



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

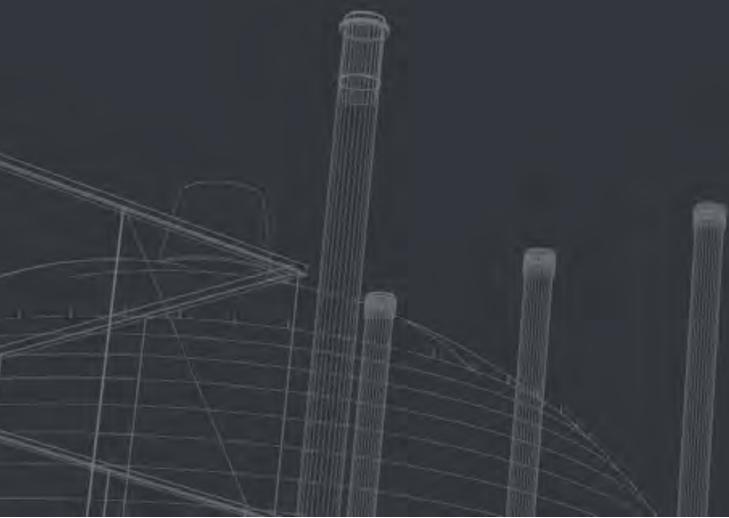
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN

Swiss Confederation

Analyse Fukushima 11032011

Analyse approfondie
de l'accident de Fukushima
le 11 mars 2011

tenant particulièrement compte
des facteurs organisationnels et humains



Fukushima

37° 25' 26.57" N, 141° 1' 56.87" E

11.03.2011



Sommaire

1	Introduction et méthodologie	4
2	Informations générales	8
2.1	Surveillance nucléaire et politique énergétique au Japon	8
2.2	Fondements légaux de la surveillance du secteur nucléaire au Japon	10
3	Analyse approfondie de l'IFSN	12
3.1	Genèse de l'accident	12
3.1.1	Facteurs organisationnels	12
3.1.2	Facteurs humains	17
3.2	Gestion de l'accident	22
3.2.1	Facteurs organisationnels	22
3.2.2	Facteurs humains	24
3.3	Conséquences de l'accident	28
3.3.1	Facteurs organisationnels	28
3.3.2	Facteurs humains	30
4	Conclusions	32
5	Suite de la démarche	34
6	Répertoire des abréviations	36
7	Répertoire des illustrations	38
Figureildungsverzeichnis		
Figure. 1	Vue d'ensemble des éléments d'analyse retenus par l'IFSN	7
Figure. 2	Imbrications relationnelles entre les acteurs étatiques du domaine de l'énergie nucléaire au Japon	9
Figure. 3	Structure hiérarchique des lois traitant de la sécurité d'installations nucléaires au Japon [3]	11
Figure. 4	Conception des installations de Fukushima Dai-ichi et hauteur effective du tsunami [4]	17
Figure. 5	Les côtes du Japon sont truffées de centaines de bornes portant la mention :	18
Figure. 6	Etendue des destructions ici de la tranche 4 de Fukushima-Dai-ichi (source: n-tv online, dimanche 24 avril 2011) et état des routes à proximité de la côte (source: rp-online)	23
Figure. 7	Travaux en ambiance de panne électrique totale et exposition à des taux de radiation extrêmes (source: nouvelles T-online, 24/03/2011; Weltexpressinfo online, 25/03/2011)	25

1 Introduction et méthodologie

Suite à l'accident de Fukushima Dai-ichi du 11 mars 2011, l'IFSN a lancé une analyse approfondie de l'accident. Avec cette analyse, l'Institut s'est fixé les objectifs suivants :

- Prise de conscience approfondie du déroulement des événements et des facteurs qui y ont contribué
- Déduction d'exigences ou de mesures à court, moyen et long terme applicables aux détenteurs d'autorisation d'exploitation
- Réflexion sur sa propre activité de surveillance et déduction de mesures appropriées éventuelles
- Vérification des résultats des contrôles effectués par les exploitants en application des dispositions de l'art. 2, alinéa 1, point c de l'Ordonnance du DETEC du 16 avril 2008 sur la méthode et les standards de vérification des critères de la mise hors service provisoire d'une centrale nucléaire (RS 732.114.5) qui prévoient que le détenteur d'une autorisation d'exploitation (détenteur de l'autorisation) est tenu d'examiner sans délai la conception de la centrale nucléaire lorsque des événements survenus ou des constats effectués dans une autre centrale nucléaire sont classés au niveau 2 ou à un niveau supérieur sur l'échelle internationale des événements nucléaires INES et à communiquer sans délai les résultats de l'analyse à l'autorité de surveillance.

Pour répondre à la portée et à la complexité de l'événement, il a été constitué au sein de l'IFSN une équipe d'analyse interdisciplinaire dédiée. Cette équipe comprend des experts des domaines Facteurs Organisationnels et Humains, Protection radiologique, Electrotechnique, Technique des matériaux et Technique des systèmes. Selon les besoins, il a également été fait appel à d'autres compétences au sein de l'IFSN ou en dehors.

Il est incontestable que les déficiences de la conception technique des installations nucléaires de Fukushima Dai-ichi contre le tsunami qui a suivi le séisme constituent des facteurs clé de l'accident. Ces déficiences de conception et la gestion de l'accident ne peuvent s'expliquer que par une analyse globale des événements. Ce faisant, il est indispensable de prendre en compte à la fois l'environnement technique et les dimensions humaines et organisationnelles de l'accident. Ce qui est apparu à première vue comme une défaillance des installations déclenchée par des événements naturels s'est rapidement révélée comme un événement complexe dans lequel les aspects humains et organisationnel ont joué un rôle capital.

L'IFSN en a tenu compte de manière particulière dans son analyse et dès le départ, a accordé aux aspects humain et organisationnel autant d'attention qu'aux aspects purement techniques.

La difficulté principale rencontrée dans le recueil de faits dans le domaine humain et organisationnel, ainsi qu'en matière de radioprotection, tient à la nécessité de consolider et de vérifier les informations disponibles. En effet, l'IFSN n'a pas disposé d'un accès direct aux informations. Pour cette raison, son analyse a dû s'appuyer sur des sources accessibles à tous, et notamment sur des informations issues d'autorités, d'exploitants, d'organisations d'experts et pour une part non négligeable, sur des articles de presse.

Les analyses internationales portant sur les domaines des FOH n'ont abouti jusqu'à présent qu'à peu de déclarations détaillées. Les rapports officiels encore attendus sur l'accident permettront d'apporter une contribution supplémentaire aux questions restées sans réponse dans ce domaine, ou tout au moins permettront de vérifier les informations encore insuffisamment consolidées et de valider certaines hypothèses. Pour les raisons évoquées et du fait de la complexité du dossier, le processus d'analyse de l'IFSN ne peut donc pas être considéré comme achevé. Ceci vaut aussi pour les effets radiologiques de l'accident.

L'analyse de l'IFSN prend en compte les circonstances dramatiques existantes pendant et après l'accident, et dans lesquelles les êtres humains ont dû maîtriser une situation dans une ambiance d'une détresse inimaginable. Les constatations faites et les conclusions de l'IFSN n'ont pas pour objet d'exercer une critique vis-à-vis des acteurs japonais,

mais bien au contraire de bien s'interroger sur la situation en Suisse à la lumière de cet accident. Bien que le présent rapport mette l'accent sur la constatation de faiblesses et de (probables) défauts qui ont contribué à l'accident ou qui ont rendu sa maîtrise plus ardue, il ne s'agit en aucun cas d'en déduire que TEPCO et les autorités japonaises n'auraient pas fait tout ce qui était en leur pouvoir pour maîtriser l'accident ou tout au moins en atténuer les conséquences. Il pourra en effet aussi être tiré des enseignements de ce qui «s'est bien passé», donc de tout ce qui a contribué à ne pas aggraver le déroulement et les conséquences de l'accident (par exemple l'exceptionnel engagement du personnel des installations dans les jours, les semaines et les mois qui ont suivi l'accident). Les informations disponibles et la nécessité de tirer le plus rapidement possible les mesures les plus urgentes pour les installations nucléaires suisses et du monde entier n'ont toutefois jusqu'à présent pas permis d'analyser (internationalement) ces aspects positifs.

Compte tenu de l'importance et de la durée de l'accident d'une part et du nombre de personnes impliquées d'autre part, il convient de reconnaître qu'il n'a été déploré jusqu'à présent que peu de décès et de blessés et que le nombre de personnes exposées à des doses au-delà des valeurs admissibles est faible. Malgré cela, l'IFSN considère ces cas comme sérieux et estime qu'il est de son devoir d'en tirer les enseignements nécessaires.

L'analyse couvre différents aspects et se construit progressivement et itérativement (voir figure 1).

Il s'agissait tout au début de rassembler des faits relatifs au déroulement de l'événement (c'est à dire de reconstruire ce qui s'était passé après le séisme et le tsunami), mais également relatifs au contexte de l'événement. Le déroulement de l'accident est reconstruit autant qu'il est possible actuellement à partir des informations disponibles. En effet, même les services officiels du gouvernement et des autorités japonais ainsi que l'exploitant TEPCO (Tokyo Electric Power Company) ne disposent pas encore de toutes les données et faits significatifs, du fait de l'absence de données d'exploitation et de l'accès (encore) très limité aux installations en vue de leur inspection, ce qui rend encore impossible toute reconstruction définitive du déroulement de l'accident. C'est pourquoi la phase de recueil de faits, notamment en ce qui concerne le domaine humain et organisationnel, a vu éclore de nombreuses questions pour lesquelles les réponses sont encore (jusqu'à présent) très partielles Il s'agissait

ensuite d'analyser les facteurs contributifs probables pour tenter d'apporter des réponses aux questions «Pourquoi l'accident s'est-il produit ?» et «Pourquoi s'est-il déroulé de cette manière ?». Pour ce faire, il a été formulé trois questions qui se rapportent à certains éléments clés de l'évolution de l'accident de Fukushima Dai-ichi.

- 1. Genèse de l'accident :** Pourquoi s'est-il produit un Station Blackout (SBO)¹ le 11/03/2011 après le séisme et le tsunami ?
- 2. Gestion de l'accident :** Pourquoi en est-on arrivé à l'endommagement des assemblages combustibles et à la défaillance de toutes les barrières de sécurité, avec pour conséquence des rejets massifs de radioactivité dans l'environnement ?
- 3. Conséquences de l'accident :** Pourquoi en est-on arrivé à l'exposition des personnels des installations et de la population, ainsi qu'à la contamination de l'environnement ?

¹ Description du terme «Station Blackout»: Panne des systèmes d'alimentation en courant alternatif triphasé, avec ses sous-catégories. Perte des alimentations électriques standards de secours et perte totale de toutes les alimentations en courant alternatif (dépendant des conceptions d'installation de base et le cas échéant de mises à niveau spécifiques).

2 Informations générales

2.1 Surveillance nucléaire et politique énergétique au Japon

La structure de la branche nucléaire japonaise est très complexe. Un grand nombre d'acteurs, aux prérogatives, compétences et relations difficiles à cerner jouent un rôle actif en matière de surveillance et de promotion de l'énergie nucléaire (voir figure 2).

La surveillance de la sécurité des installations nucléaires a été réorganisée en 2001 dans le cadre d'une réforme de l'organisation des ministères, notamment dans le but de renforcer l'indépendance entre les instances responsables de la surveillance des installations nucléaires et celles décisionnaires en matière de politique énergétique.

La promotion et la surveillance de l'énergie nucléaire relèvent fondamentalement des organes suivants de l'appareil administratif de l'Etat :

- de deux commissions : l'Atomic Energy Commission (AEC) et la Nuclear Safety Commission (NSC) qui relèvent toutes deux du Cabinet du Premier ministre ;
- d'organes au sein du Ministry of Economy, Trade & Industry (METI) et du Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) ;
- les ministères sont par ailleurs assistés, voire conseillés par toute une série d'Advisory Committees et de Subcommittees.

Au sein du METI, deux instances différentes traitent des questions relatives à l'énergie nucléaire :

- l'Agency for Natural Resources and Energy (ANRE), chargée de la promotion de l'énergie nucléaire ;

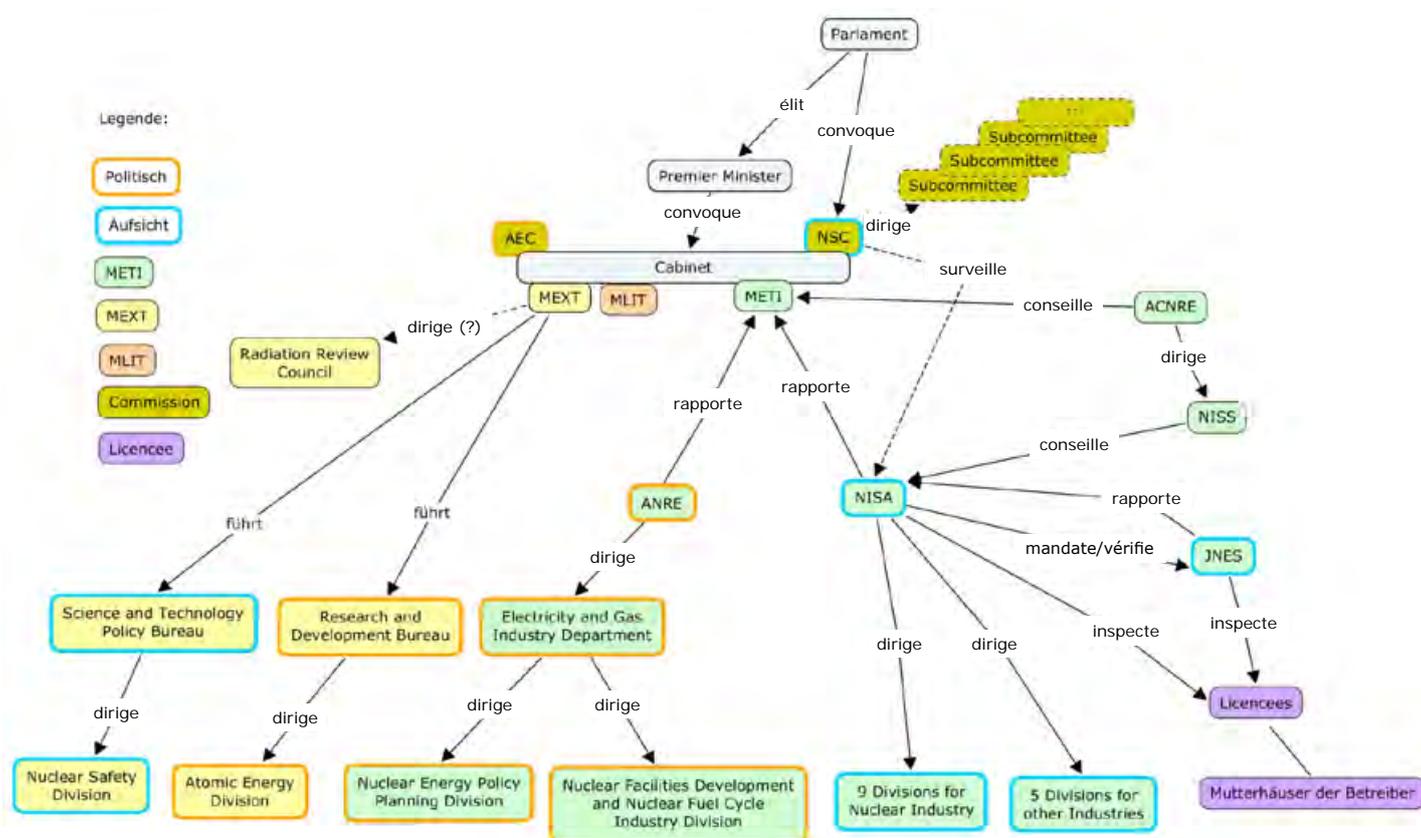
- la Nuclear and Industrial Safety Agency (NISA), compétente entre autres pour la surveillance des réacteurs nucléaires commerciaux. La NISA est elle-même surveillée et auditée par la NSC. Elle est assistée dans sa tâche par la Japan Nuclear Energy Safety Organization (JNES).

Le MEXT comprend pour le domaine nucléaire :

- une unité organisationnelle relevant du domaine de la promotion de la technique nucléaire (recherche et développement) ;
- une unité responsable de la surveillance de la sécurité (Science and Technology Policy Bureau, STPB). Le STPB est entre autres compétent pour la surveillance des réacteurs de recherche et d'essais.

Suite à l'accident de Fukushima, des médias et des instances officielles ont en particulier critiqué le manque d'indépendance des autorités de surveillance des installations nucléaires et les relations inter-personnelles étroites au sein de la branche nucléaire entre personnes impliquées dans les services de l'Etat et l'industrie nucléaire ce qui pose la question des conflits d'intérêts potentiels à la fois en matière de surveillance des installations nucléaires et de politique énergétique. La structure des organisations participant à la surveillance, ainsi que le chevauchement entre leurs domaines de compétences et de responsabilités, avait déjà fait l'objet de critiques en 2007 dans le cadre d'un audit des activités des autorités, effectué par une équipe d'experts internationaux mandatée par l'AIEA (mission dite IRRS pour International Regulatory Review Service) [8].

Après l'accident de Fukushima Dai-ichi, le gouvernement japonais envisage de retirer la surveillance nucléaire au METI et en regrouper tous les acteurs sous la tutelle du ministère de l'Environnement [24].



Légende

ACNRE:	Advisory Committee for Natural Resources and Energy
AEC:	Atomic Energy Commission
ANRE:	Agency for Natural Resources and Energy
JNES:	Japan Nuclear Energy Safety Organization
METI:	Ministry of Economy, Trade and Industry
MEXT:	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
MLIT:	Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism
NISA:	Nuclear and Industrial Safety Agency
NISS:	Nuclear and Industrial Safety Subcommittee
Mutterhäuser der Betreiber:	Sociétés mères

Figure 2: Imbrications relationnelles entre les acteurs étatiques du domaine de l'énergie nucléaire au Japon

2.2 Fondements légaux de la surveillance du secteur nucléaire au Japon

Les fondements légaux de la surveillance nucléaire au Japon sont constitués de lois, d'instructions du gouvernement (Cabinet Orders), d'ordonnances ministérielles et de notes publiques ministérielles (voir figure 3). Les lois sont votées par le Parlement. Les «cabinets orders» sont promulgués par le Premier ministre, les ordonnances ministérielles et les notes publiques par les différents ministres compétents.

Les lois essentielles applicables à la surveillance nucléaire sont l'Atomic Energy Basic Act, le Reactor Regulation Act, le Radiation Hazard Prevention Act et l'Act on Special Measures concerning Nuclear Emergency Preparedness. L'Electricity Business Act constitue un autre texte de référence de base pour l'énergie nucléaire même s'il régit également, plus largement, l'ensemble du domaine économique de l'énergie au Japon.

Des Regulatory Guides sont publiés par le Ministry of Economy, Trade & Industry (METI) et la Nuclear Safety Commission (NSC). Le METI contrôle avant tout les normes techniques élaborées par différentes sociétés d'ingénierie ; 45 normes techniques sont ainsi actuellement approuvées. La NSC promulgue des Regulatory Guides pour son activité de contrôle de l'autorité de surveillance NISA. Bien que ces Guides soient décrits comme des documents internes à la NSC, ils servent de documents de référence à la

NISA et aux exploitants de centrales. L'examen des Regulatory Guides de la NSC fait ressortir que les formulations ont un caractère de préconisations et n'apparaissent pas comme des exigences que les exploitants nucléaires doivent obligatoirement prendre en compte. Dans son rapport adressé à la Conférence ministérielle de l'AIEA, le gouvernement japonais reconnaît que les aspects de la gestion des situations d'urgence sont insuffisamment ancrés dans la loi et qu'il convient de renforcer les structures légales. Par exemple, la préparation des dispositions destinées à la maîtrise des incidents hors dimensionnement, à savoir les Severe Accident Management Guidelines (SAMG), n'est ainsi en rien exigée par la loi, mais simplement recommandée.

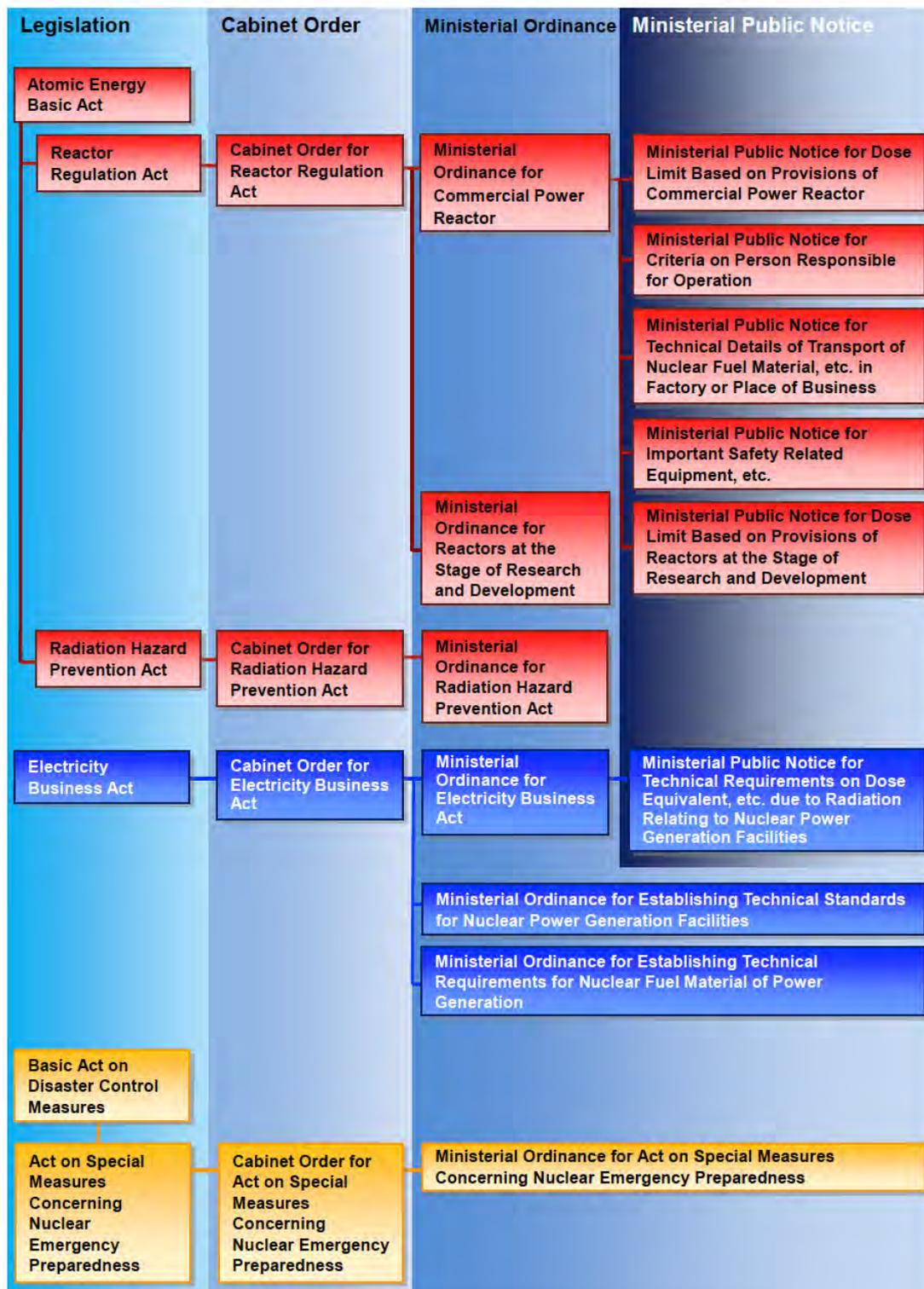


Figure. 3: Structure hiérarchique des lois traitant de la sécurité d'installations nucléaires au Japon [3]

3. Analyse approfondie de l'IFSN

Les développements ci-après décrivent l'état actuel de l'analyse des facteurs contributifs probables dans les domaines organisationnel et humain. Pour les aspects techniques, il convient de se reporter au document ENSI-AN-7614, rév. 1.

3.1 Genèse de l'accident

Question 1 : Pourquoi s'est-il produit un Station Blackout (SBO) le 11/03/2011 après le séisme et le tsunami ?

3.1.1 Facteurs organisationnels

3.1.1.1 Culture de sécurité de l'exploitant

Hypothèse : déficits d'une organisation apprenante

L'une des caractéristiques essentielles d'une organisation orientée sur la sécurité est la capacité à se remettre en question et à s'améliorer en permanence en matière de sécurité, ce qui suppose d'être capable d'apprendre à partir de l'expérience acquise par d'autres organisations. Cette caractéristique n'était pas suffisamment ancrée chez l'exploitant TEPCO. Le gouvernement japonais parle à ce sujet dans son rapport de juin 2011 adressé à l'AIEA, d'une nécessité de reconsidérer une culture de sécurité appropriée [2].

Les événements nationaux et internationaux survenus dans des installations nucléaires tant au Japon qu'à l'étranger n'ont pas suffisamment suscité l'intérêt de TEPCO, l'exploitant, ou en d'autres termes les enseignements tirés d'événements extérieurs n'ont pas été suffisamment intégrés au processus d'amélioration permanente sous la forme de mesures appropriées. Cet état de fait a été confirmé en 2007 par l'équipe IRRS qui recommandait à la NISA de s'assurer de la mise en place par l'exploitant de procédures efficaces de prise en compte du retour d'expérience international. Toujours d'après l'équipe IRRS, il subsistait un potentiel d'amélioration dans le partage d'expérience(s) au niveau de l'utilisation de la banque de données nationale des événements du JANTI (Japan Nuclear Technology Institute, Institut japonais pour la technique nucléaire) [8].

Enfin, pour ce qui est de la prise en compte insuffisante des événements nationaux et internationaux, il convient d'ajouter aussi la prise en compte insuffisante de l'évolution des sciences et des techniques en matière d'utilisation des méthodes actuelles de calcul (notamment dans le domaine des analyses probabilistes de sécurité - PSA) et le manque de prise en compte des mises en garde exprimées par des scientifiques japonais au sujet du risque sismique présenté par le site de Fukushima Dai-ichi [2].

Hypothèse : culture de sécurité défaillante chez l'exploitant

Un indicateur d'un niveau de responsabilité appropriée en matière de sécurité de la part d'un exploitant est la présentation de l'état réel de son installation et l'exécution des contrôles de sécurité conformément à la réglementation en vigueur.

Or en 2002, des négligences et des falsifications avaient été mises en évidence sur l'installation de Fukushima Dai-ichi. TEPCO lui-même, confirme 16 cas d'écarts ou de négligences lors de contrôles de sécurité qui ont été rapportés à la NISA entre 1986 et 2001 par le biais du système de signalement anonyme dont cette autorité assure la gestion.

Il semble ainsi qu'il s'est établi au fil du temps au sein de l'entreprise TEPCO une culture qui favorisait les falsifications et les dissimulations. Il est également inquiétant de constater que TEPCO, malgré un plan d'actions officiellement communiqué en 2004 ayant pour objectifs de lutter contre de telles pratiques a transmis à la NISA, 10 jours environ avant le séisme, et peu après s'être vu octroyer par ce même organisme l'autorisation de prolongation de l'exploitation pour 10 années supplémentaires de la tranche I du site de Fukushima Dai-ichi, un document dans lequel il était expressément mentionné que contrairement à des indications antérieures, 33 éléments critiques pour la sécurité n'avaient pas été vérifiés [29]. La NISA a estimé que la gestion de la maintenance par l'exploitant était inappropriée et de qualité insuffisante en ce qui concerne les travaux de contrôle des éléments critiques pour la sécurité. L'organisme avait donc exigé de TEPCO qu'il mette en place avant le 02/06/2011, un nouveau plan de maintenance.

Les cas répétés de falsifications et de dissimulations répartis sur de nombreuses années constituent des indicateurs d'une responsabilité insuffisante de l'exploitant dans le domaine de la sécurité et font craindre une évolution peu favorable de la culture de sécurité chez TEPCO [2].

Hypothèse : conflit entre sécurité et rentabilité

Dans le cadre d'un programme de réduction des coûts, TEPCO a mentionné dans son rapport sur l'exercice 2010 avoir réduit la fréquence des inspections de ses installations. Cette réduction avait été justifiée par les résultats d'analyses détaillées. Ce facteur qui a pu jouer s'inscrit dans la maintenance insuffisante des installations évoquée ci-dessus [6].

3.1.1.2 Stratégie et pratique de la surveillance des installations nucléaires par les autorités

Hypothèse : indépendance insuffisante de l'autorité de surveillance

Les relations complexes entretenues par les différents organismes participant à la surveillance nucléaire ont été évoquées au chapitre 2.1. L'autorité de surveillance NISA (Nuclear and Industrial Safety Agency) relève du METI (Ministry of Economy, Trade and Industry) et fait l'objet d'une surveillance de la part de la NSC (Nuclear Safety Commission, relevant du Cabinet du Premier ministre). Les domaines de la promotion et du contrôle de l'énergie nucléaire ont certes été séparés au sein du METI (ANRE et NISA) depuis la réforme du gouvernement entrée en vigueur au début de la dernière décennie, mais relèvent toujours du même ministère de tutelle, ce qui peut entraîner potentiellement des risques de conflits d'intérêts.

La problématique posée par une telle constellation d'organisations impliquées dans la surveillance des installations nucléaires est reconnue par le gouvernement japonais qui a décidé de rendre la NISA indépendante du METI et de l'intégrer au ministère de l'Environnement [2],[24].

A ces constats s'ajoutent, relatés par de nombreux médias, certains changements de postes de hauts responsables qui ont alternativement tenus des responsabilités relevant d'une part, de la surveillance et d'autre part, de l'exploitation des installations. Une telle pratique qui peut déboucher sur de potentiels conflits d'intérêt est désignée au Japon sous les termes «Amakudari» («Descende du ciel») pour qualifier le passage de

hauts fonctionnaires dans le secteur privé après leur mise à la retraite de la fonction publique) et «Amaagari» («Montée au ciel») pour les mouvements inverses, passages du secteur privé au publique).

Les relations personnelles existant entre les instances politiques, les autorités et les exploitants ont contribué à constituer une communauté soudée et ont abouti à des structures de décision peu transparentes. Notamment vu de l'extérieur, il n'est pas toujours clair de savoir par qui et où les décisions sont prises et avec quelle indépendance.

L'insuffisante indépendance de la NISA est par exemple illustrée par la communication à TEPCO de l'identité d'un informateur anonyme qui avait signalé à la fin des années 1990 par le système de communication anonyme de la NISA, les infractions commises par TEPCO en matière de contrôles de sécurité. La NISA avait alors justifié cette démarche par la protection juridique insuffisante de l'informateur [30].

Tout ce qui précède, et malgré le fait que la NISA ait été rendue juridiquement indépendante suite à la réforme de 2001, incite à penser qu'il s'est créée une culture de surveillance peu transparente et que la NISA n'était pas en mesure d'exercer pleinement et de manière indépendante sa fonction de surveillance et de faire respecter ses recommandations.

Hypothèse : déficiences structurelles dans le système global de surveillance des installations nucléaires

L'une des difficultés du système global de surveillance du secteur nucléaire au Japon est relative à l'imprécision des rôles et res-

responsabilités des différents acteurs chargés de la surveillance. Le système de surveillance est en effet réparti en un grand nombre d'instances, aux relations très complexes (voir figure 2). Cette problématique avait déjà été évoquée dans une recommandation de la mission IRRS de 2007 qui soulignait la nécessité de clarifier les rôles de la NISA et de la NSC dans le cadre de l'élaboration de directives. Quinze scientifiques de l'Atomic Energy Society of Japan (AESJ) ont également conclu leur analyse en soulignant que le manque de clarté des rôles et responsabilités des organismes de surveillance a considérablement pénalisé la communication lors de l'accident de Fukushima [7]. Le gouvernement japonais a déjà décidé une harmonisation de la surveillance nucléaire [2].

A l'imprécision affectant les rôles et les responsabilités, s'ajoute également le fait que les compétences de la NISA en matière d'exercice de sa mission de surveillance étaient notoirement insuffisantes. La mission IRRS recommandait ainsi le renforcement sur le long terme de groupes d'experts qualifiés. Il est en effet difficile d'obtenir la continuité requise lorsque les titulaires des postes sensibles changent tous les 2 ou 3 ans et n'assurent pas leur fonction à plein temps. De plus, la NISA ne peut inspecter des installations que lors de périodes restreintes et après en avoir informé préalablement les exploitants. L'équipe IRRS avait recommandé que les inspecteurs de la NISA puissent accéder sans restriction et à tout moment aux installations pour effectuer leur travail de surveillance [30].

Comme pays pauvre en matières premières, le Japon avait fortement misé sur le nucléaire dans sa politique énergétique. Le développement de l'énergie nucléaire a donc également bénéficié d'un fort soutien direct du gouvernement japonais. L'Etat participe ainsi

également de manière indirecte dans une entreprise nouvellement fondée (International Nuclear Energy Development of Japan, JI-NED), dont le rôle est d'assurer la promotion à l'international de la technologie nucléaire japonaise [30]. Les communes des sites des centrales nucléaires reçoivent également des subventions de la part de l'Etat et des exploitants de centrales nucléaires, ce qui les rend durablement dépendantes [32].

Dans ce contexte, les opinions critiques concernant la sécurité nucléaire ont été insuffisamment prises en compte ou ignorées. C'est ainsi par exemple, selon des articles de presse, que des plaintes (dans le sens judiciaire) de la population contre les exploitants de centrales nucléaires concernant la sous-estimation du risque sismique ont été quasiment vouées à l'échec.

Hypothèse : insuffisance de la surveillance

L'équipe de la mission IRRS avait émis en 2007 plusieurs recommandations relatives à l'amélioration de la surveillance des installations déjà en service [8] :

- Le contrôle périodique de la sécurité (qui n'est exigé que depuis 2003) devrait faire l'objet d'un résumé écrit transmis à la NISA.
- La surveillance du vieillissement de systèmes et de composants ne devrait pas être exigée et évaluée par la NISA après 30 ans d'exploitation, mais exigée des exploitants dès les premiers contrôles de sécurité.

L'évolution des exigences et de la surveillance dans les domaines des Facteurs Organisationnels et Humains devrait être forcée. Contrairement au domaine technique, la mission de l'IRSS constatait qu'il n'existait en effet aucun critère clair de mise à l'arrêt dans les domaines de la gestion de l'exploitation et de l'organisation. Les anomalies alors soulignées par l'IRSS se révéleront peut être des facteurs contributifs de l'accident de Fukushima.

Des articles de presse mentionnent que la surveillance se cantonnait essentiellement au contrôle par la NISA des documents transmis par l'exploitant. La NISA n'a pas suffisamment vérifié la véracité des assertions des exploitants par l'exécution de ses propres contrôles et inspections. La mission IRSS considérait qu'il convenait de renforcer par des interactions régulières, les relations entre la NISA et les exploitants [8].

Compte tenu de l'accident de Fukushima Dai-ichi, la vérification insuffisante (voire superficielle) par les autorités de sûreté, des mesures de protection des installations contre les risques sismiques et de tsunamis doit être considérée comme une carence majeure de la surveillance. Le risque présenté par les tsunamis a notamment été évalué à l'aide de méthodes inappropriées qui n'ont pas été contestées par la NISA [2]. Selon certains articles de presse, les maigres documents transmis par l'exploitant sur les risques sismiques et de tsunamis n'ont pas fait l'objet d'un examen suffisamment critique par les autorités [33].

L'une des causes essentielles de l'acceptation par les autorités de l'état des dispositifs protégeant les sites contre les séismes et les tsunamis tient dans le manque d'exigences formelles décrites au niveau de la loi et des directives (guidelines).

En 2002, la Japan Society of Civil Engineers (JSCE) avait formulé des recommandations concernant le dimensionnement des protections contre les tsunamis. Mais celles-ci ne présentaient toutefois aucun caractère obligatoire pour les exploitants. L'exploitant disposait également du libre choix de la méthode d'évaluation des risques.

Les études fondées sur les analyses probabilistes de sécurité (PSA) n'étaient effectuées par les exploitants que sur la base du volontariat et n'ont pas été suffisamment étendues au cas des événements naturels exceptionnels [2].

Il convient également de noter que la délivrance d'autorisation de construction de nouvelles centrales nucléaires n'est pas subordonnée au respect par les exploitants demandeurs, d'exigences relatives aux accidents hors dimensionnement. Selon les exigences légales en vigueur, les accidents hors dimensionnement n'ont pas à être pris en compte car la sécurité de l'exploitation doit être garantie par le dimensionnement des installations et par des mesures de protection préventives. Le gouvernement prévoit de réviser intégralement la loi et les directives (guidelines) relatives à la sécurité nucléaire, y compris les mesures destinées à la maîtrise des accidents graves [2].

3.1.2 Facteurs humains

Outre la prise en compte des facteurs organisationnels déjà décrits, les paragraphes suivants traitent des phénomènes psychologiques et des comportements des acteurs concernés qui ont aussi pu jouer un rôle dans l'occurrence de la perte totale des sources électriques (station blackout SBO) après le séisme et le tsunami.

Ces deux domaines (Facteurs Organisationnels / Facteurs Humains) ne peuvent toutefois pas être nettement dissociés car ils sont intimement liés. Les phénomènes psychologiques jouent bien entendu un rôle important, aussi bien au niveau de l'individu qu'au niveau du groupe (et donc aussi au niveau de l'organisation). De même, les facteurs organisationnels décrits dans le paragraphe précédent sont également étroitement liés aux phénomènes psychologiques et comportementaux dans les organisations concernées

Hypothèse : sous-estimation des risques

Les risques sismiques et de tsunamis ont à l'évidence été sous-évalués. Ce fait est a posteriori incontesté et est confirmé, ne serait-ce pour ce qui est du risque de tsunami, aussi bien par l'AIEA [8] que par le gouvernement japonais [2]. Son estimation se fondait aussi sur des hypothèses erronées en ce qui concerne les magnitudes de séisme possibles sur le site. Le sismologue américain Robert Geller, qui enseigne à l'Université de Tokyo, avait exposé dans la revue scientifique *Nature* que les autorités japonaises se focalisaient sur le risque d'apparition d'un violent séisme sur la côte pacifique sud du Japon et avaient sous-estimé la possibilité qu'un séisme d'une telle violence puisse se produire au nord-est du pays [34]. De même, la hauteur maximale du front de lame d'un tsunami avait été nettement sous-estimée pour les sites côtiers (voir figure 4) [34].

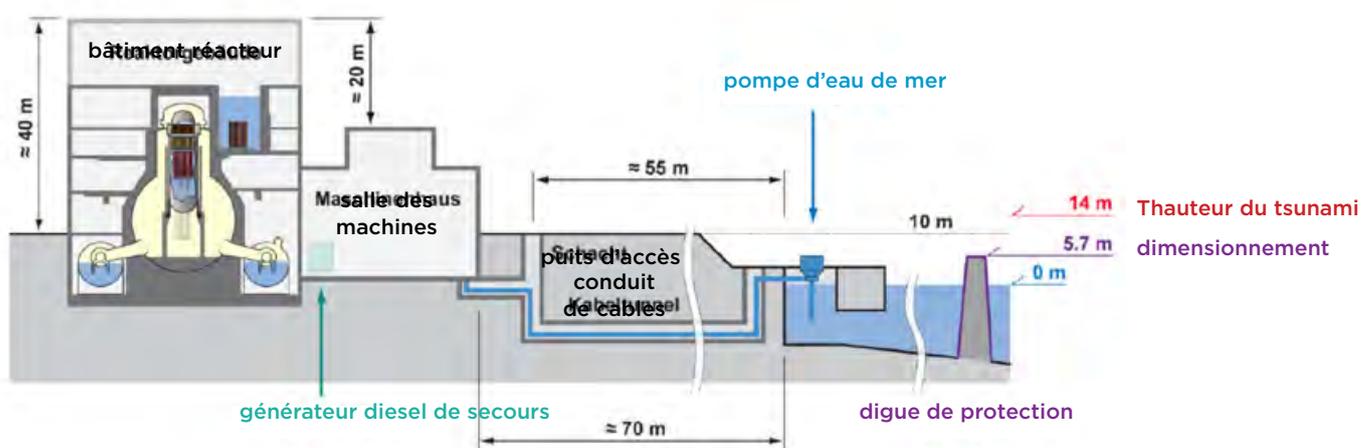


Figure. 4: Conception des installations de Fukushima Dai-ichi et hauteur effective du tsunami



Figure. 5: Les côtes du Japon sont truffées de centaines de bornes portant la mention :

- «Ne construis pas en dessous de cette borne !» ou
- «En cas de tremblement de terre, prends garde aux tsunamis !»

(Source : AP, Spiegel Online, 19 avril 2011)

Les experts et les médias voient cette sous-estimation du risque en relation directe avec les données et les méthodes utilisées au Japon par les exploitants et les autorités pour calculer et modéliser ces risques, et déplorent que les progrès réalisés au cours des dernières décennies dans les domaines de la sismologie et du calcul des risques n'aient pas été pris en compte [35],[36]. Ils critiquent par exemple que les méthodes de calcul utilisées n'ont pas tenu compte d'importants facteurs d'incertitude (par exemple zones de subduction encore non découvertes ou séismes extrêmes quoique très rares). De plus, ces calculs n'intégraient pas suffisamment de considérations probabilistes. Les calculs ont été en effet essentiellement fondés sur des données historiques, c'est-à-dire sur des événements sismiques et des tsunamis anciens documentés (voir figure 5).

Toutefois, ces données historiques n'ont paradoxalement pas été intégralement exploitées, mais seulement de manière sélective : il s'est en effet produit dans le passé au Japon des séismes et des tsunamis dont l'ampleur a dépassé les intensités maximales prises en compte pour le dimensionnement des installations de Fukushima Dai-ichi (par exemple la gigantesque onde de tsunami qui a suivi le tremblement de terre de Jogan en l'an 869). La conception des installations n'a pris en compte que des tsunamis qui se sont produits après 1896.

La sous-estimation des risques pourrait s'expliquer partiellement par l'incapacité de l'être humain d'estimer le risque à sa juste valeur. Mais dans le cas de l'accident de Fukushima, cette explication est trop faible. En effet, elle ne justifie pas que les risques révélés par la science et l'histoire n'aient pas été pris en compte, malgré leur évidence, a posteriori apparemment accablante. C'est pourquoi il paraît plus pertinent de considérer des mécanismes psychologiques subtiles mais fondamentaux qui aident l'être humain

à préserver ses convictions et ses actions et donc également son estime de soi. Ces mécanismes ne doivent pas être compris en première approche comme des insuffisances de la nature humaine, mais comme une partie de l'indispensable adaptation quotidienne et normale de l'être humain à son environnement, voire aux exigences qui lui sont imposées. Ils l'aident en tout état de cause à être et à rester capable d'agir, et lui permettent d'aboutir en général aux résultats recherchés. Néanmoins dans certaines situations, ces caractères fondamentaux de la nature humaine ont des effets pervers, et peuvent aboutir à des conséquences catastrophiques lorsqu'ils ne peuvent être compensés par des mesures organisationnelles et une culture appropriées. Il est donc très important que les organisations (exploitant, autorités, etc.) soient conscientes de ces mécanismes psychologiques et prennent des dispositions et des décisions d'ordre organisationnel appropriées pour détecter et compenser ces effets négatifs (potentiels) de l'activité humaine ou encore mettent à la disposition des êtres humains des conditions d'action favorables.

Dans les développements ci-après, quelques-uns de ces mécanismes psychologiques sont examinés, qui du point de vue actuel, peuvent avoir joué un rôle dans la genèse de l'accident de Fukushima.

Hypothèse : insuffisance de prise en compte des mises en garde et des faits

Comme expliqué plus haut, toute une série de faits documentés et (potentiellement) connus, mais également des mises en garde de quelques experts et organismes, n'ont pas été pris en compte. Ces faits n'ont pas été intégrés à la conception puis à la mise à niveau des installations nucléaires et n'ont également pas été suffisamment pris en compte par les autorités qui les ont répercutés de manière insuffisante dans la réglementation et dans les activités de surveillance.

Par exemple en 2005, le Professeur Katsuhiko Ishibashi de l'Université de Kobe mettait en garde une commission parlementaire contre les effets de séismes et de tsunamis concernant la centrale nucléaire d'Hamaoka (qui a provisoirement été mise à l'arrêt à la suite de l'accident de Fukushima, sur instruction du Premier ministre afin d'en permettre la mise à niveau). Il démontrait dans une expertise le déroulement probable d'un accident suite à un séisme et au tsunami qui allait en résulter. Ce scénario correspond, selon des articles de presse, au déroulement des événements survenus à Fukushima à partir du 11 mars 2011 [37]. Un géologue japonais avait apparemment aussi mis en garde le gouvernement contre le déclenchement probable d'un violent séisme suivi d'un important tsunami au nord-est du Japon. Le METI avait récusé les données présentées et TEPCO n'avait également rien entrepris pour améliorer la protection des installations de Fukushima contre les effets d'un tsunami de grande ampleur. Il était prévu de présenter les résultats des recherches de ce géologue à des représentants de la centrale nucléaire de Fukushima quelques jours après le séisme et le tsunami [37].

Pourquoi de telles mises en garde n'ont-elles rencontré aucun écho ?

Il convient de partir du principe que des mécanismes de refoulement psychique, de rationalisation ou de perceptions sélectives ont abouti à ce que des connaissances et des données nouvelles ou démontrées (scientifiquement) soient ignorées, minimisées ou réinterprétées afin qu'elles ne puissent pas remettre en cause des décisions prises précédemment, ainsi que l'exploitation de certaines centrales nucléaires. Par exemple, il a été découvert au cours des décennies passées, des failles géologiques actives à proximité de certaines installations. Les exploitants de ces installations ont dans un premier temps eu tendance à ne pas mesurer

toute la portée de ces découvertes. Il est cité un cas pour lequel l'exploitant a dû réviser plusieurs fois à la hausse la longueur d'une nouvelle faille récemment mise en évidence à proximité de son installation. Lorsqu'il a enfin reconnu toute la portée des découvertes scientifiques relative à cette faille, cet exploitant a finalement déclaré que son installation avait été conçue pour résister à un séisme déclenché par ladite faille [31].

Un autre exemple d'un tel processus de rationalisation est rapporté par des journalistes d'Associated Press [36]. En 2007, deux collaborateurs de TEPCO associés à trois chercheurs externes expliquaient dans la revue *Pure and Applied Geophysics* leur approche de l'évaluation du risque de tsunami pour les centrales nucléaires japonaises. Ils recommandaient que les installations soient dimensionnées pour résister à des tsunamis de plus grande ampleur (citation : «at the site among all historical and possible future tsunamis that can be estimated»). Toutefois, ils relativisaient cette déclaration en excluant de fait tous les tsunamis subis avant 1896, car selon eux, les données documentées pouvaient ne pas être fiables du fait de «misreading, misrecording and the low technology available for the measurement itself». Ils concluaient : «Records that appear unreliable should be excluded». [35]

Un autre signe des processus de rationalisation et de déni est fourni par la tendance à confirmer les résultats et les déclarations initiales par de nouveaux calculs. Ainsi à partir de nouveaux calculs réalisés quelques mois avant l'accident de Fukushima, TEPCO concluait qu'à Fukushima Dai-ichi, une onde de tsunami ne dépasserait pas la cote de 5,7 m. Un ingénieur du génie civil de TEPCO affirmait par exemple : «We assessed and confirmed the safety of the nuclear plants». [35]

Un autre exemple de déni face à de nouvelles données et aux exigences plus sévères qui en découlent, a été évoqué par le *New York Times* [35]. Lorsque les autorités ont commencé à exercer une plus grande pression concernant la résistance parasismique des installations suite au séisme de Kobe de 1995, les exploitants focalisés sur l'achèvement d'une douzaine de nouveaux réacteurs se sont opposés à l'adoption de prescriptions plus sévères. Ils se sont ainsi dérochés à la pression des autorités en décidant par exemple de ne pas envoyer de représentants aux réunions sur le thème Séisme organisées par la Nuclear Safety Commission of Japan (NSC).

Du côté des autorités, on constate également une attitude réticente vis-à-vis des recommandations internationales. En particulier, il apparaît que les recommandations de la mission IRRS de 2007 n'ont été appliquées qu'avec hésitation. De plus, la mission de suivi pour s'assurer de la prise en compte des recommandations initialement prévue pour février 2010 avait été repoussée. D'après ce que l'on sait actuellement, aucune invitation n'a encore été adressée à l'AIEA pour cette visite et aucune date définitive n'a été fixée [11].

Hypothèse : pensée de groupe/group think

Les phénomènes organisationnels décrits ne doivent pas être seulement considérés comme un mécanisme de défense individuel, mais doivent aussi faire l'objet d'une réflexion sur le plan collectif, c'est-à-dire au niveau des organisations (exploitants, autorités de surveillance, instances politiques et juridiques, etc.) et de la société dans son ensemble. Dans un environnement sociétal et politique où la promotion de l'utilisation de l'énergie nucléaire tient une place importante,

les connaissances ainsi que les arguments s'opposant à cet objectif courent un risque accru d'être refoulées. Ceci s'illustre par exemple par le fait que les plaintes déposées par la population qui tentent juridiquement de s'opposer aux exploitants de centrales nucléaires pour des défauts techniques de sécurité n'ont pratiquement aucune chance d'être recevables par les tribunaux [31]. Il convient également de partir du principe qu'une autorité de surveillance qui ne dispose que de peu de moyens d'action et qui doit fonder ses décisions sur une réglementation qui ne couvre pas certaines exigences cruciales, ne fait que favoriser de telles tendances.

Les phénomènes décrits doivent donc être aussi considérés sous des perspectives socio-psychologiques. De nouvelles connaissances et mises en garde adressées de l'extérieur à des collectifs (organisations) peinent à être acceptées comme telles. Bien connu en sociopsychologie sous le nom de «group think», le phénomène décrit par le psychologue Irving Janis peut fournir une explication possible. Ce concept explique comment des groupes peuvent, dans certaines conditions, prendre des décisions manifestement erronées et totalement déraisonnables qu'aucun membre du groupe n'aurait jamais prises seul [10].

Compte tenu des informations disponibles à l'heure actuelle, il n'est pas possible d'évaluer à titre définitif si des processus de «group think» ont effectivement joué un rôle dans les décisions prises avant l'accident de Fukushima (ou une fois que l'accident s'est produit). Des déclarations telles que citées ci-après par le président de la Nuclear Safety Commission of Japan paraissent toutefois indiquer que de tels processus ne peuvent a priori pas être exclus. «He said the guidelines [il s'agit là des Regulatory Guidelines de la NSC sur la conception de centrales

nucléaires, note de l'auteur] were not revised because experts on nuclear power generation are an enclosed group and they tend to avoid vigorous discussions and uncomfortable subjects» (les experts de l'industrie nucléaire japonaise forment un petit cercle fermé qui tend à éviter toutes discussions ou remises en cause dérangeantes) [39].

3.2 Gestion de l'accident

Question 2 : Pourquoi en est-on arrivé à l'endommagement des assemblages combustibles et à la défaillance de toutes les barrières de sécurité, avec pour conséquence des rejets massifs de radioactivité dans l'environnement ?

3.2.1 Facteurs organisationnels

3.2.1.1 Gestion de la maintenance et des situations d'urgence par l'exploitant

Hypothèse : gestion défaillante de la maintenance

A Fukushima Dai-ichi, un test d'étanchéité de l'enceinte de confinement de la tranche 1 avait été réalisé en 1991/92 en modifiant les conditions prévues notamment par un apport d'air supplémentaire [2]. Il ne peut pas être déterminé a posteriori si cela a pu avoir une influence négative sur le fonctionnement des systèmes de sécurité. Il en est de même pour les 33 éléments non contrôlés, signalés par TEPCO selon des articles de presse, uniquement après avoir obtenu des autorités de surveillance, l'autorisation de prolonger l'exploitation de la centrale. Peu avant l'accident, la NISA avait alors reproché à TEPCO, une gestion déficiente de la maintenance et avait exigé de l'exploitant la présentation avant le 02/06/2011, d'un nouveau plan de maintenance [29] (voir également chap. 3.1.1.1).

Hypothèse : retards dans les décisions

Compte tenu du déroulement des événements [1], il est évident que les moyens d'introduction d'eau de mer dans la tranche 1 étaient techniquement prêts bien avant que l'opération ne débute effectivement. Il n'a pas pour l'instant été possible de déterminer si l'ordre a été retardé et le cas échéant qui serait responsable de ce retard. Selon des

communiqués de presse [41], la direction de TEPCO aurait interdit l'injection d'eau de mer dans la cuve sous pression de réacteur, sur la base de son interprétation de l'attitude correspondante des autorités. Toutefois, le directeur de l'installation aurait ordonné cette injection sur place, de sa propre initiative (soit pour la tranche 1, environ 28 heures après le tsunami). Le gouvernement japonais confirme également [2] que le directeur de Fukushima a ordonné cette mesure et qu'une certaine confusion a régné dans la chaîne décisionnelle entre le gouvernement et TEPCO. D'autres articles de presse rapportent également que le Premier ministre n'avait pas obtenu toutes les informations nécessaires pour prendre une décision. Or, au lieu de communiquer ces informations, TEPCO a tenté de minimiser l'accident. Le Premier ministre, très méfiant vis-à-vis de ce système d'exploitants puissants et d'autorités loyales, n'aurait pas voulu utiliser les voies de communication et les processus décisionnels prévus en pareil cas [41]. Tout ceci a pu entraîner des retards dans le processus de décision.

Hypothèse : plan d'urgence insuffisant

Le plan d'urgence disponible avec ses prescriptions d'urgence en matière de gestion d'accidents graves, les «Severe Accident Management Guidelines» (SAMG), a probablement exercé une influence directe sur la maîtrise de l'accident au sens de la prévention de la fonte des réacteurs et de l'émission de substances radioactives.

Ce plan d'urgence («Emergency Action Plan») existait certes à Fukushima Dai-ichi, mais ne prenait pas suffisamment en compte un accident de cette ampleur.

Même si certaines mesures de gestion d'accident ont fonctionné (injection manuelle d'eau au moyen de manches à incendie), le plan d'urgence s'est finalement révélé largement défaillant [2].

Différents éléments ont contribué à cet échec [2] :

- procédures d'urgence insuffisantes en ce qui concerne les mesures de gestion d'un accident grave (severe accident management) ;
- plan de communication défaillant entre la direction de TEPCO hors site (off site head office), la direction locale sur site et les autorités gouvernementales ;
- les secours d'urgence nationaux extérieurs (troupes de sauvegarde avec tout leur soutien logistique n'ont pu intervenir sur place qu'avec un important retard ;
- prise en compte insuffisante de la probabilité de destruction simultanée d'importantes parties des infrastructures dans la région proche et mauvaise approche de la disponibilité de moyens lourds pour la mise en œuvre des mesures de gestion d'un accident grave (voir figure 6) ;
- manque de personnel formé à la maîtrise d'un accident de cette ampleur et de cette durée ;
- entraînement insuffisant, dans le cadre d'exercices d'urgence périodiques, du personnel de l'état-major d'urgence pour faire face à un accident de cette ampleur et de cette durée.

Hypothèse : non-disponibilité, voire sollicitation excessive du personnel lors de l'application des mesures de gestion d'un accident grave

Une difficulté particulière est apparue sur le site comportant plusieurs tranches compte tenu des défaillances qui ont frappé simultanément plusieurs réacteurs. Il a fallu faire

face à l'insuffisance de personnels qualifiés qui ne pouvaient pas intervenir simultanément sur tous les réacteurs accidentés. Outre la séparation technique des tranches, il apparaît donc judicieux de prévoir des organisations indépendantes pour faire face à un état d'urgence sur plusieurs réacteurs [2].



Figure 6: Etendue des destructions ici de la tranche 4 de Fukushima-Daiichi (source: n-tv online, dimanche 24 avril 2011) et état des routes à proximité de la côte (source: rp-online)

3.2.1.2 Le cadre des mesures d'urgence et planification par les autorités de ces mesures

Hypothèse : déficits en matière de surveillance des mesures d'urgence ainsi que dans la législation et la réglementation de référence

Les mesures de maîtrise d'accidents graves ont été élaborées par TEPCO en 2002 et ceci sur une base volontaire. Les directives correspondantes datent de 1992 et n'ont été actualisées qu'une seule fois en 1997 [12]. Le développement insuffisant des mesures d'urgence est en particulier imputable au manque d'exigences légales contraignantes dans l'Act on Special Measures Concerning Nuclear Emergency Preparedness [2].

Hypothèse : négligences dans la planification des interventions d'urgence du ressort des autorités

La préparation des autorités pour faire face à un accident de cette ampleur était également insuffisante. Le poste de commandement de secours sur site (Local Nuclear Emergency Response Headquarter, NERHQ) n'était pas utilisable du fait du manque de protection contre les radiations et de l'absence d'infrastructure, si bien qu'il a fallu créer un tel poste sur un site extérieur, à proximité de la centrale [2].

De plus, de nombreuses difficultés ont été rencontrées dans l'établissement des communications entre le NERHQ local, le NERHQ, les bureaux du Premier ministre, la direction de TEPCO (head office) et la direction d'exploitation de TEPCO sur place. Outre la défaillance initiale des moyens de communication, cet état de fait est en parti-

culier dû à l'imprécision des procédures d'urgence et à la confusion ayant ainsi régné en matière de rôles et responsabilités.

Du fait du manque de structures adéquates, le gouvernement japonais n'a pas été en mesure de coordonner efficacement l'aide internationale proposée ce qui n'a donc pas permis sa mise en œuvre rapide [2].

3.2.2 Facteurs humains

Hypothèse : conditions de travail difficiles pour le personnel

A la suite du séisme et du tsunami, le personnel de Fukushima Dai-ichi a dû travailler (et travaille probablement encore partiellement aujourd'hui) dans des conditions extrêmement difficiles. On ne dispose certes pas encore de nombreuses informations fiables sur les conditions de travail sur place, mais les images progressivement publiées par les médias sont très parlantes.

Pénibilité accrue des conditions de travail physiques :

Les conditions physiques régnant sur place ont rendu difficiles la gestion de la situation d'urgence et les interventions des opérateurs. Du fait de la panne électrique totale, de nombreux secteurs des installations (même dans les salles de commande) ont été plongés dans l'obscurité totale ou partielle (voir figure 7); l'instrumentation était partiellement hors d'usage ou les informations disponibles n'étaient pas fiables, tandis que les communications au sein du site et vers l'extérieur étaient très difficiles. L'accès aux systèmes et aux locaux n'était que partiellement possible du fait de la présence de débris, de portes endommagées, d'installations et de locaux noyés, du risque d'explosion, etc. De plus, les conditions d'environnement telles que par exemple des débits de dose élevés dans certains locaux, le bruit, la chaleur, le taux d'humidité important de l'air ont

rendus les travaux encore plus pénibles. Il a été relaté des cas de déshydratation et de coups de chaleur du fait d'un travail prolongé en combinaison de protection intégrale sans réfrigération [13]. Il existait (et il subsiste toujours) un risque d'atteinte à la santé du personnel, notamment du fait d'expositions prolongées au rayonnement radioactif. Par exemple, le poste de commandement de secours local était initialement insuffisamment protégé contre l'introduction de substances radioactives, ce qui a abouti, pour au moins une personne, à un dépassement inadmissible de la dosimétrie [14]. La santé des ouvriers sur place a été et reste menacée par la présence sur le site de décombres hautement radioactifs [15]. Il a enfin été rapporté qu'au début de l'application des mesures d'urgence, il n'a pas été possible d'équiper tout le personnel de dosimètres et d'équipements de protection appropriés (notamment de masques) [16]. Ces conditions aggravantes ont rendu extrêmement difficile l'application des mesures d'urgence prévues.

Pénibilité accrue des conditions de travail psychiques :

Les contraintes psychiques dans lesquelles le personnel présent sur place a dû travailler ont vraisemblablement été au moins aussi pénalisantes que les conditions physiques [42]. Bien que rien n'ait jusqu'à présent été confirmé par les services officiels ou par la presse, il convient de partir du principe qu'une partie du personnel était en état de choc après la secousse sismique qui a duré 90 secondes et au plus tard après la submersion du site par le tsunami. A cela s'est ajoutée pour de nombreux collaborateurs l'angoisse concernant le sort de leurs familles. Les opérateurs présents n'avaient en effet aucune possibilité de joindre leurs proches et devaient supposer qu'ils avaient pu être victimes du tsunami ou du séisme. Les médias ont évoqué certains destins tragiques de



Figure 7: Arbeiten bei totalem Stromausfall und hoher Strahlenbelastung (Quelle: T-online Nachrichten, 24.03.2011; Weltexpressinfo online, 25.03.2011)

collaborateurs qui sont restés sur place, bien qu'ils savaient que le tsunami avait entraîné des décès dans leurs familles [42]. Enfin, le personnel a dû faire face au choc causé par le décès de plusieurs de leurs camarades de travail. Deux d'entre eux ont été noyés par l'irruption des flots dans l'installation et leurs corps ont été retrouvés dans la salle des machines de la tranche 4, à la fin mars [17].

Les conditions dans lesquelles le personnel a dû travailler ont été extrêmement pénibles et ceci vraisemblablement sur une période prolongée. Des articles de presse ont mentionné qu'en particulier au tout début de l'accident, l'approvisionnement du personnel en vivres était insuffisant. Il a été rapporté que dans les premiers jours, 500 collaborateurs ont dû dormir dans un lycée proche, les uns à côté des autres sur des tatamis sans pouvoir prendre de douches et qu'ils ne disposaient que de maigres rations alimentaires [43]. La relève du personnel a vraisemblablement été impossible sur une longue période, du moins dans les jours qui ont suivi l'accident, ce qui ne peut avoir abouti qu'à des états de fatigue, voire à des états d'épuisement [42]. La réalisation des mesures d'urgence a en outre été rendue difficile par la pénurie de personnel.

La nécessité pour le personnel sur place de prendre des décisions et d'agir sans même connaître l'état réel des installations a sans aucun doute constitué un facteur de contrainte psychique supplémentaire (lire aussi plus bas). Il faut bien considérer que la situation pour le personnel sur place est devenue de plus en plus désespérée au fil du temps, du fait de la survenue répétée d'événements nouveaux inattendus et de l'échec de nombreuses actions entreprises. Le personnel a aussi dû lutter contre les événements quasiment simultanément sur chaque tranche et a dû ressentir au fil du temps un sentiment de perte de contrôle de la situation dans les installations.

Si l'on songe aux contraintes physiques et psychiques décrites qui ont duré des semaines et qui durent partiellement encore aujourd'hui, on ne peut qu'en déduire que le personnel sur place a réalisé quasiment l'impossible et a fait preuve d'un comportement quasi surhumain, quel qu'avaient été les succès ou échecs rencontrés par ailleurs dans la maîtrise de l'accident ou de ses conséquences. Des rumeurs selon lesquelles du personnel aurait fui les installations après la secousse sismique et le tsunami sont largement réfutés dans la presse. Sur un effectif de près de 900 personnes présentes à Fukushima Dai-ichi, peu de personnes ont quitté le site pour s'enquérir du sort de leurs familles. La très grande majorité est restée sur place.

L'évacuation du personnel le 14 mars 2011 jusqu'à un effectif réduit de 50 personnes a été officiellement ordonnée par TEPCO. TEPCO a même demandé au Premier ministre l'autorisation d'évacuer la totalité du personnel. Cette demande a toutefois été refusée avec véhémence par le Premier ministre

[41]. Les effectifs du personnel présent sur place ont été en suite à nouveau renforcés pour permettre l'exécution des interventions nécessaires. L'IFSN ne dispose pas encore d'informations précises sur le nombre de personnes actives sur place dans les jours qui ont suivi l'évènement..

Hypothèse : perception insuffisante de la situation

Il convient de partir du principe que le personnel sur place ne disposait dans de nombreux domaines, d'aucune connaissance précise de la situation réelle et de l'état de l'installation [44]. Ceci a probablement entraîné, du moins pendant un certain temps, de fausses estimations de la situation. La première de ces erreurs d'estimation s'est probablement produite quelques minutes après la secousse sismique, après que l'institut météorologique japonais a lancé une première alerte de tsunami en évoquant une hauteur de front de lame d'au moins trois mètres («Major Tsunami») [18]. Sur la base de cette alerte qui ne permettait pas une estimation précise de l'ampleur réelle du tsunami qui allait affecter le site, le personnel de Fukushima Dai-ichi a vraisemblablement dû considérer qu'il n'y avait pas lieu de prendre de mesures techniques particulières et ne s'en est probablement pas vraiment inquiété. Le fait également que le plan présenté par TEPCO dans une première version sur la reprise en main de la situation à la centrale a dû être revu très rapidement et que le moment estimé de l'entrée en fusion du cœur de la tranche 1 a dû être corrigé [45] laissent à penser que l'évaluation correcte de la situation de l'installation restera pour longtemps très compliquée.

Pour toute une série de thèmes, il est toujours impossible d'émettre de constats compte tenu du peu d'informations disponibles. Il est ainsi encore impossible d'évaluer si le comportement du personnel en matière de planification et d'exécution des mesures d'urgence a été adapté. Il reste par ailleurs également impossible de dire si les prescriptions existantes ont été suivies. Malgré tout, il est d'ores et déjà possible de retenir que les conditions évoquées ci-dessus ont dû considérablement pénaliser la gestion de la situation d'urgence. L'accident de Fukushima Dai-ichi confirme de manière exemplaire que la gestion d'une situation d'urgence ne doit pas être considérée comme une pure affaire technique qui se limiterait à la disponibilité de mesures et de moyens techniques. Les contraintes physiques et psychiques ainsi que les conditions organisationnelles générales dans lesquelles le personnel doit agir dans une situation d'urgence doivent également être prises en compte.

3.3 Conséquences de l'accident

Question 3 : Pourquoi en est-on arrivé à l'exposition des personnels des installations et de la population, ainsi qu'à la contamination de l'environnement ?

3.3.1 Facteurs organisationnels

3.3.1.1 Mesures de protection du personnel et des équipes de secours

Hypothèse : mesures de protection insuffisantes pour le personnel d'exploitation et les équipes de secours

Bien que les autorités aient relevé la valeur limite de dose admissible de 100 à 250 mSv pour les personnes exposées aux rayonnements dans l'exercice de leur profession et engagés dans les opérations de maîtrise de l'accident, il est possible que deux personnes aient été irradiées au-delà de la valeur limite autorisée avec une dose d'exposition du corps entier estimée entre 200 et 580 mSv [19]. Ces dépassements possibles de la dose d'irradiation du corps entier, qui se compose de l'exposition au champ de radiations et l'incorporation de substances radioactives (essentiellement de l'iode radioactif) peuvent constituer une indication sur l'insuffisance des mesures de protection du

personnel prises au début de l'accident. Des masques de protection intégraux avec filtres au charbon actif auraient empêché l'inhalation d'iode 131 qui a contribué notablement à la dose d'irradiation du corps entier.

Une contamination grave de personnes s'est produite le 24/03/2011 pour deux collaborateurs engagés dans la salle des machines de la tranche 3. La protection insuffisante a entraîné le contact direct des pieds et des jambes de ces deux personnes avec de l'eau contaminée par des sources bêta, et l'absorption d'une dosimétrie jusqu'à 3 Sv. La grande incertitude affectant les indications de doses conduit l'IFSN à estimer que de sérieuses difficultés ont été rencontrées en matière de surveillance de la dosimétrie du personnel.

Les organisations de santé japonaises ont critiqué le manque de surveillance radiologique du personnel d'exploitation et des équipes de secours, de même que le relèvement de 100 à 250 mSv de la dose limite annuelle maximale absorbable par le corps entier [20].

Ces lacunes de la surveillance dosimétrique du personnel s'expliquent par la destruction de nombreux dosimètres personnels lors de l'inondation des installations et par les difficultés initialement rencontrées pour mesurer les radiations sur le site [2]. Vraisemblablement, ni les autorités locales, ni les autorités des ministères n'avaient été suffisamment préparés pour mesurer la dosimétrie en local et la concentration de la radioactivité dans l'air. L'IFSN n'a pas réussi à déterminer les raisons des indications trop fragmentaires des débits de dose locaux fournies par l'exploitant et de l'absence de données de mesure issues d'autorités indépendantes.

3.3.1.2 Information et mesures de protection pour la population

Hypothèse : information insuffisante de la population

Bien que l'évacuation de la population dans un rayon proche de l'installation ait été rapidement décidée par les autorités, de nombreuses critiques ont été émises en ce qui concerne l'information insuffisante de la population et des autorités locales pour une zone (plus étendue) sur l'évolution probable de l'accident et ses effets en matière d'exposition radiologique de la population. Au cours de la phase aiguë de l'accident, la population n'a pas été suffisamment informée du risque d'exposition à un rayonnement direct et d'ingestion de substances radioactives. Elle n'a pas non plus reçu d'instructions sur les mesures de protection individuelles à adopter. Toutes ces carences sont imputables entre autres aux difficultés organisationnelles mentionnées ci-après ainsi qu'à l'indisponibilité des moyens de communication qui avaient été détruits [2].

Hypothèse : insuffisance des mesures de protection pour la population

Au début de l'accident, il n'était pas clair qui était responsable de la protection d'urgence des populations. Ceci essentiellement à cause de la structure complexe des différentes organisations impliquées dans la surveillance [2].

Même si l'évacuation de la population autour des installations de Fukushima Dai-ichi s'est effectuée rapidement, les zones d'évacuation n'ont pas été suffisamment adaptées à la contamination radiologique qui régnait localement. Tout au début, les mesures décidées n'ont pas tenu compte des Guidelines de la Commission Internationale de Protection Radiologique (CIPR) et de l'AIEA [2]. L'évacuation tardive du village d'Iitate situé au nord-ouest de Fukushima Dai-ichi en dehors du rayon de 30 km en est un exemple.

La détermination des zones à évacuer ne s'est pas non plus effectuée, immédiatement suite à l'évènement, selon les calculs de dissémination du système SPEEDI (System for Prediction of Environmental Dose Information) pourtant prévu pour tenir ce rôle [2].

Pour réaliser les mesures corporelles radiologiques prévues sur la population concernée (soit près de 200 000 personnes) afin de détecter d'éventuelles incorporations dues à l'inhalation ou à l'ingestion de substances radioactives, les unités de contrôle de la province de Fukushima ne disposent en tout et pour tout que d'un unique appareil permettant d'ausculter une dizaine de personnes tout au plus par jour [21].

3.3.2 Facteurs humains

Hypothèse : connaissance insuffisante de la situation radiologique et erreurs imputables au stress

Ainsi que mentionné dans le paragraphe précédent sur les facteurs contributifs du domaine de l'organisation, il est possible de déduire des rapports (même encore incomplets) sur les expositions radiologiques des personnels, que plusieurs personnes ont été irradiées au-delà des valeurs limites admissibles. Il est évoqué dans des déclarations officielles, que cela est imputable entre autres, au nombre insuffisant de dosimètres électroniques immédiatement disponibles, aux défaillances affectant l'enregistrement des mesures ainsi qu'aux grandes difficultés rencontrées lors des mesures radiologiques sur le site dans les premiers jours suivants l'accident. Pour les collaborateurs d'une entreprise extérieure qui ont été contaminés aux jambes par de l'eau radioactive le 24 mars 2011, il faut également présumer que ces surdoses sont dûes à la méconnaissance probable par ces ouvriers de la situation radiologique réelle des installations et/ou aux défaillances dans leur évaluation de l'exact état de cette situation. TEPCO suppose que ces ouvriers travaillaient sur la base de mesures radiologiques réalisées la veille et qu'ils

n'ont pas perçu l'évolution de leurs conditions de travail malgré l'alarme émise par leurs dosimètres [22].

Le 13 juin 2011, un autre exemple de dépassement dosimétrique a été constaté qui aurait pu être évité : un collaborateur travaillant à proximité du bâtiment du réacteur de la tranche 2 s'est rendu compte, après avoir travaillé pendant deux heures en zone fortement contaminée, qu'il avait oublié de disposer un filtre sur son masque de protection intégral [23] même si cet oubli s'est finalement révélé sans conséquence majeure du fait de la prise d'une dose de l'ordre de 0,5 mSv.

Bien que les cas cités d'expositions radiologiques, de contaminations et d'ingestions n'ont concerné que quelques personnes, il est nécessaire de les prendre en compte dans l'analyse. Dans une perspective individuelle, il convient de partir du principe que dans telles situations de stress des erreurs sont

possibles. Dans les cas cités, les alarmes émises par les dosimètres ont par exemple été ignorées ou l'opérateur a oublié de monter le filtre à charbon actif sur son masque.

Mais comme il convient de partir du principe, et tout particulièrement dans les conditions dans lesquelles le personnel a travaillé pour maîtriser l'accident de Fukushima, que des erreurs sont commises de facto, il est impérativement nécessaire de prendre en compte dans les cas cités d'expositions radiologiques, de contaminations et d'ingestion, les aspects organisationnels. Ce faisant, il est nécessaire de vérifier si les personnels travaillant pour TEPCO ou d'autres organisations ainsi que pour les unités de secours, étaient suffisamment formés et s'ils avaient été suffisamment préparés aux différentes tâches qui leur ont été confiées. TEPCO assure dans le cas des trois collaborateurs contaminés le 24 mars 2011 que son propre personnel et les intervenants extérieurs avaient reçu une instruction approfondie pour reconnaître une alarme dosimétrique [22]. Mais l'IFSN n'est actuellement pas en mesure de déterminer si ces personnes avaient déjà travaillé auparavant en contact avec de substances radioactives et si elles avaient bien assimilé la formation reçue. Il paraît donc tout à fait légitime de se poser la question de la pertinence des mesures prises dans le cadre organisationnel en matière de radioprotection des collaborateurs, de formation générale, de préparation spécifique (par exemple dans le cadre de «pre-job briefings») aux tâches à accomplir, mais aussi

d'étudier si l'organisation de la protection radiologique sur place était adaptée à la maîtrise d'un accident de cette ampleur. Dans ce contexte, il convient d'insister tout particulièrement sur la nécessité de définir des mesures d'ordre organisationnel adaptées aux caractéristiques du comportement humain (notamment dans des situations extrêmes).

Dans le cadre d'autres enquêtes et d'analyses à venir sur l'accident de Fukushima, il est probable que les autorités japonaises et internationales, ainsi que l'exploitant TEPCO, approfondiront la question de la formation et de la préparation du personnel.

4 Conclusions

Les données présentées dans le présent rapport doivent être considérées comme des résultats provisoires de l'analyse. L'analyse complète prendra encore des mois ou des années avant de pouvoir tirer tous les enseignements de l'accident et de les appliquer. Une grande partie des facteurs contributifs probables identifiés jusqu'à présent présente le caractère d'hypothèses. Ceci tient d'une part à la difficulté toujours actuelle de vérifier intégralement la fiabilité et la pertinence des informations recueillies, ceci tout particulièrement dans les domaines organisationnels et humains, radioprotection comprise. Une part non négligeable des informations jusqu'à présent disponibles a été recueillie dans des articles de presse dont la véracité et l'exhaustivité n'ont pas pu être entièrement vérifiées à ce jour. Il convient aussi de s'attendre à ce que toutes les informations ne soient pas validées par des rapports officiels. Il sera d'autre part certainement difficile de vérifier toute une série d'hypothèses notamment toutes celles relatives aux décisions prises avant l'accident, dans la mesure où il se peut qu'aucun lien causal direct ne puisse être établi entre les différents événements passés (par exemple indisponibilité de systèmes du fait d'une maintenance défectueuse) et l'accident. L'accident ne pourra être expliqué que par un ensemble très spécifique d'événements et de circonstances et leur concomitance particulière, et non pas par des enchaînements causaux linéaires d'événements et de circonstances. Le rôle exact de chaque facteur contributif individuel identifié dans la genèse de l'accident ne pourra donc pas être définitivement prouvé.

L'analyse de l'IFSN permet néanmoins de dégager les éléments suivants :

- Les facteurs contributifs probables identifiés jusqu'à présent concernent les domaines technique, organisationnel et humain, avec de nombreux liens et interactions entre eux. Ceci vaut pour la genèse de l'accident, sa gestion et ses conséquences. Le présent rapport met l'accent sur les domaines organisationnel et humain.
 - Les facteurs contributifs probables identifiés dans les domaines organisationnel et humain concernent aussi bien l'exploitant (TEPCO) que les instances politiques et les autorités de tutelle.
 - Les aspects organisationnels relatifs à la culture de sécurité de l'exploitant TEPCO et les défaillances structurelles du système global de surveillance nucléaire au Japon, de même que les mécanismes psychiques fondamentaux qui sont à la base des comportements humains, contribuent à éclairer les défaillances techniques qui ont permis que l'accident se produise.
 - Les aspects humains et organisationnels de la gestion des situations d'urgence en relation avec la gestion de l'accident (par exemple déroulement des opérations de secours, procédures, circuits de décision et de communication, formation et emploi du personnel, etc.) revêtent un aspect essentiel. L'influence sur les capacités du personnel des conditions de travail physiques et psychiques difficiles en situation d'urgence doit faire l'objet de réflexions approfondies et doit être prise en compte lors de la planification des opérations d'urgence assurées tant par les exploitants de centrales nucléaires que par les autorités de surveillance (sur la base de scénarios extrêmement pénalisants).
- Pour ce qui est des prochaines étapes de l'analyse, il importe de poursuivre les réflexions sur l'occurrence des facteurs contributifs identifiés et donc sur les mécanismes et phénomènes qui ont pu les susciter. L'accident de Fukushima est en particulier dû à une erreur de dimensionnement des installations. C'est pourquoi il est important de soumettre la conception des centrales nucléaires suisses à un nouvel examen critique à l'aune des enseignements tirés au Japon. Mais au-

delà de la simple vérification de la conception des centrales nucléaires, il convient aussi de s'interroger sur l'origine des défaillances de conception des installations japonaises qui n'ont pas fait l'objet de mises à niveau suffisantes tout au long de plusieurs décennies d'exploitation. Les facteurs contributifs probables identifiés dans le présent rapport dans les domaines organisationnel et humain apportent déjà une contribution essentielle à la prise en considération différenciée des circonstances complexes qui ont abouti à l'accident de Fukushima ou ont influencé son évolution. La recherche d'explications doit donc faire l'objet de réflexions encore plus approfondies sur les mécanismes fondamentaux humains et organisationnels qui sont à la base des comportements, des négligences et des erreurs décrits dans le présent rapport. Le rapport présente déjà une approche indicative de tels mécanismes. Pourquoi n'a-t-on pas détecté plus tôt les défaillances de conception des installations et du système de surveillance qui apparaissent si évidentes a posteriori ? Pourquoi les installations de Fukushima n'étaient-elles pas mieux protégées contre les tsunamis, bien qu'il soit reconnu que des tsunamis de grande ampleur avaient déjà par le passé, causés d'importantes destructions au Japon ? Pourquoi l'exploitant et les autorités n'étaient-ils pas mieux préparés à la maîtrise d'un tel accident ?

Se contenter d'attribuer aux différents acteurs de la chaîne décisionnelle de l'irresponsabilité ou de volontaires négligences est incontestablement trop rapide. Il convient en effet de partir du principe que des mécanismes fondamentaux humains et organisationnels (behaviour shaping mechanisms, [25]) ont joué un rôle non négligeable. Ils peuvent entraîner des conséquences très importantes et aboutir à ce que des faits qui apparaissent a posteriori comme évidents peuvent être méconnus, refoulés ou rationalisés. Il est également possible qu'il se soit progressivement produit des ajustements dans les perceptions et les pratiques, qui se révèlent

être a posteriori des écarts de grande ampleur, mais qui ont été très difficiles à détecter précocement du fait de leur caractère furtif (Drift into Failure, voir [26]).

De tels mécanismes doivent être considérés comme des caractéristiques inhérentes aux systèmes sociotechniques. Ils sont l'expression des adaptations nécessaires de l'être humain ou des systèmes sociotechniques, dans lesquels ces êtres humains sont confrontés à des conditions en permanente évolution (voir par exemple Hollnagel [27]). Ces mécanismes concernent tous les acteurs, de l'exploitant à la société civile, en passant par les autorités de surveillance et les instances politiques. Il est de la responsabilité et du devoir de tous les acteurs de l'industrie nucléaire (exploitants d'installations nucléaires, gouvernements, autorités de surveillance, organisations d'experts, etc.) de comprendre les effets potentiels et effectifs de ces mécanismes et d'en tenir compte dans leurs organisations en adoptant des structures et des processus adaptés, tout en entretenant une culture vigilante orientée sur la sécurité. Ces mécanismes ne peuvent pas s'éliminer par des mesures simples ou spécifiques à un cas donné par exemple sous la forme de nouvelles prescriptions ou d'une automatisation plus poussée de systèmes techniques, car il se produira en permanence des situations nouvelles et inattendues qui n'ont été anticipées par aucun ingénieur, ni aucune autorité de surveillance. Les organisations doivent donc plutôt avoir la capacité de gérer l'imprévu. Elles doivent être résilientes, c'est-à-dire capables de s'adapter pendant et après des évolutions et des incidents, afin de garder le contrôle à tout moment, dans des conditions aussi bien attendues qu'inattendues [28].

Bien que l'occurrence de nombreux mécanismes décrits ne puisse pas être prouvée de façon incontestable, il est cependant essentiel d'en poursuivre l'étude dans l'analyse de l'accident de Fukushima. Ce n'est que dans ces conditions qu'il sera possible d'étudier si ces mécanismes sont transposables à la Suisse et d'en tirer les enseignements nécessaires pour le pays.

5 Suite de la démarche

L'étude des facteurs contributifs probables dans les domaines humain et organisationnel ont permis d'identifier les champs d'action définis ci-après en matière de culture de sécurité et de gestion des situations d'urgence. Dans le cadre de sa mission de surveillance, l'IFSN vérifiera donc tout particulièrement la situation suisse dans ces champs d'actions. Pour ce faire, l'IFSN a formulé une série d'enseignements concrets de l'évènement. La comparaison avec la situation en Suisse montrera ceux qui sont transposables dans notre contexte et quelles mesures devront être éventuellement prises à la lumière de ces enseignements.

Les effets radiologiques de l'accident doivent faire l'objet de clarifications approfondies (voir question 3). L'IFSN y reviendra en détail dans un rapport distinct. Lorsque les données dosimétriques des personnels seront disponibles, l'IFSN effectuera également l'analyse des irradiations subies.

Culture de sécurité (genèse de l'accident, voir question 1) :

Les conditions générales organisationnelles, officielles, politiques et sociétales, de même que les mécanismes fondamentaux de l'action humaine et du fonctionnement des organisations doivent être pris en compte dans l'évaluation des événements survenus au Japon et intégrés aux réflexions sur la possible transposition de ces événements en Suisse. La manière dont ces conditions et ces mécanismes se manifestent et leurs effets (potentiels) sur la sécurité d'installations nucléaires doivent être identifiés et appréhendés dans leur intégralité. Il est de la responsabilité et du devoir de toute organisation relevant du secteur nucléaire, notamment des exploitants de centrales nucléaires et des autorités de surveillance de comprendre les effets potentiels et effectifs de ces mécanismes et d'en tenir compte dans leurs organisations et dans leurs actions par l'adoption de structures et de processus adaptés, tout en entretenant une culture vigilante orientée sur la sécurité.

L'IFSN vérifiera dans le détail si dans ce domaine de nouveaux enseignements peuvent être tirés des événements du Japon et impliquent la prise en compte de nouveaux éléments dans les pratiques de surveillance, dans la réglementation de l'IFSN mais également au niveau de l'organisation même de l'IFSN. Il conviendra ce faisant de tenir également compte des caractéristiques et du fonctionnement de l'ensemble du système (à savoir l'interaction de l'ensemble de tous les acteurs impliqués, des organisations du côté de l'industrie jusqu'à la société civile, en passant par les autorités de surveillance et les instances politiques).

Gestion des situations d'urgence (gestion de l'accident et des conséquences de l'accident, voir questions 2 et 3) :

Les événements de Fukushima ont clairement montré que la gestion d'une situation d'urgence joue un rôle décisif sur l'évolution d'un accident grave. La gestion des situations d'urgence par les exploitants et les autorités (autorités de surveillance, autorités locales, mais aussi organisations internationales) doit donc faire l'objet d'une attention toute particulière de la part de toutes les instances concernées. Outre les aspects techniques de la gestion de situation d'urgence (par exemple disponibilité d'équipements techniques pour la mise en œuvre de mesures d'urgence), les aspects humains et organisationnels (par exemple déroulement des opérations de secours, procédures, circuits de décision et de communication, formation et emploi du personnel, etc.) jouent également un rôle essentiel. Il est en particulier indispensable d'accorder toute l'attention nécessaire aux mesures organisationnelles visant à la protection du personnel qui intervient sur le site vis à vis des risques d'irradiations excessives qui pourraient se

produire au cours de la gestion de l'accident. Un des objectifs majeurs est de ne pas seulement viser la planification et la préparation de mesures pour un spectre aussi complet que possible d'événements prévisibles. Il convient également d'étudier la capacité des organisations à faire face à des événements imprévus pendant lesquels les mesures prévues ne fonctionnent plus.

Les données déjà recueillies sur l'événement indiquent de plus que les conditions de travail du personnel engagé sur le site de Fukushima après l'accident ont été extrêmement pénibles, tant du point de vue physique que psychique. L'influence de telles conditions sur les capacités du personnel en situation d'urgence doit faire l'objet de réflexions approfondies et doit être prise en compte lors de la planification des opérations d'urgence assurées tant par les exploitants de centrales nucléaires que par les autorités de surveillance.

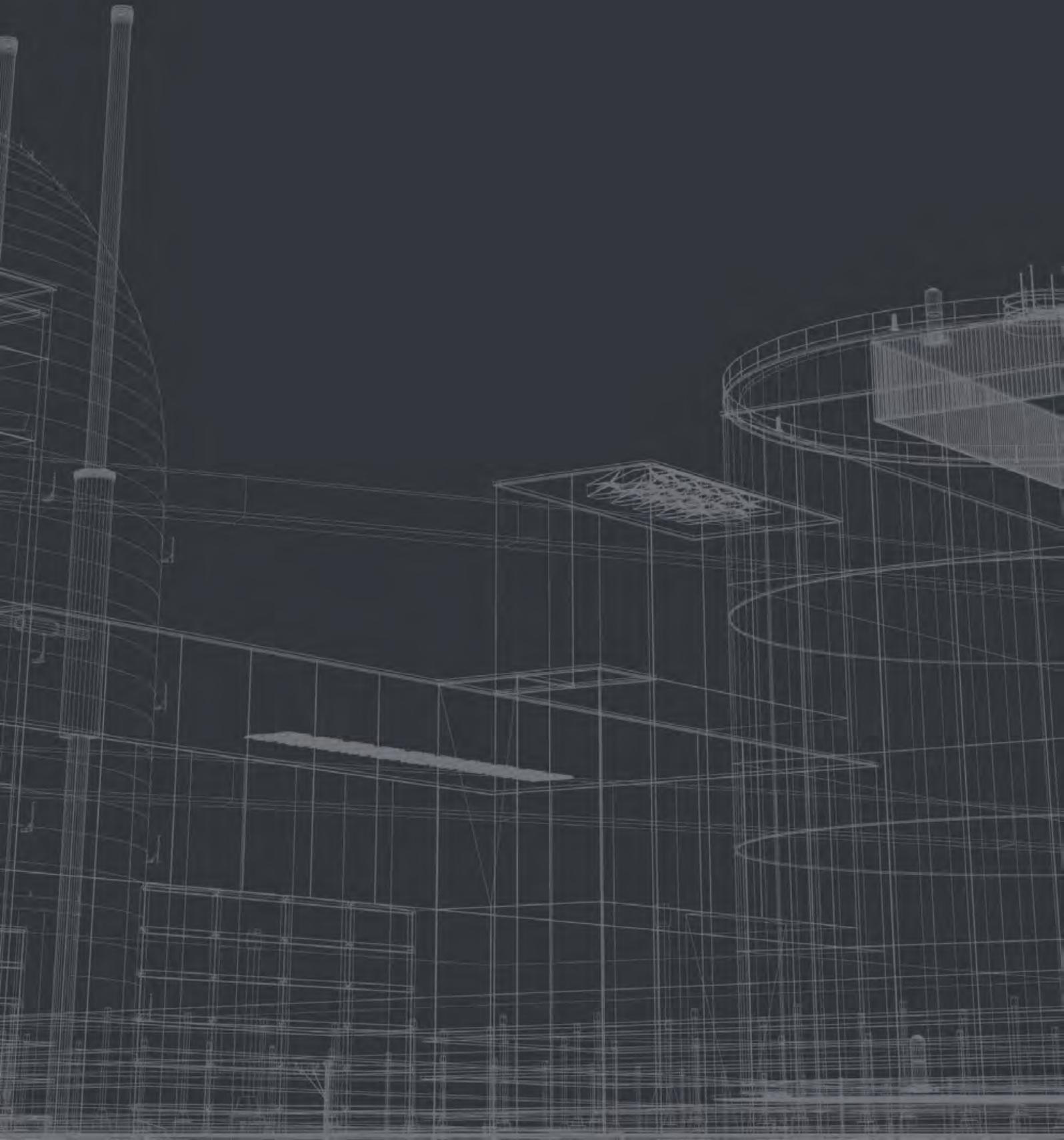
L'IFSN vérifiera sur la base de scénarios extrêmement pénalisants dans quelle mesure les enseignements tirés de la maîtrise de l'accident de Fukushima peuvent influencer les exigences imposées jusqu'à présent aux exploitants et à l'IFSN, pour gérer les situations d'urgence afin de prendre si nécessaire les mesures d'amélioration qui s'imposent.

6 Répertoire des abréviations

AEC	Atomic Energy Commission
AESJ	Atomic Energy Society of Japan
AN	Aktennotiz (Note)
ANRE	Agency for Natural Resources and Energy
DDL	Débit de dose local
IAEA	International Atomic Energy Agency
IFSN	Inspection fédérale de la sécurité nucléaire
ICRP	International Commission on Radiological Protection
INES	International Nuclear and Radiological Event Scale
IRRS	Integrated Regulatory Review Service
JAIF	Japan Atomic Industrial Forum, Inc.
JANTI	Japan Nuclear Technology Institute
JINED	International Nuclear Energy Development of Japan
JNES	Japan Nuclear Energy Safety Organization
JSCE	Japan Society of Civil Engineers
METI	Ministry of Economy, Trade & Industry
MEXT	Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology
NERHQ	Nuclear Emergency Response Headquarters
NHK	Nippon Hōsō Kyōkai, Japan Broadcasting Corporation
NISA	Nuclear and Industrial Safety Agency
NRC oder U.S.NRC	United States Nuclear Regulatory Commission
NSC	Nuclear Safety Commission
NYT	New York Times
PSA	Analyse probabiliste de sécurité
SAMG	Severe Accident Management Guidelines
SBO	Station Blackout
SPEEDI	System for Prediction of Environment Emergency Dose Information
STPB	Science and Technology Policy Bureau
TEPCO	Tokyo Electric Power Company

Fukushima

37° 25' 26.57" N, 141° 1' 56.87" E
11.03.2011



7 Références

- 1 Ereignisabläufe Fukushima Dai-ichi und Daini infolge des Tohoku-Chihou-Taiheiyou-Oki Erdbebens vom 11.03.2011, ENSI-AN-7614 Rev. 1, Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI, 2011-08-26
- 2 Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety, - The Accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations - Nuclear Emergency Response Headquarters, Government of Japan, 2011-06-18 http://www.kantei.go.jp/foreign/kan/topics/201106/iaea_houkokusho_e.html
- 3 Convention on Nuclear Safety, National Report of Japan, Fifth Review Meeting, Government of Japan, September 2010
- 4 Das schwere Tohoku-Seebeben in Japan und die Auswirkungen auf das Kernkraftwerk Fukushima-Dai-ichi, Bernhard Kuczera, Internationale Zeitschrift für Kernenergie, Sonderdruck aus Jahrgang 56 (2011) Heft 4/5, April/Mai
- 5 Lessons Learned from TEPCO Nuclear Power Scandal, Speech and Presentation, Tokyo Electric Power Company (TEPCO), 2004-03-25 <http://www.tepco.co.jp/en/news/presen/pdf-1/040325-s-e.pdf>
<http://www.tepco.co.jp/en/news/presen/pdf-1/040325-p-e.pdf>
- 6 Annual Report 2010, Optimal Energy Services, Our Focus in Value Creation, Tokyo Electric Power Company (TEPCO), Juli 2010 <http://www.tepco.co.jp/en/corpinfo/ir/tool/annual/pdf/ar2010-e.pdf>
- 7 JAIF Earthquake Report No. 77: 18:00, May 10, Japan Atomic Industrial Forum Inc. (JAIF), 2011-05-10 http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1305023353P.pdf
- 8 IAEA: "Integrated Regulatory Review Service (IRRS) to Japan", Bericht IAEA-NSNI-IRRS,2007-12-20
- 9 IAEA International Fact Finding Expert Mission of the Nuclear Accident Following the Great East Japan Earthquake and Tsunami, International Atomic Energy Agency (IAEA), 2011-06-01 <http://www.iaea.org/newscenter/focus/fukushima/missionsummary010611.pdf>
- 10 Sozialpsychologie, Aronson, E., Wilson, T. D. & Akert, R. M., 4. Auflage. München, Pearson Studium, 2004
- 11 Convention on Nuclear Safety National Report of Japan for the Fifth Review Meeting, Government of Japan, September 2010 <http://www.nsc.go.jp/anzen/shidai/genan2010/genan053/siry02-3.pdf>
- 12 Presentation "Summary of Safety Regulation in Japan", Nuclear and Industrial Safety Agency (NISA), 2011-05-24 <http://www.nisa.meti.go.jp/english/files/en20110526-1-1.pdf>
- 13 JAIF Earthquake Report No. 104 18:00 June 06, Japan Atomic Industrial Forum Inc. (JAIF), 2011-06-06 http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1307352120P.pdf
- 14 Press Release (May 02,2011), Report on investigation of cause and development of preventive measures regarding exposure exceeding dose limit to radiation dose engaged person at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station to NISA, Tokyo Electric Power Company (TEPCO). 2011-05-02 <http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11050211-e.html>

- 15 JAIF Earthquake Report No. 105 18:00
June 07, Japan Atomic Industrial Forum
Inc. (JAIF), 2011-06-07 http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1307442268P.pdf
- 16 JAIF Earthquake Report No. 98 18:00
May 31, Japan Atomic Industrial Forum
Inc. (JAIF), 2011-05-31 http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1306833181P.pdf
- 17 Seismic Damage Information (the 92nd
Release), Nuclear and Industrial Safety
Agency (NISA), 2011-04-14 <http://www.nisa.meti.go.jp/english/files/en20110416-7-1.pdf>
- 18 Tsunami Information (Estimated Tsunami
arrival time and Height), Japan
Meteorological Agency, 2011-03-11, 14:49
http://www.jma.go.jp/en/tsunami/info_04_20110311145026.html
- 19 Press Release (Jun 03,2011), Status of
Evaluation Exposure Dose limits of
TEPCO employees at Fukushima Daiichi
Nuclear Power Station (Continued Re-
leases), Tokyo Electric Power Company
(TEPCO), 2011-06-03 <http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/1060311-e.html>
- 20 JAIF Earthquake Report No. 116 18:00
June 18, Japan Atomic Industrial Forum
Inc. (JAIF), 2011-06-18 http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1308388162P.pdf
- 21 JAIF Earthquake Report No. 100 18:00
June 2, Japan Atomic Industrial Forum
Inc. (JAIF), 2011-06-02 http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1307006763P.pdf
- 22 Press Release (Mar 25,2011), Result of the
investigation on exposure to radiation of
workers from cooperative companies at
Unit3 in Fukushima Daiichi Nuclear Power
Station(March 25, 2011), Tokyo Electric
Power Company (TEPCO), 2011-03-25
<http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11032503-e.html>
- 23 JAIF Earthquake Report No. 112 18:00
June 14, Japan Atomic Industrial Forum
Inc. (JAIF), 2011-06-14 http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1308042843P.pdf
- 24 JAIF Earthquake Report No. 175 12:00
August 16, Japan Atomic Industrial Forum
Inc. (JAIF), 2011-08-16 http://www.jaif.or.jp/english/news_images/pdf/ENGNEWS01_1313463676P.pdf
- 25 Management in a Dynamic Society:
A Modelling Problem, Rasmussen, Jens,
Safety Science, 27 (2/3), pp. 183-213 (1997)
- 26 Drift into Failure, From hunting broken
components to understanding complex
systems, Dekker, S.W.A., Aldershot, UK:
Ashgate (2011)
- 27 Barriers and Accident Prevention, Hollna-
gel, Erik, Aldershot, UK: Ashgate (2004)
- 28 European Organisation for the Safety of
Air Navigation (EUROCONTROL), A White
Paper on Resilience Engineering for
ATM, 2009 http://www.eurocontrol.int/esp/gallery/content/public/library/A%20White%20Paper%20Resilience%20Engineering/A_White_Paper_Resilience_Engineering.pdf

- 29 Japan Extended Reactor's Life, Despite Warning, New York Times, 2011-03-21 <http://www.nytimes.com/2011/03/22/world/asia/22nuclear.html>
- 30 Culture of Complicity Tied to Stricken Nuclear Plant, New York Times, 2011-04-26 <http://www.nytimes.com/2011/04/27/world/asia/27collusion.html>
- 31 Japanese Officials Ignored or Concealed Dangers, New York Times, 2011-05-16 <http://www.nytimes.com/2011/05/17/world/asia/17japan.html?ref=japan>
- 32 In Japan, a Culture That Promotes Nuclear Dependency, New York Times, 2011-05-30 <http://www.nytimes.com/2011/05/31/world/asia/31japan.html>
- 33 AP Exclusive: Fukushima tsunami plan a single page Associated Press, 2011-05-27
- 34 Forscher: Japan schätzte Bebengefahr falsch ein Österreichischer Rundfunk ORF, 2011-04-14 <http://science.orf.at/stories/1681378/>
- 35 Nuclear Rules in Japan Relied on Old Science, New York Times, 2011-03-26 http://www.nytimes.com/2011/03/27/world/asia/27nuke.html?_r=3&hp
- 36 AP IMPACT: Nuclear plant downplayed tsunami risk, YAHOO! News, 2011-03-27
- 37 Die Warner, die nicht gehört wurden - Ausland: Japan im Ausnahmezustand Tagesanzeiger, 2011-03-28 http://www.tagesanzeiger.ch/ausland/die-tsunami-katastrophe/Die-Warner-die-nicht-gehört-wurden/story/20980711?dossier_id=885
- 38 The geologist who predicted Japan's tsunami, The Week, 2011-04-12 <http://theweek.com/article/index/214132/the-geologist-who-predicted-japans-tsunami>
- 39 Madarame: Plant guidelines should be fully revised, NHK World, 2011-06-05 http://www3.nhk.or.jp/daily/english/05_23.html
- 40 'Safety Myth' Left Japan Ripe for Nuclear Crisis, New York Times, 2011-06-24 <http://www.nytimes.com/2011/06/25/world/asia/25myth.html?ref=japan>
- 41 In Nuclear Crisis, Crippling Mistrust, New York Times, 2011-06-12 <http://www.nytimes.com/2011/06/13/world/asia/13japan.html?ref=japan>
- 42 Letters From Fukushima: Tepco Worker Emails, Wall Street Journal, 2011-03-28 <http://blogs.wsj.com/japanrealtime/2011/03/28/letters-from-fukushima-tepco-worker-emails/>
- 43 Economy Sends Japanese to Fukushima for Jobs, New York Times, 2011-06-08 <http://www.nytimes.com/2011/06/09/world/asia/09japan.html>
- 44 Tepco weiss nicht, was abläuft, Tagesanzeiger, 2011-03-22 http://www.tagesanzeiger.ch/ausland/die-tsunami-katastrophe/Tepco-weiss-nicht-was-ablaeuft/story/24725993?dossier_id=885
- 45 Core of reactor 1 melted 16 hours after quake The Japan Times, 2011-05-16 <http://search.japantimes.co.jp/cgi-bin/n20110516a1.html>



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN

Swiss Confederation

Editeur

Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN
Service d'information
CH-5200 Brugg
Téléphone 0041 (0)56 460 84 00
Téléfax 0041 (0)56 460 84 99
info@ensi.ch
www.ensi.ch

ENSI-AN-7996
Publié le 29.08.2011

