN conclut en demandant à EDF sous deux mois les remarques ou dispositions complémentaires envisagées à la suite de ces constatations.

4.2.3. Le courrier du DAS du 1^{er} avril 1988

Le représentant du DAS reformule certaines définitions et hypothèses proposées par EDF. Ainsi, il précise que « la température de dimensionnement essentielle est en pratique la température T courte durée qui peut être caractérisée comme suit :

- $T > T$ courte durée : La centrale est en état de marche "normale" (même si tous les locaux ne sont pas à leur température normale entre T base et T courte durée),
- $T < T$ courte durée : Une réflexion doit permettre de définir les marges existantes et les alarmes éventuelles à installer. »

Il confronte ensuite la proposition d'EDF à la démarche proposée par les rapporteurs du DAS pendant la réunion du groupe permanent :

« Lors de la réunion du groupe permanent du 26.11.1987, nous avons présenté des éléments de réflexion conduisant à la définition de températures basées sur des niveaux de conditions atmosphériques centennales (soit T FON) et millénales (soit T DIM) accompagnées des exigences suivantes :

- $T > T$ FON : tranche en fonctionnement normale,
- T FON $> T > T$ DIM : possibilité de ramener et de maintenir le réacteur en arrêt sûr (en pratique sur ASG aux conditions RRA⁴²), y compris en cas de MDTE. Maintien de la disponibilité des systèmes

⁴² La signification de ces termes techniques est précisée dans le glossaire acronymique.

ayant un rôle de sauvegarde. Maintien de la disponibilité des matériels appelés dans les procédures H et U⁴³.

Après analyse de vos propositions, nous constatons que la température de dimensionnement T courte durée correspond à une valeur située entre T FON et T DIM. ***Comment envisagez-vous une vérification de la disponibilité des systèmes évoqués ci-dessus entre T courte durée et TDIM ?***

Lors de la réunion tripartite SCSIN-EDF-DAS du 16.02.1988 sur votre proposition de démarche, nous avons en particulier noté que vous pouviez envisager la possibilité de ***porter la température T courte durée de -25 °C à -30 °C et la température T instantanée de -30 °C à -35 °C***. Sous réserve d'une analyse plus fine de ces valeurs, nous estimons que de telles températures de dimensionnement sont de nature à répondre aux positions exprimées par le DAS, dans la mesure où la température T courte durée deviendrait équivalente à une température millénale pour les sites envisagés pour les tranches N4. »

« La note 87/87A ne fait aucune mention des règles permettant de définir ***les exigences particulières (redondance ou secours) relatives aux systèmes de protection contre le froid des matériels dont la disponibilité peut être reconnue indispensable à la suite d'une analyse des conditions de fonctionnement pouvant être initiées par le gel (perte de systèmes de traçage, MDTE)***. Nous vous rappelons que, lors de la réunion du groupe permanent du 26.11.1987, nous avons estimé nécessaire de telles règles, et ***nous avons présenté l'approche suivante*** vis-à-vis de la détermination des matériels à protéger et des exigences qui doivent leur être associées.

- Jusqu'à des températures de probabilité centennale, les conditions de fonctionnement de 2^{ème} catégorie pouvant résulter du froid, malgré les dispositions prises pour les éviter, ne devront pas avoir de conséquences supérieures à celles correspondant aux conditions de fonctionnement de 2^{ème} catégorie ;
- Entre les températures de probabilité centennale et les températures de probabilité millénale, les conditions de fonctionnement de 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} catégories susceptibles de résulter d'une période de grand froid ne devront pas avoir de conséquences supérieures à celles correspondant aux conditions de fonctionnement de 4^{ème} catégorie,

⁴³ Il s'agit des procédures accidentelles « hors dimensionnement » et « ultimes ».

- Au-delà, il conviendrait de vérifier qu'il existe des marges suffisantes, de manière à disposer d'une ensemble minimal de moyens permettant d'assurant les fonctions de sûreté.

Nous estimons nécessaire que *les règles de conception proposées dans votre note 87/87A soient complétées, dans une démarche globale de prise en compte des risques liées aux grands froids, par des règles d'analyse telles que celles exprimées ci-dessus*. Dans ce cadre, *la durée du MDTE devrait être prise égale à au moins 6 heures*, temps nécessaire à atteindre un état de repli. Ceci devrait permettre de vérifier le bien fondé des exigences (redondance et secours électrique) associées par ailleurs aux systèmes de protection contre le froid. »

4.3. La note technique SEPTEN SN8787B

Une révision du document « Règles générales de conception pour la protection contre le froid », l'indice « B », est transmise par EDF au chef du SCSIN le 5 juillet 1988. Il est précisé qu'elle « intègre les dispositions d'ordre général qu'EDF prévoit pour répondre aux points 1 à 9 du telex SIN 729/88 », c'est-à-dire aux différents points inscrits dans le telex, à l'exclusion des constats établies lors des visites de surveillance, qui font l'objet d'une réponse séparée. La missive du DAS est mentionnée : « nous avons également reçu les remarques complémentaires du DAS par lettre (...) du 1^{er} avril 1988 ». Toutefois, il n'est pas indiqué qu'elles ont été intégrées dans cette révision.

Les modifications apportées concernent les chapitres IV et V.

4.3.1. Définition des températures de dimensionnement

Dans le paragraphe 4.1., le « gain d'environ un ordre de grandeur sur la probabilité d'occurrence » qui semblait gêner les représentants du SCSIN a été retiré.

Le tableau des températures minimales du paragraphe 4.2. qui comportait des cases vides est complété.

Un paragraphe 4.3. « Prise en compte du vent associé au froid » apparaît. Voici son contenu : « Le vent peut intervenir à deux titres. D'une part c'est un facteur qui influe sur les conditions d'échange des parois avec le milieu extérieur. D'autre part c'est un facteur aggravant vis à vis du comportement de matériels situés dans des locaux comportant des ouvertures. Par ailleurs il convient de noter que *les périodes de grands froids sont en pratique associées à des vents faibles ou nuls comme le confirment les relevés disponibles. En règle générale la frontière*

apparaît se situer à des valeurs voisines de -15°C. Dans ces conditions, le dimensionnement de base est effectué avec des valeurs de déperdition calorifique qui prennent en compte l'effet du vent. Les locaux comportant des ouvertures vers l'extérieur (diesels notamment) devront considérer la conjonction du vent avec des températures correspondant au dimensionnement de base. Pour les valeurs plus basses, correspondant aux valeurs courte durée ou instantanées, et bien qu'il n'y ait pas lieu de le faire, le maintien des mêmes coefficients d'échange introduit un conservatisme. Ce conservatisme pourra éventuellement être pris en compte dans l'analyse de cas particuliers, si besoin est, notamment dans le cas des vérifications a posteriori. »

Dans le tableau des températures de dimensionnement, les températures de dimensionnement des matériels extérieurs pour Bugey et pour Creys ont été modifiées (de -35 à -38).

4.3.2. Règles de conception vis à vis du froid

Des compléments sont ajoutés aux définitions des trois températures minimales :

« La température longue durée est représentative du dimensionnement de base normal. Elle représente donc des conditions pouvant survenir fréquemment et persister. »

« La température courte durée est représentative d'une température ne pouvant survenir que pour des périodes limitées à la fois dans le temps et en terme de fréquence. » Par ailleurs, une modification est apportée : ce n'est plus « l'ensemble des systèmes importants pour la sûreté reste opérationnel » mais « l'ensemble des systèmes classés de sûreté et certains IPS-NC⁴⁴ restent opérationnels ».

Le paragraphe 5.2. « Dimensionnement courte durée » devient « Dimensionnement pour des durées limitées ». Dans le premier paragraphe, « les circuits classés de sûreté ainsi que les IPS-NC nécessaires en période de froid » remplacent « les circuits importants pour la sûreté ».

Dans le paragraphe 5.3. « Dimensionnement particuliers », il est précisé que « la notion de "faible inertie" thermique s'apprécie par rapport à une onde journalière soit une inertie de quelques heures (environ 6h).

Dans le paragraphe 5.4. « Perte des sources électriques externes (MDTE) », il est précisé que la vérification est faite en postulant une perte des sources externes

⁴⁴ Important Pour la Sûreté – Non Classé.

de type fonctionnel, pour une « durée inférieure ou égale à environ 6h ; les durées moyennes étant de 30 mn ».

Un paragraphe 5.5. est ajouté. Il traite des « pertes des moyens de chauffage » : « Les analyses de perte de moyens de chauffage ou de traçage, lorsqu'ils ne sont pas redondants, doivent être effectuées en considérant les températures dites courte durée. »

Un paragraphe 5.7. apparaît également. Il concerne les « installations relatives à la disponibilité de la tranche » : « La prise en compte du MDTE en période de froid (comme indiqué au paragraphe 5.4) assure la sûreté de l'installation et de ce fait aucune exigence spécifique n'est imposée aux équipements et installations non IPS. Toutefois les besoins en disponibilité conduisent à retenir une démarche analogue à celle présentée, sans toutefois être requise au titre sûreté et sans requérir les mêmes marges. Outre la valeur de base, on retient donc les valeurs centennales courte durée ou instantanées pour la disponibilité de la tranche. »

4.4. Conclusion : un document de doctrine issu d'un compromis

A l'issue de ce processus, le document transmis dans les délais exigés par l'Administration retranscrit la proposition de démarche d'EDF de prise en compte des risques liés aux périodes de grand froid. Connu sous le nom de « référentiel grands froids », c'est ce document, dans sa deuxième version⁴⁵, qui constitue la doctrine de prise en compte des risques liés aux périodes de grand froid dans les centrales nucléaires françaises. On notera que, contrairement à ce qui était inscrit dans la note du directeur général de l'industrie, la règle fondamentale de sûreté du SCSIN ne voit pas le jour.

Ce référentiel constitue en quelque sorte un document « mosaïque », fruit d'une succession de *compromis* entre l'approche conceptuelle élaborée à l'IPSN et la considération pragmatique des préoccupations d'EDF⁴⁶. *Les mécanismes institutionnels du dialogue technique*, notamment à l'œuvre dans les réunions du groupe permanent, *s'apparentent en effet à un processus de production de*

⁴⁵ Des mises à jour du document seront toutefois effectuées dans les années 1990 et 2000. A ce jour, c'est l'indice F (version 6) de cette note technique qui est considéré.

⁴⁶ Selon un de nos interlocuteurs, cette conception de la sûreté comme production de compromis s'oppose à la conception américaine, où la sûreté est davantage vue comme le produit de la conformité à une réglementation. Mais une des explications de cette différence tient à la présence de nombreux exploitants aux US, qui rend impossible la pratique d'un dialogue technique « à la française », avec un exploitant unique des réacteurs de puissance.

compromis, compromis qui se matérialise dans les deux versions successives du référentiel.

Dès *la première version (indice A)*, le référentiel proposé par EDF reprend ainsi plusieurs des propositions fondamentales des analystes de l'IPSN ; différents spectres de température sont par exemple considérés.

Une seconde série de compromis apparaît dans la deuxième version du référentiel. A la relecture de la première version du document, les représentants du SCSIN pointent en effet des erreurs (des températures incorrectes), d'apparents oublis (la prise en compte du vent). Ils demandent aussi de prendre en compte des scénarios plus pénalisants (l'occurrence d'événement aggravant comme la perte des systèmes de chauffage) et d'apporter des justifications supplémentaires (étude de l'impact de la modification de la ventilation des BAN). La mobilisation de la règle d'extrapolation des -5 degrés (destinée à gagner un ordre de grandeur en probabilité sur les valeurs centennales de certaines températures, cf. p. 43) se heurte à la singularité de certains sites. Des marges supplémentaires sont requises pour la conception du N4 : pour la température minimale instantanée, on demande à EDF de considérer un seuil de -35°C. Ces demandes additionnelles s'inscrivent dans une logique de précaution : pour se prémunir contre des risques difficilement modélisables, on imagine le pire et on ajoute des marges. Une remarque s'écarte toutefois sensiblement de ce type de raisonnement : les représentants du SCSIN demandent de vérifier que les ajouts de protection « ne remettent pas en cause la sûreté des installations », et pointent ainsi le caractère « complexe » et « systémique » de la gestion des risques.

La révision de la note technique d'EDF, l'indice B, qui s'ensuit, répond partiellement à ces demandes additionnelles. Pour rejeter certaines demandes, plusieurs tactiques rhétoriques sont mises en œuvre, telles le retrait pur et simple d'un passage controversé (le gain d'un ordre de grandeur sur la probabilité d'occurrence). On constate aussi, dans d'autres cas, la formulation d'une contre-argumentation explicitant des désaccords sur des hypothèses scientifiques considérées. EDF justifie ainsi la non prise en compte de l'influence du vent dans la démarche (« les périodes de grands froids sont en pratique associées à des vents faibles ou nuls comme le confirment les relevés disponibles. En règle générale la frontière apparaît se situer à des valeurs voisines de -15°C »).

Certaines critiques plus fondamentales des analystes de l'IPSN ne sont pas prises en compte. Pour ceux-ci, les considérations d'EDF ne sont pas encore suffisamment alignées avec leur conception d'une démarche de prise en compte des risques liés aux périodes de grand froid. Ils rappellent ainsi les différents principes

présentés lors de la réunion du groupe permanent. Ce qui ne semblait être qu'une suggestion apparaît dès lors comme un modèle à appliquer rigoureusement. EDF écarte cependant ces préconisations.

Par ailleurs, on notera que d'autres éléments ne sont pas considérés par EDF dans la deuxième version du référentiel : en effet, les réponses aux constats effectués durant les visites de surveillance par les inspecteurs du SCSIN ne sont pas intégrées dans ce document. Ceux-ci semblent traités par un autre « canal ». On peut s'interroger sur cette **segmentation organisationnelle** : les particularités locales ne pourraient-elles pas constituer des enseignements importants pour édifier un référentiel de portée générale ?

Cela dit, l'accord trouvé *in fine* sur le référentiel montre l'efficacité de la procédure institutionnelle du dialogue technique pour produire des compromis au sein d'institutions dont les logiques d'actions peuvent s'opposer. Le « référentiel grands froids » constitue en effet une doctrine hybride entre deux approches qui paraissaient auparavant inconciliables. La mise en œuvre de ce référentiel lors de la conception du palier N4 pourrait offrir une suite à ce récit.

5. Conclusion

Plus de trois ans après le redoutable hiver de 1985, le document de doctrine de protection des centrales nucléaires contre le froid, le « référentiel grands froids » voit le jour. Il s'agit d'un *instrument de régulation des risques* nouveau, le premier référentiel proposé par un exploitant nucléaire français pour se protéger contre les risques climatiques, qualifiés d'agressions externes.

Il est le résultat combiné de *facteurs externes* à ce processus, tels la succession de trois hivers anormalement froids, à l'origine de nombreux incidents [5.1.] et d'un *processus de conception* dans lequel interagissent plusieurs représentants des différentes institutions françaises de la sûreté nucléaire. Ces différentes interactions aboutissent au référentiel, que l'on peut caractériser comme le résultat d'un *compromis* [5.2.] Le processus de production de ce compromis nécessite de complexifier la vision du système de régulation de la sûreté – système fondé institutionnellement, comme indiqué en introduction, sur une répartition des rôles au sein du « tripode » constitué de l'autorité de sûreté, de l'expert, et de l'exploitant [5.3.] Les transformations institutionnelles récentes pourraient-elles remettre en cause les pratiques et les échanges ayant abouti à la production d'un tel compromis ? [5.4.]

5.1. La mise à l'agenda du dossier « grand froid » par l'événement

Les événements climatiques ont été décisifs. D'une part, ils ont provoqué la mise à l'agenda de la thématique « grands froids » et, par leur caractère répété pendant trois ans, probablement contribué à l'accélération du processus d'élaboration de l'outil. Ils ont d'autre part influencé le comportement et les points de vue des acteurs impliqués, en accentuant sans doute, à certains moments, les différences d'approche entre les analystes de l'IPSN et les représentants des exploitants : bien que l'IPSN ait poussé à la construction d'une approche systématique, fondée sur une nouvelle exploration de l'aléa « grand froid », EDF a été conduit à proposer une stratégie de maîtrise des risques pragmatique, davantage en phase avec les urgences du moment (par exemple, en mettant l'accent sur la prévention d'incidents constatés pendant la période, comme le gel de prises d'eau). Il ne semble pas en revanche que l'accident de Tchernobyl, qui s'est déroulé au milieu de la période étudiée, ait joué un rôle particulier, malgré un contexte

d'angoisse collective qui aurait pu être propice au lancement de réflexions sur de nouveaux outils de régulation des risques.

Par ailleurs, un directeur de l'IRSN identifiait le contexte de conception d'un nouveau type de réacteur (N4) comme un catalyseur efficace : « la conception du N4 a été un levier fort pour demander un référentiel. A l'instar de TMI pour l'étude des accidents graves ». Le N4 était en effet un réacteur « francisé ». Pour un responsable de l'IRSN, « c'était l'occasion de figer les choses ».

5.2. La sûreté comme construction d'un compromis

Cette histoire met l'accent sur certaines caractéristiques d'un processus de conception de l'instrument de régulation des risques « grand froid », qui en font à nos yeux un processus de fabrication de compromis entre des représentants d'institutions aux logiques d'actions structurellement différentes. En effet, derrière l'objectif partagé d'amélioration de la sûreté nucléaire, des inflexions apparaissent : l'expert est soucieux d'évaluer un plan d'action à l'aune d'un cadre méthodologique rigoureux ; l'industriel doit, tout en construisant des moyens d'anticiper des incidents futurs, résoudre simultanément « en direct » des problèmes concrets, bloquants, et rester concentré sur un objectif de disponibilité de ses équipements ; le contrôleur doit arbitrer et contrôler.

Le « référentiel grands froids » apparaît effectivement, en première analyse, comme un compromis entre une stratégie industrielle pragmatique de maîtrise des risques et une approche scientifique plus systématique. Comment les différentes préoccupations des uns et des autres y sont-elles présentes ? On peut remarquer d'abord le caractère « hybride » de la doctrine retenue : ainsi, on trouve dans le document à la fois l'introduction d'un début de démarche probabiliste (avec des « températures de retour »), et la persistance de raisonnements fondés sur des événements extrêmes conventionnels caractérisés par des chiffres ronds (-25°, -35°). On voit aussi comment la solution retenue construit un compromis entre une complexité requise pour tenir compte le plus fidèlement possible du « réel », et un souhait de simplicité attaché à l'usage futur de l'instrument : par exemple, au fil du travail, sont introduites la complexité des installations industrielles (effets imprévus de systèmes sur d'autres), la complexité de la caractérisation de l'aléa « grand froid », à partir d'une situation initiale où celui-ci se résumait en une température (la règle des « -15 »). A l'inverse, la reprise en main de la construction de l'instrument par l'exploitant imprime également un caractère pragmatique à la doctrine en

simplifiant par exemple la caractérisation de l'aléa, qui s'effectuera uniquement à l'aide de températures : la prise en compte du facteur « vent », source de complexité, disparaît en apparence, et n'est réintégrée que par la modulation de coefficients d'échange thermique dans certains calculs.

Cela dit, la production d'une solution consensuelle est sans doute facilitée par le contexte épistémique dans lequel se développe le dialogue technique. Ce contexte constitue en effet une source de complexité et d'incertitude déterminante ; les savoirs sur lesquels s'appuient les doctrines à constituer étant à la fois lacunaires et contextuels, comme cela est attesté par les personnes que nous avons consultées. Il serait évidemment important de connaître plus précisément la nature des expertises des différents acteurs, et la mobilisation éventuelle de connaissances extérieures au cercle des acteurs directement impliqués, via des réseaux divers. En effet, même si ce récit ne leur a pas donné la place méritée, on ne peut ignorer l'influence possible de connaissances et de modélisations scientifiques venues d'autres pays et industries. Mais, pour l'instant, d'après les témoignages recueillis, il ne semble pas que des corpus de connaissances plus avancés, pré-existant ailleurs, aient été repérés. De plus, malgré des échanges documentaires, notamment des « regulatory guides » qui ont inspiré les premières RFS édictées en France, il n'existait pas alors de réseaux personnels entre spécialistes américains et français, selon un de nos interlocuteurs.

Il est intéressant, dans ces conditions, de comprendre comment les concepteurs de l'instrument s'accommodent de ces lacunes de la connaissance. Au cours du processus, différentes techniques sont en effet mobilisées pour faire face à ces carences : l'utilisation de « proxys » pour approcher des phénomènes complexes comme les aléas « grands froids », ou pour suppléer l'absence des données nécessaires⁴⁷ ; la définition de marges supplémentaires conventionnelles destinées à répondre, elles aussi, à l'absence de données statistiques. On observe également que l'instrument incorpore, du coup, un processus d'acquisition de connaissances puisque, par exemple, y figure une obligation de collecte de différentes données pour l'exploitant.

5.3. Le processus de construction du compromis

Comme on l'a dit précédemment, un cadre institutionnel a été construit progressivement pour concevoir et contrôler la régulation de la sûreté nucléaire. Ce

⁴⁷ cf. l'utilisation des données des stations météo les plus proches, à défaut de données concernant les sites eux-mêmes.

cadre structure et organise les relations et les rôles de chacun des trois grands acteurs (exploitants, administration de contrôle, expert) au sein de ce que certains chercheurs ont appelé le « tripode » de la sûreté nucléaire. Cette représentation synthétique est très utile pour analyser la logique du *design* et des procédures institutionnels mis en place : elle rend compte notamment de la volonté de séparation des rôles des trois acteurs, et du souci de formaliser les relations entre eux. Elle est cohérente avec le constat des logiques distinctes des trois grands acteurs, et explique par conséquent, pourquoi le résultat ne peut être qu'un compromis, en mettant à juste titre l'accent sur le rôle essentiel des mécanismes institutionnels qui cadrent le processus de production de l'instrument.

Toutefois, pour comprendre le processus de fabrication de l'instrument de régulation « référentiel grands froids », il nous semble que cette vision est insuffisante. En effet, elle ne permet pas de rendre suffisamment compte de plusieurs éléments qui nous semblent importants dans l'histoire que nous avons analysée :

- le rôle et le fonctionnement du groupe permanent ;
- la complexité organisationnelle ;
- les tactiques et personnalités des acteurs.

Ces points demanderaient à être creusés davantage, mais nous pouvons déjà esquisser quelques hypothèses.

5.3.1. Le groupe permanent, creuset de la fabrication du compromis

Le rôle du groupe permanent est évidemment amplifié par notre méthodologie, une bonne partie des archives consultées étant liée aux réunions qu'il tenait et à leurs suites. Nous ne méconnaissons pas non plus le rôle des échanges informels. Néanmoins, à travers la confrontation des points de vue qu'il organise, et les recommandations qu'il produit, cette instance met en scène l'évolution des positions et la nature des choix qui vont en résulter.

Certains éléments de son fonctionnement nous semblent permettre la construction collective du compromis. D'abord, le président et son savoir faire jouent un rôle essentiel, aussi bien dans la conduite de la réunion, la négociation des formulations que dans la fixation des ordres du jour, plus souple qu'actuellement ; nous avons ainsi noté un *opportunisme procédural*, qui a permis, grâce à un ordre du jour des réunions relativement flexible et adaptable aux conjonctures, d'introduire la thématique « grand froid » dans une réunion du GP consacrée à un autre sujet. Par ailleurs, la composition du groupe permet de représenter différentes logiques, tout en

créant progressivement un groupe de « sages », une vraie communauté de travail, en partie indépendante des appartenances institutionnelles⁴⁸. Le groupe permanent a aussi le rôle de mettre en valeur le travail des analystes de l'IPSN. Le « passage devant le GP » constitue dès lors une source de motivation ; emporter son adhésion, un critère de qualité attestant la justesse de l'analyse.

Selon nos interlocuteurs, le rôle du GP est crucial dans le processus de prise de décision : « il est extrêmement rare que l'autorité ne suive pas l'avis du GP » ; « pour ne pas reprendre une de ses recommandations, il faut avoir de sacrés arguments ! » Dans la filiation d'une des premières institutions françaises, la commission de sûreté des installations atomiques, le groupe permanent apparaît ainsi comme un des piliers du système de régulation de la sûreté, qu'un de nos interlocuteurs estimait plus correct de qualifier de « quadripode ».

5.3.2. Des logiques organisationnelles plus complexes

Les trois « macro-acteurs » du tripode masquent également l'inhomogénéité des organisations⁴⁹. Ainsi, en ce qui concerne EDF notamment, le terme générique d'exploitant est trompeur, dans la mesure où les représentants d'EDF qui discutent directement avec les analystes de l'IPSN ne sont pas, stricto sensu les exploitants des sites, mais davantage des services d'ingénierie et d'expertise technique, comme le SEPTEN, dont les raisonnements, même s'ils portent une vision industrielle, se rapprochent de ceux des autres acteurs en présence.

De même, le fonctionnement de l'autorité de contrôle se laisse difficilement résumer par une seule logique ; les objectifs et contraintes des inspecteurs locaux, en contact direct avec des exploitants, peuvent être relativement éloignés de ceux des représentants d'un service central. Enfin, on trouve à l'institut d'expertise des généralistes, davantage en lien avec le fonctionnement d'un type d'installation, et des spécialistes, qui comme leur nom l'indique sont experts d'une thématique, d'un risque particulier. Les activités réalisées par ces deux catégories d'acteurs et les communautés dans lesquelles ils s'inscrivent justifient de les distinguer davantage pour mieux saisir les logiques⁵⁰ qui les animent.

⁴⁸ Une partie des membres du groupe permanent sont choisis *intuitu personae*.

⁴⁹ Les conjectures explicitées dans ce paragraphe sont davantage issues de nos entretiens et de discussions avec des acteurs du nucléaire français que de notre matériau de recherche à proprement parler.

⁵⁰ Le travail de thèse de G. Rolina avait permis de caractériser différentes logiques d'analystes à l'œuvre dans l'activité d'évaluation dans le domaine des facteurs organisationnels et humains (Rolina 2009, 2010).

5.3.3. Des acteurs tacticiens

Les procédures institutionnelles liées au système de régulation en place laissent des marges de manœuvre aux acteurs. Ceux-ci en font usage, et les tactiques mises en place vont concourir au processus de fabrication du référentiel. Nous en avons deux exemples : d'abord, la manière dont la gestion de la temporalité du dossier est effectuée. En effet, on a vu l'usage que faisaient les acteurs (notamment le SCSIN) des fixations de délais rapprochés ou des échéances liées au lancement du N4 dans l'avancement du dossier de référentiel. Le deuxième exemple concerne le choix de la forme juridique de l'instrument. L'idée d'une RFS avait probablement été avancée par le SCSIN, via un courrier signé par le ministre, pour sortir d'une situation de blocage et pousser EDF à modifier ses positions en lui permettant de reprendre la main, via la constitution d'un référentiel.

Par ailleurs, la vision institutionnelle, puis organisationnelle, que nous avons développée ne doit pas nous faire méconnaître le rôle de certaines individualités, qui a pu orienter ou accélérer, à certains moments, le processus. En particulier, l'engagement personnel de certains acteurs sur certains éléments de la doctrine (la probabilisation de l'aléa climatique notamment) résulte, selon leurs témoignages, d'un intérêt intellectuel personnel plus que d'un mandat de leur organisation. Cela pourrait aussi expliquer la vigueur des désaccords exprimés à certains moments.

5.4. Une histoire qui ne pourrait plus se reproduire ?

Pour finir, nous pouvons nous demander si les modes de fonctionnement du « tripode » et les modalités du dialogue technique, tels que nous avons commencé à les caractériser, pour cette période des années 80, n'ont pas substantiellement évolué dans un sens qui ne produirait plus forcément les mêmes résultats. En effet, dans cette période, au-delà des logiques institutionnelles propres aux acteurs évoquées plus haut, ceux-ci étaient animés par des objectifs communs liés à la réussite du programme nucléaire français. De manière plus pragmatique, ils étaient contraints par des échéances liées au planning du déploiement des derniers réacteurs.

Les témoignages recueillis semblent indiquer des évolutions notables qui touchent l'ensemble des acteurs du secteur et rendent plus ardue la convergence de leurs objectifs. En effet, les modifications réglementaires contribuent à renforcer l'autonomie⁵¹ de l'ASN, alors même que les exploitants sont soumis à des difficultés

⁵¹ Plusieurs de nos interlocuteurs constatent une tendance à un moindre contrôle de l'ASN et de sa politique par la représentation nationale.

financières sans précédent. Dans la concrétisation du dialogue technique, tel qu'on peut l'appréhender en particulier dans le travail du groupe permanent, on nous décrit un fonctionnement plus cloisonné entre les sujets, moins souple en termes d'organisation (fixation des ordres du jour notamment), plus bureaucratique⁵² et plus tourné vers la conception et le contrôle réglementaires que vers le débat sur les aspects techniques. La composition du groupe permanent, qui s'est ouvert à des acteurs de la société civile et à des représentants étrangers, y contribue sans doute. La transparence prônée par la loi TSN a aussi probablement mécaniquement eu pour effet de censurer des expressions qui pouvaient être assez libres. Or précisément, il nous semble que c'est la souplesse et la (relative) liberté permises par le système institutionnel antérieur qui ont permis d'aboutir à un consensus acceptable par tous sur le « référentiel grands froids ». Cette hypothèse reste maintenant à confirmer ou infirmer.

⁵² Un de nos interlocuteurs parle de « carcan procédural ».

Glossaire acronymique

ASG	Alimentation auxiliaire de secours des générateurs de vapeur
BAN	Bâtiment des auxiliaires nucléaires
CEA	Commissariat à l'énergie atomique
CNPE	Centre nucléaire de production d'électricité (EDF)
CSIA	Commission de sûreté des installations atomiques
DAS	Département d'analyse de sûreté (IPSN)
DSE	Dossier de système élémentaire (EDF)
DSR	Direction de la sûreté des réacteurs (IRSN)
DGSNR	Direction générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection
DPN	Division de la production nucléaire (EDF)
EDF	Electricité de France
GP	Groupe permanent
INB	Installation nucléaire de base
IPSN	Institut de protection et de sûreté nucléaire
IPS (-NC)	Important pour la sûreté (-non classé)
IRSN	Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire
MDTE	Manque de tension externe
REX	Retour d'expérience
RFS	Règle fondamentale de sûreté (ASN)
RNR	Réacteurs à neutrons rapides
RRA	Système de refroidissement du réacteur à l'arrêt
SCPRI	Service central de protection contre les rayonnements ionisants
SEPTEN	Service d'études et projets thermiques et nucléaires (EDF)
SCSIN	Service central de sûreté des installations nucléaires
SPT	Service de production thermique (EDF)
UNGG	Uranium naturel graphite gaz
VDS	Visite de surveillance (ou encore inspection)
VVP	Vapeur vive principale (circuit)

Références

- Foasso, C. (2003). Histoire de la sûreté de l'énergie nucléaire civile en France (1945-2000). Technique d'ingénieur, processus d'expertise, question de société. Histoire moderne et contemporaine. Lyon, Université Lumière - Lyon II. **Thèse de doctorat:** 698.
- Goldschmidt, B. (1980). Le complexe atomique. Histoire politique de l'énergie nucléaire. Paris, Fayard.
- Millet, A.-S. (1991). L'invention d'un système juridique : Nucléaire et Droit. Droit. Nice, Université de Nice-Sophia Antipolis. **Thèse de doctorat:** 625.
- Roqueplo, P. (1997). Entre savoir et décision, l'expertise scientifique. Paris, INRA Editions.
- Rolina, G. (2009). Sûreté nucléaire et facteurs humains. La fabrique française de l'expertise. Paris, Presses des Mines.
- Rolina, G. (2010). "Prescrire la sûreté, négocier l'expertise." Gérer et comprendre **101** : 84-94.
- Saint Raymond, P. (2012). Une longue marche vers l'indépendance et la transparence. Paris, La documentation française.
- Vallet, B. (1984). La sûreté des réacteurs nucléaires en France : un cas de gestion des risques. Rapport au service central de sûreté des installations nucléaires, Ecole des mines de Paris - Centre de sociologie de l'innovation: 123.

Annexe : Liste des personnes rencontrées

- 27 avril 2016 : Martial Jorel

Ingénieur de formation, Martial Jorel rejoint l'IPSN en 1982 où il occupe des fonctions liées à la conception et l'exploitation des REP. Entre 2003 et 2011, il est directeur de la sûreté des réacteurs. Aujourd'hui, il est directeur du management des connaissances de l'IRSN. Il est aussi membre du groupe permanent d'experts réacteurs et vice-président de la commission de sûreté des réacteurs.

- 28 avril 2016 : Philippe Saint Raymond

Ingénieur des Mines, Philippe Saint Raymond est directeur adjoint de la sûreté des installations nucléaires entre 1993 et 2002 (DSIN), puis directeur général adjoint de la sûreté nucléaire et de la radioprotection entre 2002 et 2004 (DGSNR). Il est actuellement président du groupe permanent d'experts réacteurs.

- 14 juin 2016 : Daniel Quéniart

Ingénieur des Mines, Daniel Quéniart occupe plusieurs postes au SCSIN entre 1973 et 1979, année où il entre à l'IRSN. De 1983 à 1990, Daniel Quéniart est chef du département d'analyse de sûreté de l'IPSN. Il est aujourd'hui conseiller du directeur général de l'IRSN et vice président du groupe permanent d'experts réacteurs.

- 15 juin 2016 : Michel Lavérie

Ingénieur des Mines, Michel Lavérie a occupé plusieurs postes au SCSIN, à la DSIN et au CEA. Entre 1985 et 1988, il est d'abord adjoint au chef du SCSIN avant de prendre la responsabilité du service en 1986. Il est directeur de la sûreté des installations nucléaires entre 1989 et 1992.

- 17 juin 2016 : Georges Servièrè

Ingénieur de formation, Georges Servièrè a effectué toute sa carrière à EDF. Il entre au SEPTEN en 1983 et devient chef de la division de la sûreté nucléaire de cette entité en 1987. Il est actuellement membre du groupe permanent d'experts réacteurs et président de la commission de sûreté des réacteurs.

- 7 novembre 2016 : Bernard Fourest

Ingénieur de formation, Bernard Fourest travaille à l'IPSN entre 1978 et 1985, notamment sur le retour d'expérience de l'accident de Three Mile Island. Après sept années au CEA, il rejoint EDF en 1992 où il occupe plusieurs fonctions. Il est actuellement membre du groupe permanent d'experts réacteurs.