

« La sûreté des installations nucléaires en  
France, l'impact de l'accident de Fukushima »

Martial Jorel

Directeur du management  
des connaissances

14 juin 2012



## Sommaire

- L'IRSN, missions, domaines d'activité
- La construction du dispositif Français de sûreté
- Principes de sûreté, méthodes d'expertise
- Les améliorations de sûreté et les démarches associées
- L'« épreuve » de l'accident de Fukushima : les Evaluations Complémentaires de Sûreté (ECS)
- Le contexte sociétal
- La sûreté nucléaire, contrainte ou patrimoine ?

## L'IRSN et ses missions

[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)

■ **Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC)** sous la tutelle conjointe de six ministres,

■ **l'IRSN est l'expert public en matière de recherche et d'expertise sur les risques nucléaires et radiologiques :**

- 1 700 salariés, dont plus de 1000 spécialistes : chercheurs, doctorants, post-docs, ingénieurs
- 321 M€ de budget, 45 % consacrés à la recherche
- 11 implantations en France, dont 3 majeures : Fontenay-aux-Roses, Cadarache, Le Vésinet

**Trois grandes missions :**

- **Recherches et services d'intérêt public** (incluant l'information du public),
- **appui et concours techniques aux autorités publiques** pour les activités à vocation civile ou intéressant la défense,
- **prestations contractuelles d'expertises, d'études, de mesures**, pour le compte d'organismes publics et privés, français et étrangers.

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

**IRSN**

## Des domaines d'activité variés

- **La sûreté nucléaire:** réacteurs, cycle du combustible, déchets, applications médicales
- **La sûreté des transports** de matières radioactives et fissiles
- **La protection des travailleurs, de la population et de l'environnement** contre les risques liés aux rayonnements ionisants
- **La protection et le contrôle** des matières nucléaires
- **La protection des installations nucléaires** et transports de matières radioactives et fissiles contre les actes de malveillance

## Une ambition :

➔ **faire avancer la sûreté nucléaire et la radioprotection**

➔ **dans ses dimensions :**

- technique et scientifique
- économique
- réglementaire
- sociétale
- Internationale

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

**IRSN**

## Les années 50 : le contexte international de la sûreté

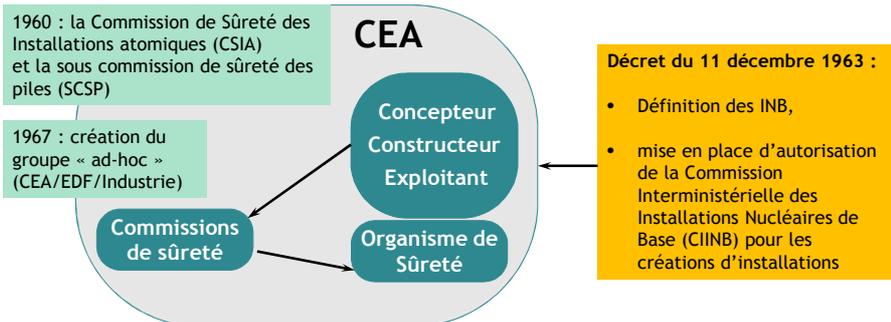
- ☞ Le risque « zéro » n'existe pas
- ☞ Approche probabilités/conséquences
- ☞ Le retour d'expérience n'est pas suffisant
- ☞ Nécessité de s'appuyer sur des études
- ☞ Une définition de la sûreté toujours d'actualité :

178 "(a) to minimise the radiation exposure resulting from continuous operation of the reactor; (b) to minimise the probability that the reactor gets accidentally into a condition outside its safe operating range; and (c) to minimise the effects to the reactor and the radiation exposure resulting from any such accidental excursions."

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## Les origines de la sûreté nucléaire : le CEA - 18/10/1945



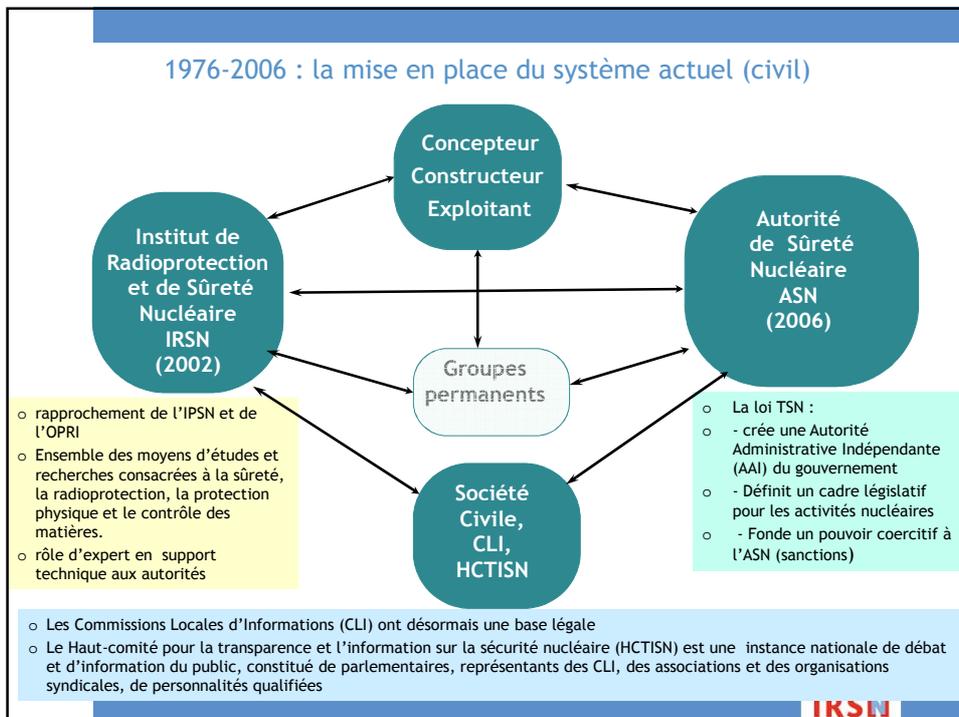
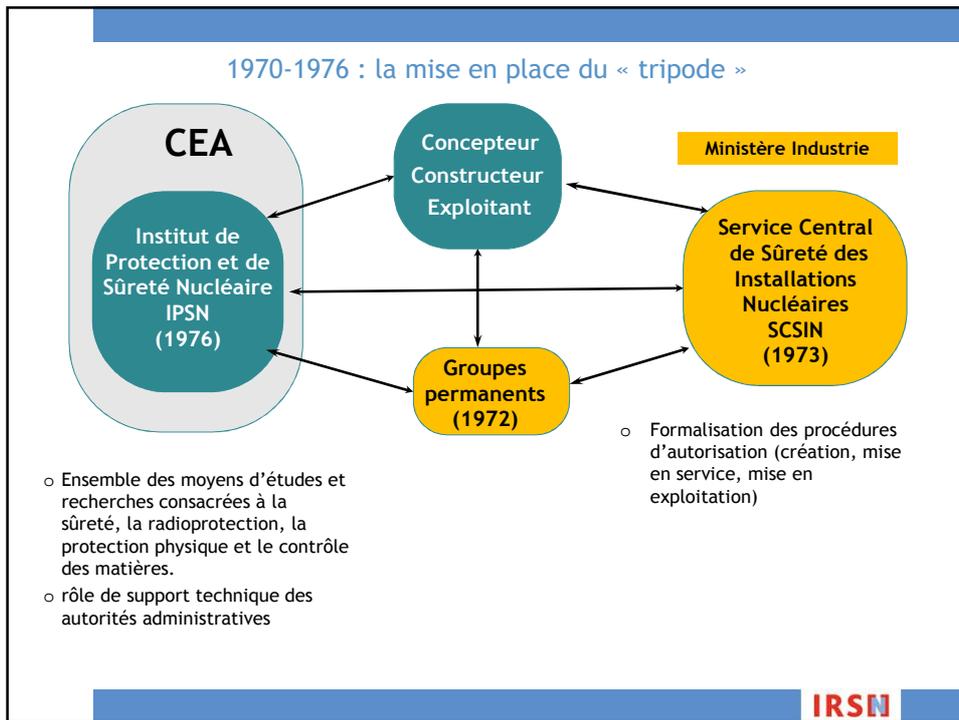
La CSIA approuve toute construction, mise en fonctionnement ou modification des conditions de fonctionnement d'installations : cinq sous-commissions (sûreté des piles, sûreté des masses critiques, sûreté des risques de contamination chimique/radioactive, sites) : pas d'aspect réglementaire

La SCSP est chargée de recevoir et d'instruire les dossiers relatifs à la sûreté des piles qui sont adressées à la CSIA :

- Systématisation du concept des « barrières » de la « défense en profondeur », Définition des « Rapports de Sûreté » et de leur contenu, formalisation des processus d'expertise,

- Examen des Rapports de Sûreté d'EDF 1/2/3 (UNGG Chinon) et EDF4 (UNGG St Laurent) : 1962/64 et de la Centrale Nucléaire des Ardennes (REP Chooz) : 1963/66

IRSN



## LE DISPOSITIF DE SÛRETÉ FRANÇAIS

- **Des exploitants** : responsables de la sûreté de leurs installations
 

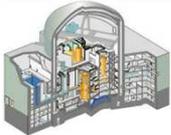
ACTIVITÉS CIVILES	ACTIVITÉS DÉFENSE
<b>Réacteurs (EdF, CEA...) - Usines Transports -Démantèlement -Déchets</b>	<b>Réacteurs et Installations à terre Bâtiments à propulsion nucléaire</b>
	
- **Des Autorités de Sûreté** : définissent les objectifs de sûreté et s'assurent de leur déclinaison et de leur application sur les installations
 

<b>AUTORITE DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE (ASN)</b>	<b>AUTORITE DE SÛRETÉ DU NUCLÉAIRE DE DÉFENSE (DSND)</b>
---	--
- L'IRSN : un organisme indépendant qui contribue à la définition des objectifs de sûreté et réalise des contre-expertises de la sûreté de l'ensemble des installations (>200)

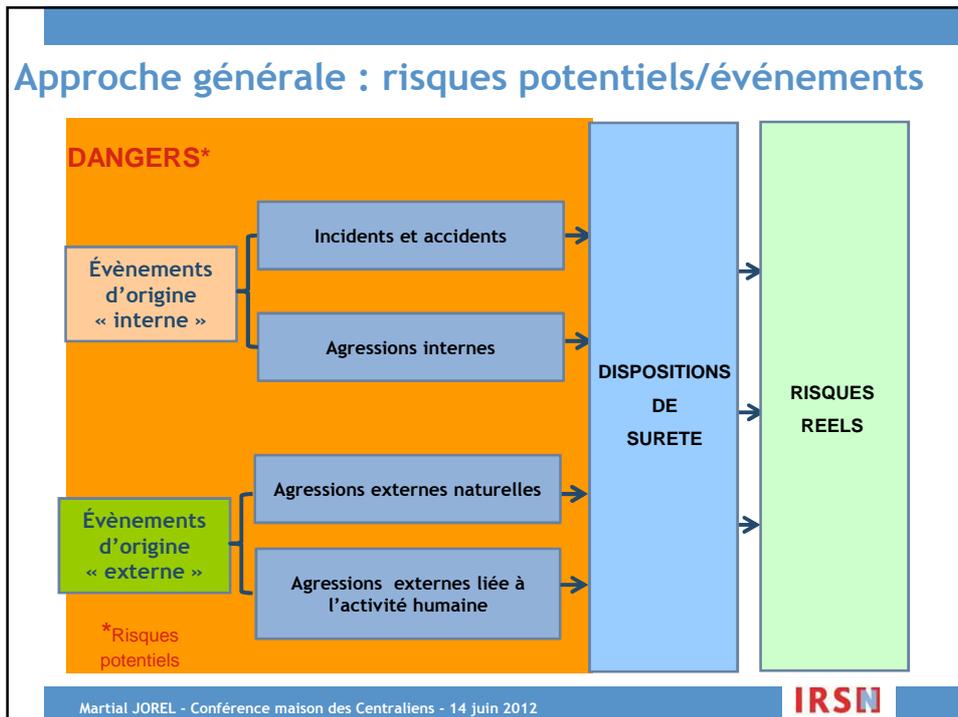
- Une position centrale : cohérence des approches, efficacité
- Des liens forts à l'international : réseau des TSO, réseaux « recherche » ...
- Une ouverture importante vers la société civile (HCTISN, CLI, ...)

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012 **IRSN**

## Quels types d'installations ?

         	<ul style="list-style-type: none"> <li>- installations du cycle du combustible (enrichissement uranium, fabrication combustible)</li> <li>- 59 réacteurs à eau sous pression (REP), 19 réacteurs expérimentaux</li> <li>- transports des matières radioactives</li> <li>- installations du cycle du combustible (traitement combustibles irradiés)</li> <li>- installations de conditionnement, entreposage et stockage des déchets</li> <li>- Démantèlement</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- réacteurs / défense nationale (propulsion navale, installations à terre )</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- laboratoires CEA (centres civils et militaires), EdF fabrication de radioéléments (usage médical et industriel)</li> <li>- ionisateurs et accélérateurs de particules (stérilisation produits alimentaires et médicaux, grands irradiateurs du CEA, GANIL, CNRS/Orsay )</li> <li>- installations de traitement des effluents et installations de maintenance)</li> </ul>

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012 **IRSN**



### EXPERTISE ET DYNAMIQUE DE LA SURETE

- Afin de porter un jugement sur les **risques réels d'une installation**, l'expertise de sûreté implique :
  - identifier l'ensemble des **risques potentiels**, comprendre et modéliser les phénomènes physiques liés à ces risques (**aspect « études / R&D »**)
  - bien connaître **les dispositions et systèmes de sûreté**, leur fiabilité, leur modes de défaillance ainsi que **la vie des installations (aspect « terrain »)**

Dans un contexte de sûreté **évolutif** ...

- Evolution des connaissances des phénomènes (études, R et D), apparition de nouvelles problématiques (aléas climatiques, vieillissement ...)
- Retour d'expérience des incidents et accidents, prise en compte de l'évolution des conditions d'exploitation (ex : prévision d'EdF d'extension DDF (40→60 ans...))

... Avec des objectifs de référence **non figés**

- Démarche de progrès, démonstration d'excellence
- Conséquences sanitaires et environnementales

Pour l'IRSN : **nécessité d'un dialogue technique et scientifique** continu avec comme objectifs :

- Etre un interlocuteur compétent et reconnu
- Faire partager les préoccupations de sûreté
- Connaître la vie réelle des installations
- Contribuer à la détection des problèmes

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

12

**LE CHAMP DE L'EXPERTISE DE SÛRETÉ**

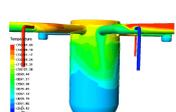
**ETUDES DE SÛRETÉ**

*Pertinence face aux problèmes difficiles:*  
 - méthode propre  
 - confrontation

**OBJECTIF SÛRETÉ**

**ANALYSE CONCEPTION**

*Conception et fiabilité Systèmes & Matériels*



**RECHERCHE EXPÉRIMENTATION MODÉLISATION**

*Thermohydraulique*  
*Génie civil Mécanique*

**CONSTRUCTION, ESSAIS**

*Analyses*

**EXPLOITATION**

*Suivi en exploitation - incidents - anomalies matériel*

*Criticité*

**Comprendre**

*Préparer l'avenir*

*Combustible*  
*Accidents graves*  
*Incendie*  
*Feux*

**ARRÊT**

**> 60 ANS**

**DÉMANTÈLEMENT**

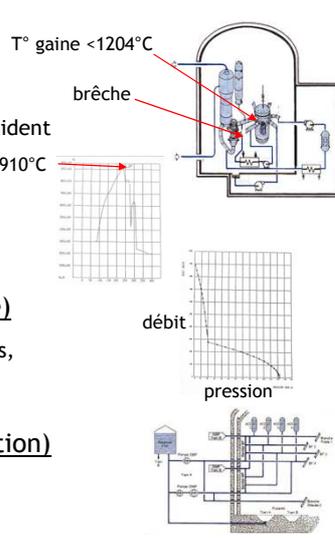
*Essais de vieillissement de câbles*

Sans oublier les aspects liés au facteur humain et organisations tout au long de la vie des installations, notamment la culture de sûreté

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012 IRSN 13

**L'expertise doit porter sur chaque « maillon » de la « chaîne » de la sûreté : validité technique et conformité**

- Référentiel : règles de conception  
 Conditions de fonctionnement, critères  
 ex : température maximale du combustible en cas d'accident
- Démonstration de sûreté (méthodes)  
 Vérification du respect des critères
- Tranche de référence (installation virtuelle)  
 Définition des caractéristiques requises des équipements, schémas et réglages électriques théoriques
- Conformité/Tranche de référence (installation)  
 Bon dimensionnement et disponibilité des équipements, conformité électrique



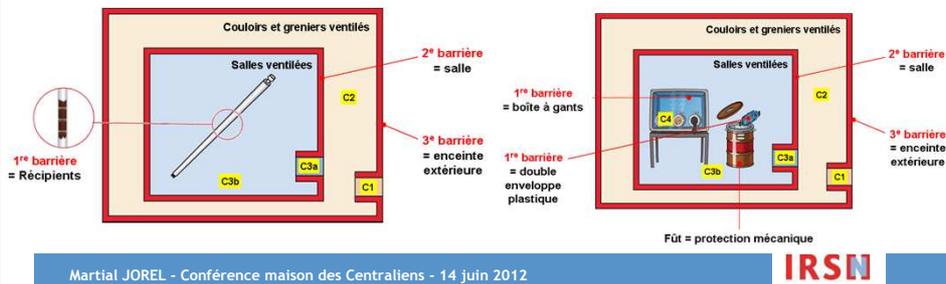
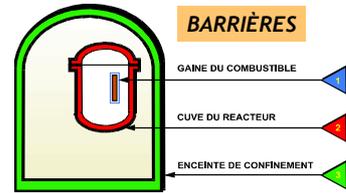
Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012 IRSN 14

## La sûreté vue de l'installation : les barrières

### • Concept des « barrières »

→ Interposer entre l'environnement et les produits radioactifs dangereux une série de barrières étanches et résistantes.

→ Assurer la tenue de ces barrières dans les situations d'exploitation (normales, incidentelles, accidentelles ..)

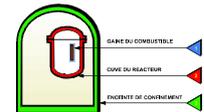


## Les conditions à la tenue des barrières



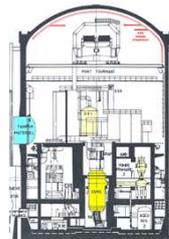
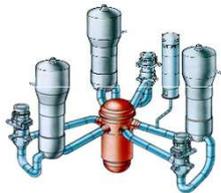
### La gaine du combustible (1<sup>ère</sup> barrière)

- Contrôler la réaction nucléaire (grappes de commande, bore)
- Assurer le refroidissement du combustible (maintien en eau, évacuation de l'énergie).



### Le circuit primaire (2<sup>ème</sup> barrière)

- Maintenir l'inventaire en eau (température et pression ...)
- Refroidir l'eau par échange thermique
- Assurer le confinement de l'eau primaire.



### L'enceinte de confinement (3<sup>ème</sup> barrière)

- Maintenir le confinement des produits radioactifs dans toutes les situations
- isoler les traversées d'enceinte (IE)
- Dépressuriser l'enceinte pour évacuer sa puissance

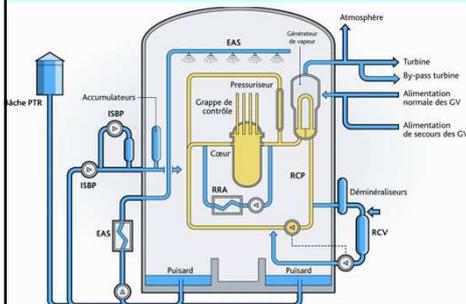
Pour éviter la défaillance des barrières ou ...  
... pour limiter les conséquences de leur défaillance

**Il faut assurer trois fonctions de sûreté :**

■ le contrôle de la réactivité

■ le refroidissement du combustible

■ le confinement des produits radioactifs



- Fonctions pas toujours indépendantes, mises en œuvre par des matériels et systèmes (passifs et actifs), automatiques et manuelles.
- La disponibilité et l'opérabilité de ces matériels et systèmes est requise pour l'ensemble des situations d'exploitation envisagées (normales, incidentelles, accidentelles ..)

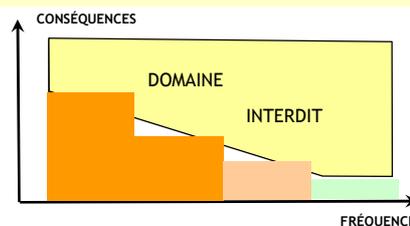
Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## La prise en compte du risque : la démarche déterministe

- Tous les accidents susceptibles de se produire n'ont pas la même probabilité d'occurrence ni les mêmes conséquences.
- Deux préoccupations :
  - Plus un accident est probable, plus ses conséquences doivent être limitées.
  - Plus un accident a des conséquences graves, moins il doit avoir de « chances » de se produire
- Afin d'assurer une continuité entre ces deux exigences, un domaine de situations « interdites » est défini.
- En pratique des catégories de conditions de fonctionnement sont délimitées par plages de fréquences/conséquences admissibles

- La cohérence de la démonstration de sûreté (choix initiateur, méthodologie et règles d'études, critères, incertitudes et marges, classes de sûreté, codes appliqués...) est assurée pour chaque catégorie
- Les fréquences d'occurrence sont des ordres de grandeur,
- les agressions internes et externes sont traitées différemment



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

### LES DISPOSITIONS DE SURETE : DEMARCHE INITIALE

Contrôle des accidents de dimensionnement	systèmes de sûreté et procédures accidentelles
Contrôle des fonctionnements anormaux et des défaillances	Systèmes de contrôle, de limitation et de protection
Prévention des fonctionnements anormaux et des défaillances	Conception conservatrice et haute qualité de construction et d'exploitation

**Inondations**

- Evaluation de l'aléa (RFS)
- Analyse de la protection des équipements et des locaux,

**Séisme**

- Séisme Maximal Historiquement Vraisemblable (SMHV).
- Les séismes majorés de sécurité (SMS) sont obtenus en majorant l'intensité du SMHV de 1 et la magnitude de 0,5 afin de tenir compte des incertitudes inhérentes à la définition du SMHV (zonages et sismicité historique).

Rivière  
Mer  
Estuaire

(1) Crue de rivière principale  
(2) Rupture de barrage  
(3) Niveau marin extrême (marée + surcote)

Canal

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

ACCIDENTS : MAITRISE DU DOMAINE DE CONCEPTION

### Des études pour anticiper les problèmes de sûreté

**Dès 1975 études de fiabilité séparées EDF/IRSN : Risque de perte des systèmes redondants (initiateurs  $\sim 10^{-5}/r.an$ ). Suite à TMI2, mise en place de matériels et procédures « H » (perte source froide et perte totale de sources électriques) (événements internes, durée limitée ...)**

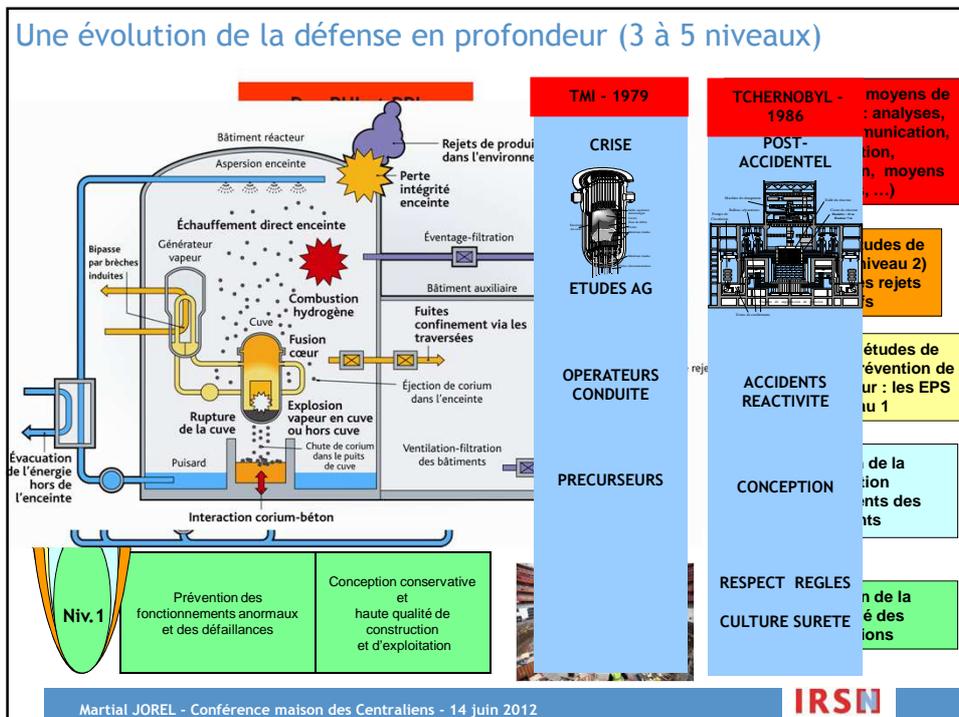
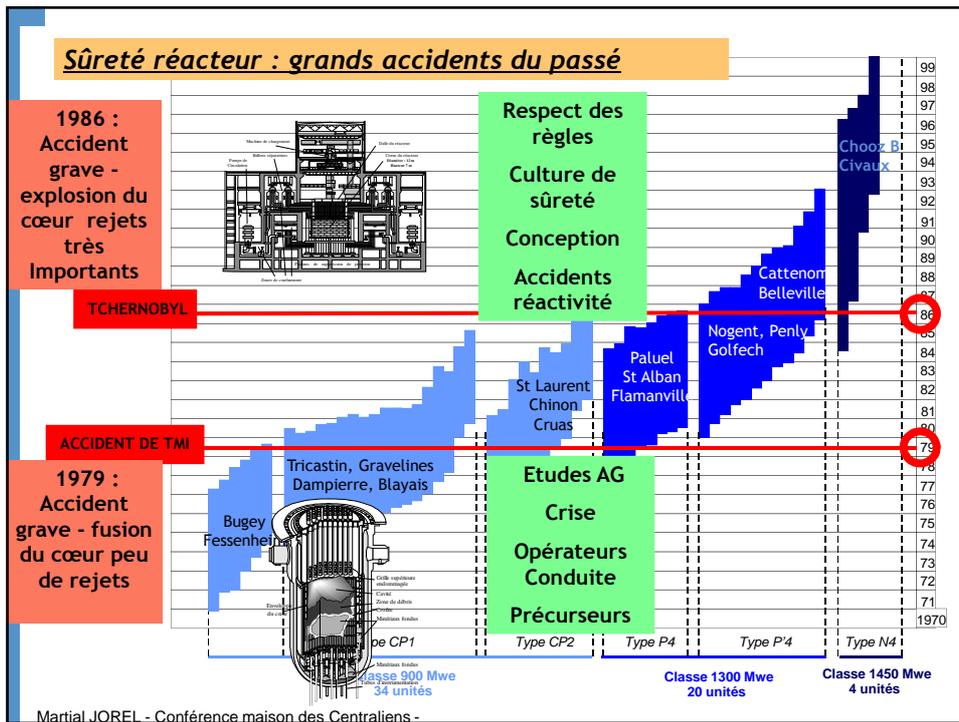
**Dispositions valorisées lors de la perte totale de source froide à CRUAS (1/12/2009) après 1500 années\*réacteur.**

**1990 premiers résultats des EPS (fusion du cœur) :**

- 900MWe :  $5 \cdot 10^{-5}$  par réacteur et par an
- 1300MWe :  $1 \cdot 10^{-5}$  par réacteur et par an

**Importance des risques en situation de plage de travail basse du refroidissement du cœur (PTB RRA) : l'état le plus porteur de risques**

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012



## Une EXPERTISE DE CONCEPTION structurée...

Les principes (la défense en profondeur, les barrières, les fonctions de sûreté ...) et leur déclinaison :

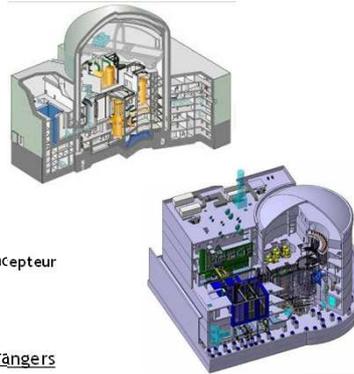
- Conditions de fonctionnement conventionnelles (4 catégories) et autres conditions de fonctionnement (Défaillances multiples, accidents graves : bypasses, réactivité, fusions BP, fusion HP, risque H2, explosions vapeur ...)
- Prise en compte des agressions internes et externes,
- Les points particuliers (IHM, aspects site, Cle Cde, Stockage combustible, principes d'exclusion ...).

La démonstration de sûreté associée :

- EPS, classement, qualification, FH, codes, qualité réalisation, essais, lien conception/exploitation ...

### ...Utilisant des moyens variés

- des analyses déterministes
  - architecture des systèmes de sûreté vis-à-vis de la défense en profondeur
  - fiabilité des structures et des équipements
  - respect des normes et des règles de l'art
  - étude des accidents
  - utilisation du retour d'expérience des réacteurs en exploitation
- des contre-études
  - développement de codes de calcul indépendants de ceux du concepteur
  - réalisation d'études indépendantes
- des études probabilistes de vérification
  - réalisation d'études probabilistes indépendantes
- des échanges techniques avec des organismes de sûreté étrangers

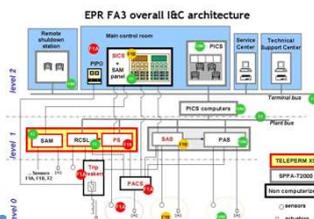
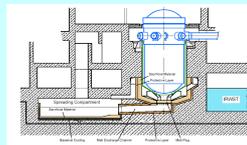


Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## OBJECTIFS DE SURETE, CONCEPTION : EPR

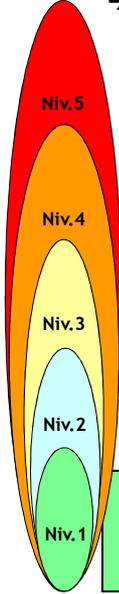
- **1993 : DEFINITIONS D'OBJECTIFS DE SURETE IRSN/GRS**
  - Probabilité fusion cœur <10<sup>-5</sup> r\*an tous initiateurs
  - Pas de contre mesures pour les accidents sans fusion cœur
  - Mesures limitées dans le temps et l'espace pour les accidents avec fusion du coeur
- **2000 : ELABORATION DE DIRECTIVES TECHNIQUES IRSN/GRS**
  - Exigences (approche évolutionnaire)
- **2004 : DEBUT EXAMEN CONCEPTION EPR FLA3 (RPrS)**
- **DAC FLA3 : 11/04/2007**
- **EN COURS : Examen conception détaillée + Référentiel exploitation, Contrôle réalisation**



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## Les contrôles de conformité



**→ absence de fragilités dans l'installation**

Dès les premiers réexamens de sûreté (1990), l'IRSN a motivé l'exécution de contrôles de conformité ciblés sur les matériels passifs (supportages, incendie, génie civil ...) avec parfois examen de notes de dimensionnement. Ces contrôles ont parfois nécessité la remise à niveau des installations.



Le réacteur EPR fait l'objet d'un contrôle particulier de sa qualité de conception et de construction.

**→ disponibilité effective des systèmes de sûreté**

Au travers du suivi en exploitation, l'IRSN s'attache à ce que tous ces aspects soient effectivement traités : (analyse des essais périodiques, participation aux réunions de redémarrage des installations, suivi des arrêts de tranche et examen du traitement des anomalies).

Prévention des fonctionnements anormaux et des défaillances	Conception conservatrice et haute qualité de construction et d'exploitation
---	---

Objectifs :

- un programme d'essais périodiques adapté
- une requalification effective après intervention
- un traitement rigoureux des écarts



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

25

## DEMARCHE DE PRISE EN COMPTE DU RETOUR D'EXPERIENCE

10 000 événements intéressant la sûreté par an dont près de 600 événements significatifs sur les REP EDF

DÉTECTER





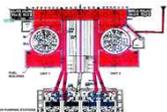
- **Réactivité** (maîtrise de la réaction nucléaire)
- **Refroidissement** du combustible
- **Confinement** des produits radioactifs

COMPRENDRE



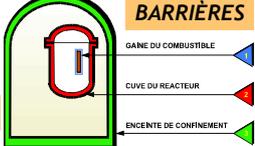

FONCTIONS DE SÛRETÉ

ÉVALUER




PRÉCURSEUR ?

CORRIGER

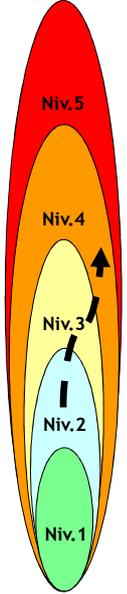



BARRIÈRES

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

26

## Les enjeux du retour d'expérience



Les grands accidents (TMI, Tchernobyl) ont été précédés d'incidents précurseurs sans conséquences graves. Il est l'importance d'identifier, parmi les incidents d'exploitation, **les incidents précurseurs de situations plus graves**, et d'en tirer toutes les conséquences pour faire avancer la sûreté des installations.

- Un accident est du a un enchaînement, difficilement imaginable a priori, de défaillances multiples tant matérielles qu'humaines
- Celles-ci ont une grande probabilité d'apparaître en partie lors d'incidents mineurs dont le déroulement peut constituer un maillon du scénario d'un accident grave

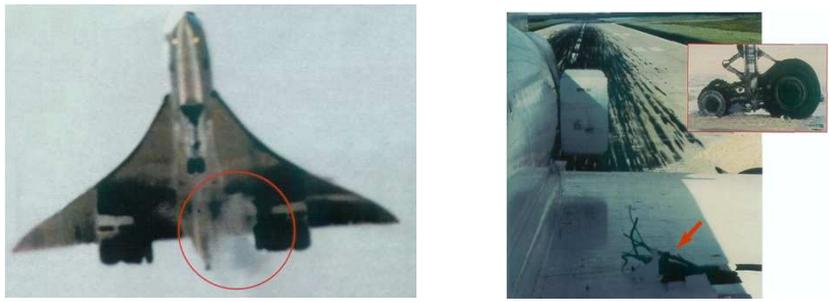
**?** Les nouvelles préoccupations : détecter les incidents précurseurs d'accident grave

Contrôle des fonctionnements anormaux et des défaillances	Systèmes de contrôle, de limitation et de protection
---	--

**On est encore surpris par de nouveaux scénarios ou accidents qui n'étaient pas accessibles à l'analyse préalable**

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012 IRSN 27

## LA NOTION D'INCIDENT PRÉCURSEUR



**CONCORDE - 14 JUIN 1979 WASHINGTON**

Endommagement de réservoirs suite à éclatement de pneus

Six cas analogues recensés ensuite entre 1981 et 1993 avant l'accident du 25 juillet 2000

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012 IRSN 28

**INCIDENT PRÉCURSEUR**

Dampierre 4 /2001 - RISQUE DE DÉMARRAGE INTEMPESTIF DU RÉACTEUR A L'AIR LIBRE EN PRÉSENCE DU PERSONNEL



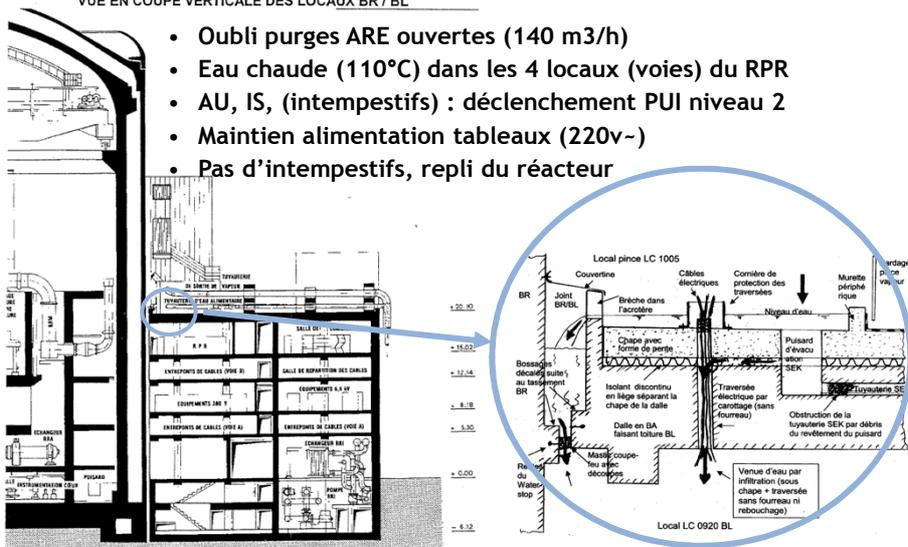
Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012



**NOGENT 1 - 30/09/05**

VUE EN COUPE VERTICALE DES LOCAUX BR / BL

- Oubli purges ARE ouvertes (140 m3/h)
- Eau chaude (110°C) dans les 4 locaux (voies) du RPR
- AU, IS, (intempestifs) : déclenchement PUI niveau 2
- Maintien alimentation tableaux (220v-)
- Pas d'intempestifs, repli du réacteur



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012



## Les enjeux du retour d'expérience

- ❑ Appréciation des points forts et des points faibles des installations pour homogénéiser le niveau de sûreté,
- ❑ Validation ou modification des règles déterministes et/ou probabilistes utilisées à la conception (par l'observation du fonctionnement des matériels, l'examen des incidents et le suivi de la fiabilité)
  - Importance de l'analyse par fonctions de sûreté (Vs « systèmes »)
  - Importance des mesures compensatoires du fait du délai entre incident et mesures correctives, vérification de l'efficacité des mesures correctives

• **Détection des « dérives de sûreté »**

« Accoutumance » aux écarts : « *l'imprévu est devenu l'attendu qui est devenu l'accepté* »

- Davis Besse (03/2002)

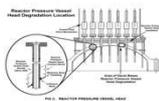


FIG. 1. REACTEUR PRESURE D'AXES

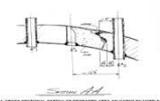
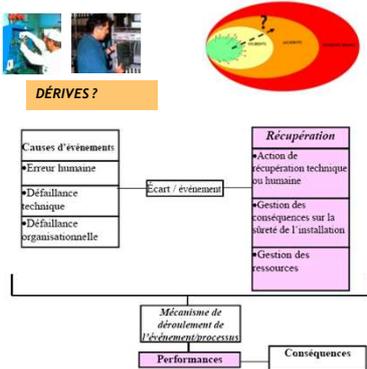


FIG. 2. CHANGEMENTS TECHNIQUES, MÉTHODES DE SÛRETÉ, DÉFAILLANCES, DÉFAILLANCES DE SÛRETÉ



FIG. 3. NOYAU



**DÉRIVES ?**

• Navette Columbia (02/2003)  
• (Traitement d'alarmes en SdC (« RECUPERARE »))

• **Sortie « admise » des hypothèses de conception**

- Les dérogations « à chaud » : Navette Challenger (01/1986)

La récupération de l'événement est aussi importante que les causes

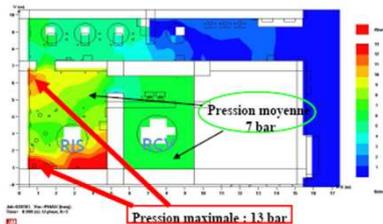
Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012


## L'expertise utilise des ÉTUDES DE SÛRETÉ afin de :

- Porter un avis pertinent sur les dossiers (confrontation) sur la base d'une méthodologie propre
- Valider les outils et calculs (domaine partagé)
- Se préparer à l'analyse de nouvelles méthodologies

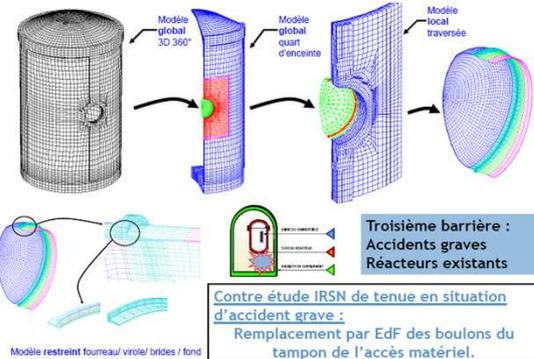
- Risque EXPLOSION
- Fuite H2 dans le BAN (démontage vanne)
- 135Nm<sup>3</sup>/h pendant 30 mn
- Etude de dispersion H2 et explosion

- RISQUE : FUSION DU CŒUR PAR BRÈCHE PRIMAIRE SANS INJECTION DE SÉCURITÉ



Pression moyenne : 7 bar

Pression maximale : 13 bar



Modèle global 3D 360°

Modèle global quart d'enceinte

Modèle local traversée

Modèle restreint fourneau/virote/brides/fond

**Troisième barrière : Accidents graves Réacteurs existants**

Contre étude IRSN de tenue en situation d'accident grave : Remplacement par EdF des boulons du tampon de l'accès matériel.

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012




## Des évolutions dans la prise en compte des agressions externes

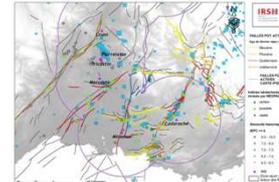
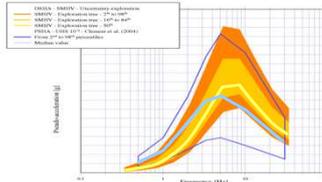
### Inondations

- Evaluation de l'aléa + RFS
- Analyse de la protection des équipements et des locaux, les moyens de surveillance et de maintenance
- Attention particulière aux risques de perte source froide et/ou alimentations électriques (approche évènementielle)
- Evolution de la méthodologie de protection : « REX BLAYAIS » (conditions supplémentaires)
- Rédaction d'un « guide inondation » actualisé (examen par les GP en 2012)



### Séisme

- Evaluation de l'aléa, prise en compte paléoséismes, définition spectre minimal forfaitaire (+ élaboration RFS & guide)
- Reprise des études de comportements sismiques conduisant à des renforts de génie civil, requalifications de matériel
- Etudes exploratoires et anticipatrices de révision des référentiels (périodes de retour, prise en compte des incertitudes, )



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## LES REEXAMENS DE SURETE : OBJECTIFS

### Les réexamens de sûreté

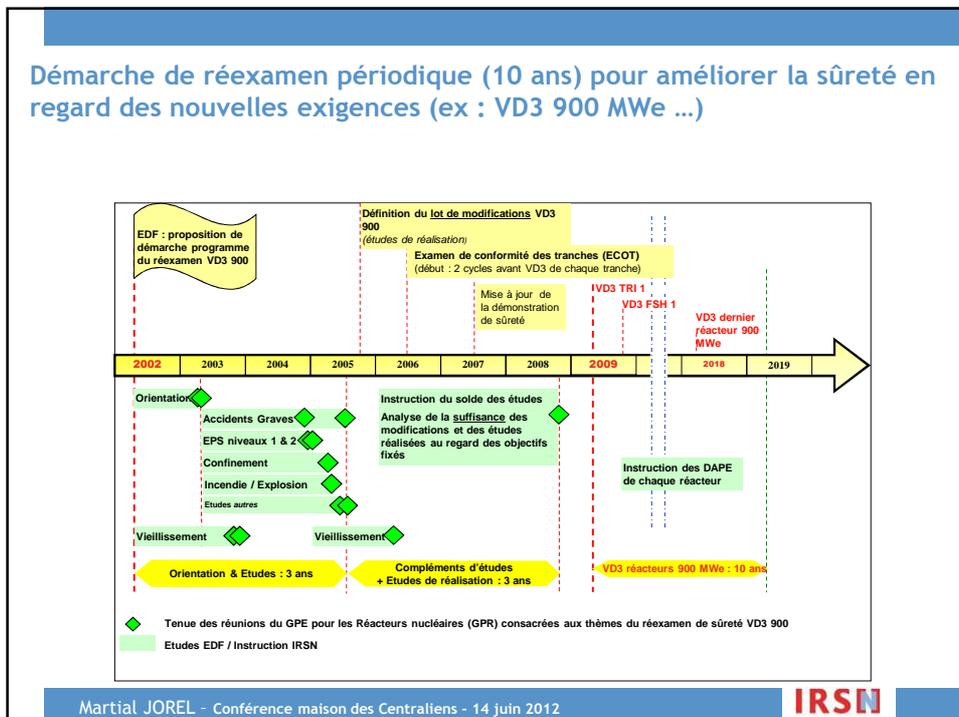
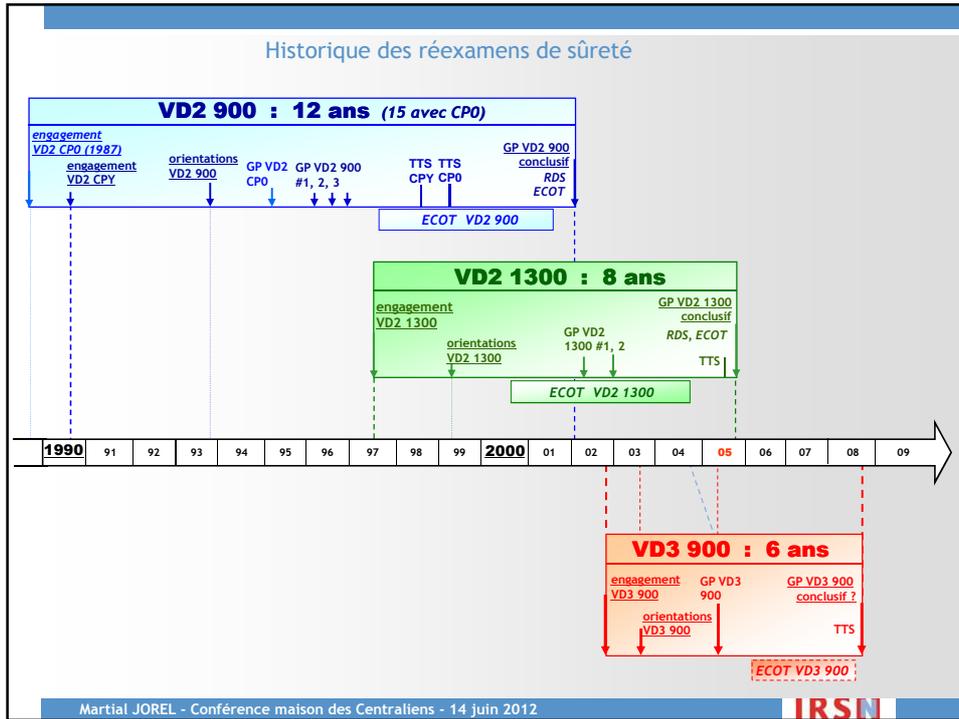
- Comparer la sûreté de l'installation
  - à son niveau de sûreté initial, (Afin de vérifier qu'il n'y a pas eu de dégradations depuis la mise en service,)
  - à celle des paliers en exploitation les plus récents (référence) (et juger de l'acceptabilité des écarts ou de la nécessité d'y remédier)
- Définir le lot de modifications décennales
- Effectuer un examen de conformité et corriger les écarts
- Se prononcer sur l'aptitude à poursuivre l'exploitation pour les 10 ans à venir

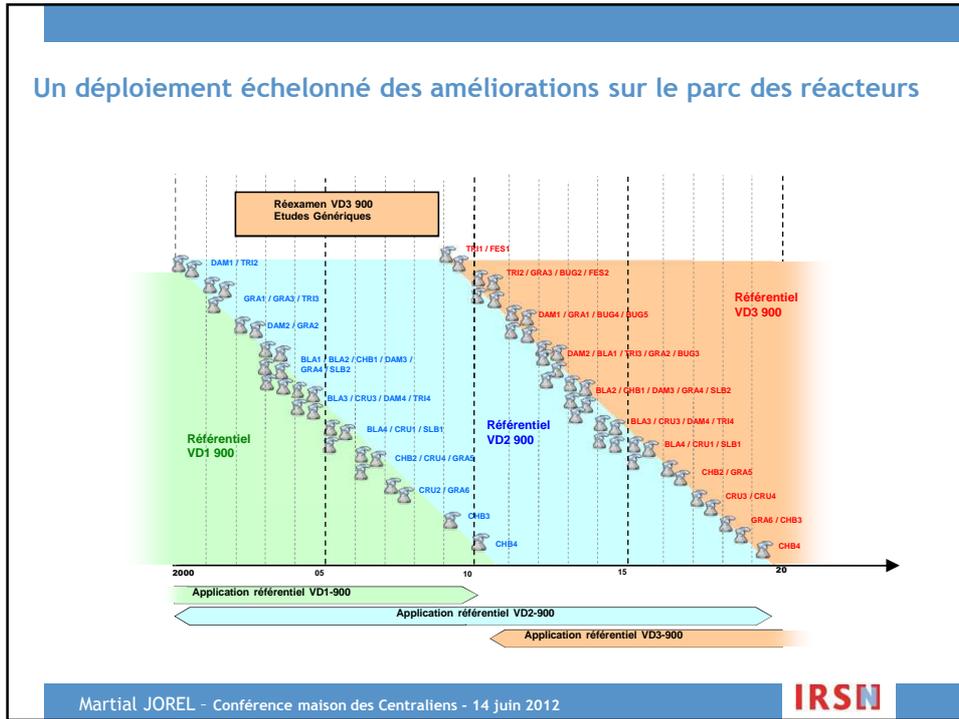
Les réexamens de sûreté, devenus récemment une exigence réglementaire (loi TSN) :

- **constituent un complément aux examens de sûreté réalisés lors de la mise en service des tranches** (Champ d'examen ciblé sur les domaines présentant les plus grandes évolutions, Permet d'améliorer la sûreté et la conformité)
- **permettent d'évaluer les domaines pour lesquels le REX apporte peu d'enseignements** (Agressions externes et internes, fonctionnement des systèmes de sauvegarde et de protection, conformité des matériels statiques, situations couvertes par les études (EPS...))
- **Stabilisent le référentiel de sûreté entre deux visites décennales (VD)** (hors aléa majeur)
- **Examinent l'aptitude à l'exploitation sur une période de dix ans à venir** (après résultats des contrôles)

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN





### LES ACTIONS DE L'IRSN DANS LE DOMAINE DES ACCIDENTS GRAVES

**Les études et la R&D de l'IRSN ont contribué à la prise en compte des accidents avec fusion de cœur sur les réacteurs**

**Modifications réalisées**

- Mise en place de recombinés d'hydrogène.
- Fiabilisation des soupapes du circuit primaire pour dépressuriser en situation d'AG
- Mise en place d'un filtre à sable pour contrôler les rejets en situation d'AG

**Modifications « VD3 »**

- Implantation mesure H2
- Renforcement boulons TAM
- Détection percée cuve

**Analyse récupérateur corium EPR**

Contre expertise de la conception au moyen des connaissances acquises

**Poursuite des réflexions (réduction des risques de rejet) dans la perspective d'extension de la DDF des réacteurs**

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

**IRSN**

## Expertiser, c'est anticiper les améliorations de sûreté

### Extension la durée de fonctionnement des REP (40 à 60 ans) :

- deux grands axes d'expertise préfigurant les évolutions de sûreté impulsées par l'IRSN en 2010 (avant l'accident de FUKUSHIMA)

- **Impact des évolutions du référentiel de sûreté des réacteurs en exploitation**
  - l'objectif visé à terme est que le référentiel de sûreté des installations en fonctionnement soit le plus proche de celui des réacteurs de 3ème génération (EPR)
    - A ce titre, la réduction des rejets radioactifs (pour les accidents de dimensionnement et les accidents graves), notamment en regard des futurs réacteurs de 3ème génération (EPR), constitue un objectif majeur
- **Pérennité des référentiels de conformité (ou de justification) appelés par le référentiel de sûreté actuel**
  - L'objectif de cette analyse est de se positionner sur la pérennité des référentiels de démonstration de sûreté et de conformité des structures, systèmes et matériels IPS (critères)
    - période de fonctionnement comprise entre 40 et 60 ans en tenant compte de l'effet du vieillissement

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN IHES -

### L'ensemble de ces éléments contribue au maintien d'un niveau de sûreté satisfaisant des installations dans le cadre des référentiels d'exigences de sûreté actuels.

- Le souci d'amélioration continue de la sûreté fait appel à des experts et des spécialistes (aléas, systèmes, accidents graves, matériels) ainsi que des généralistes (connaissance approfondie des installations) au sein de l'IRSN.
- La mobilisation et la bonne connaissance technique de l'IRSN a permis une **contre expertise efficace de l'ensemble des volets des dossier ECS** du fait de la bonne connaissance préalable des sujets, avec la recherche de cohérence transverse.

### » La méthode de travail pour les ECS est différente de l'approche usuelle de sûreté :

- Les ECS sont réalisées dans un calendrier contraint sur des sujets complexes. Les évaluations impliquent d'aller au-delà du domaine couvert par l'approche usuelle de sûreté.
- Les aléas visés sont d'un niveau extrême, cumulés forfaitairement à des pertes totales de fonctions de sûreté.

- » Les ECS doivent permettre d'identifier les principaux éléments participant à la robustesse des installations et de définir les priorités en termes de modifications ou d'approfondissements nécessaires ou souhaitables

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## L'accident de FUKUSHIMA



➤ **Une situation inimaginable :**

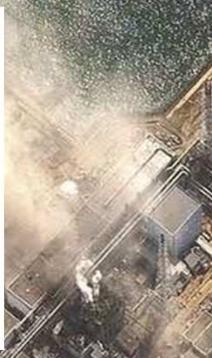
- Initiateur (Séisme + Tsunami) + dégradation environnement
- 6 réacteurs affectés (19 cœurs ..)
- Cinétique de perte des fonctions de sûreté très rapide
- Coexistence situation accidentelle et post-accidentelle (plusieurs mois ?)
- Moyens de contrôle des réacteurs et piscines extrêmement limités et précaires + impact entre installations
- Très grandes difficultés d'intervention pour le personnel

➤ **Compréhension de l'état des installations extrêmement complexe :**

- Incertitudes fortes sur l'état des trois fonctions de sûreté
- Idem sur les barrières
- Pronostic très difficile

➤ **Des phénomènes physiques critiques :**

- Dégradation du cœur
- Explosions H2
- Criticité
- Radiolyse piscines
- Dénoyage possible des piscines entraînant l'évacuation du site



**1<sup>ers</sup> enseignements « à chaud » de l'accident**

- Dimensionnement inapproprié de la centrale face aux agressions naturelles
- Pertes durables du refroidissement et des alimentations électriques
- Défaillances affectant toutes les installations d'un site - difficultés de la gestion à long terme.

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012 **IRSN**

## Rappel du contexte : un calendrier extrêmement contraint

23 mars  
Premier Ministre :  
Audit  
WENRA : 1ers  
éléments CDC

5-6 avril  
WENRA/RHWG  
CDC stress test

15 mars  
déclaration  
G. Oettinger  
Stress-tests

1<sup>er</sup> juin : démarche  
retenue par les  
exploitants

5 mai : Cahier des  
Charges ASN (avec S/T)

4 novembre  
Rapport IRSN

7-8-9 novembre  
GPR + GPU

Fin 2011  
prescriptions  
ASN

4 juillet  
rapport IRSN

6 juillet GPR +  
GPU

7-8-9 novembre  
GPR + GPU

Fin 2011  
prescriptions  
ASN

Jun/Oct 2011 : 110j  
inspections ASN+IRSN

15 septembre  
réponses  
exploitants aux  
ECS

Mars-Avril 2012  
Peer reviews  
européennes

9 décembre 2011,  
présentation des rapports  
intermédiaires au conseil  
européen

Jun 2012  
rapports  
finaux au  
conseil  
européen

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012 **IRSN**

## Contenu du cahier des Améliorations (l'ASN)

**3 volets**

- Agression
- Perte de fonction
- Situation d'AG

Des propositions qui doivent concerner tous les volets de l'évaluation

EDF	Réacteurs de puissance	Y compris les EPR en construction (Flamanville) ou en projet (Penly)
Institut Laue Langevin	Réacteur à haut flux	Réacteur à eau lourde produisant des faisceaux de neutrons pour la recherche
CEA	Réacteur Jules Horowitz	Réacteur de recherche (en construction)
MASURCA		Installation dédiée à la détermination de caractéristiques neutroniques pour les réacteurs à neutrons rapides
	OSIRIS	Réacteur de recherche
AREVA	ATPU	Production de combustible (en démantèlement)
	Site de La Hague	Retraitement de combustible
	PHENIX	Réacteur à neutrons rapides (en démantèlement)
	MELOX	Production de combustible
	Site du Tricastin	Etablissements d'AREVA NC, COMURHEX, EURODIF, Georges Besse II et de SOCATRI
	FBFC	Fabrication de combustible

**Eviter la perte d'une fonction fondamentale de sûreté**

**Eviter la survenue d'une situation redoutée**

**Possibilité de gestion d'un accident grave dans des situations extrêmes**

**IRSN**

## Les ECS : Une expertise multi - compétences

La démarche proposée par l'IRSN a été définie à ce stade pour permettre d'avoir une approche cohérente de l'ensemble des services pour l'analyse des dossiers.

**Elle a permis d'élaborer une « grille de lecture » des dossiers des exploitants en distinguant 3 aspects :**

- Vérification de la conformité des installations ;
- Vérification de la robustesse des installations pour les aléas du référentiel ou les situations considérées ;
- Proposition d'améliorations visant à maîtriser des situations accidentelles et des situations d'accident grave sur de longues durées ou affectant un site, ainsi que celles résultant d'agressions naturelles extrêmes (en l'occurrence séisme ou inondation)






**IRSN**

## La nécessaire maîtrise de la conformité des installations :

- La conformité des installations permet :
  - de s'assurer de la capacité des installations à faire face aux accidents postulés dans le cadre du référentiel de sûreté.
  - constitue ainsi un pré-requis à la robustesse des installations pour les situations considérées dans les ECS.
- Les principaux écarts de conformité connus à la date du 30 juin 2011 sont bien pris en compte par les exploitants dans leurs ECS. (Nécessité toutefois de compléter l'examen réalisé dans le cadre des ECS par un examen plus détaillé des éléments participant à la maîtrise des fonctions de sûreté dans les situations considérées dans les ECS (Examen prévu par les exploitants pour fin 2012)).
- Quelle efficacité des processus existants ? Quelle capacité des processus à remplir les fonctions attendues ?
  - Donner une image globale valide de l'état réel des installations, identifier les éléments qui fragilisent la conception (caractérisation des écarts de conformité et de leur cumul, vieillissement), élaborer, mettre en œuvre et suivre un plan d'actions propre à résorber les écarts de conformité en un temps raisonnable
- Des facteurs organisationnels clés :
  - Intégration de processus multiples, pilotage opérationnel des processus, gestion de la traçabilité requise aux différentes étapes des processus, les agresseurs potentiels de conformité (pérennité de la qualification des équipements et des systèmes)

Nécessité de poursuivre les réflexions et les actions engagées relatives à l'organisation du maintien en conformité des installations

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## 3. La robustesse des installations pour des situations postulées de pertes de sources d'énergie ou de refroidissement (cas EDF)

- En général, **délai avant fusion du cœur** de l'ordre de **1 à plusieurs jours** sur le 900 MWe, le 1300 MWe et sur 1450 MWe (avec utilisation de la turbo-pompe pour refroidir les générateurs de vapeur).  
Situations avec délais avant fusion limités à **qq heures** pour certaines situations de sites, situations suite à un séisme voire à une inondation...  
Délais avant découverture du combustible en piscine (sans rupture) : **de 1 à 5 j**
- **Délai avant rejets importants** (dispositif U5) **de 1 à 3 j** selon les scénarios  
**Délai avant percée du radier** de **quelques jours** (2 j pour Fessenheim après épaissement du radier)  
EPR : dispositif d'étalement du corium avec refroidissement passif puis actif (secouru par des diesels d'ultime secours / Source froide diversifiée.

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## La robustesse des installations pour des aléas au-delà du référentiel - effets induits

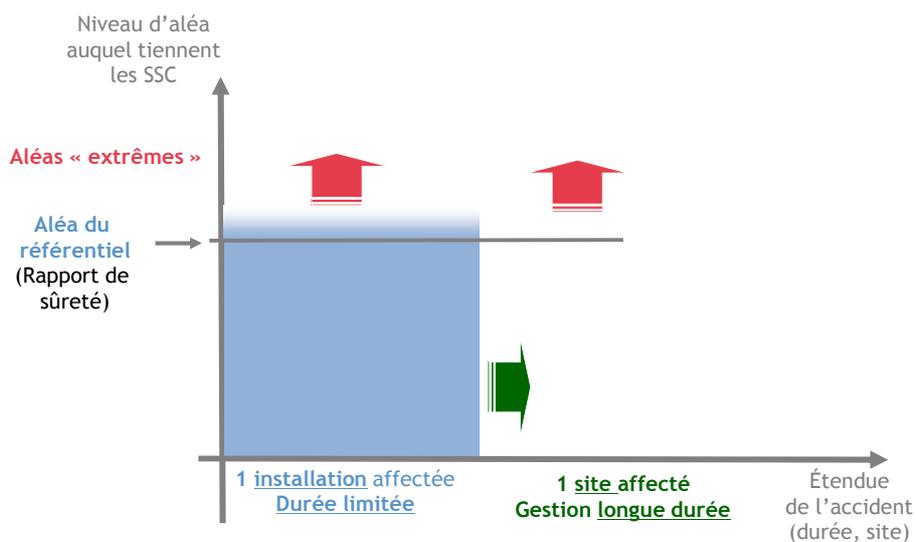
- D'autres effets que les situations étudiées dans le cadre des ECS peuvent être induits par un séisme ou une inondation ; il convient de prendre en compte notamment les risques :
  - ▶▶ d'incendie, dans les locaux IPS ou non IPS,
  - ▶▶ d'explosion,
  - ▶▶ de chutes de charges,
  - ▶▶ de ruptures de tuyauteries...
- Ces effets sont peu ou pas pris en compte par les exploitants dans le cadre des ECS. Des compléments d'analyse sont attendus.
- Les agressions induites sur l'environnement industriel (sur site ou hors site) doivent également être prises en compte dans la mesure où elles peuvent dégrader l'état de l'installation ou perturber de façon importante la gestion de la crise.



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

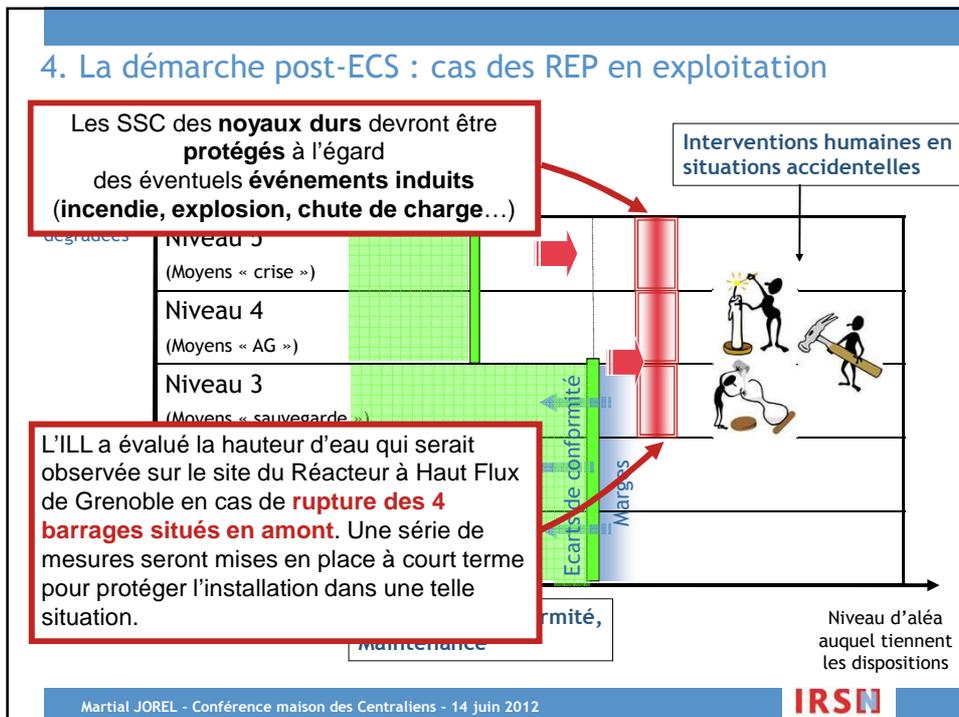
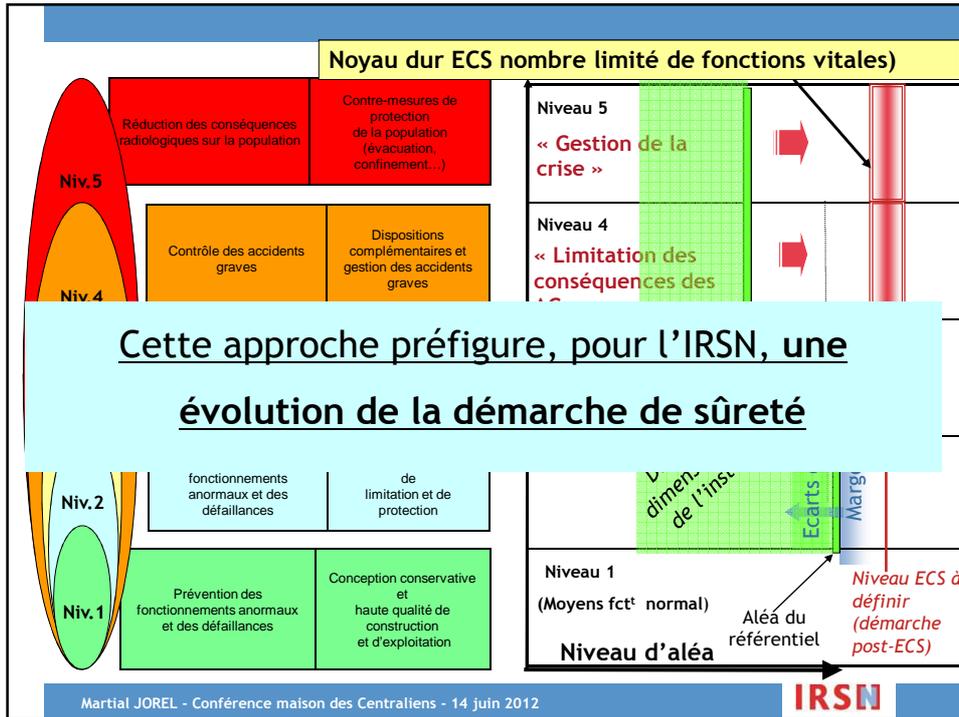
IRSN

## L'intégration des ECS dans l'approche de sûreté française : la situation actuelle et les lacunes identifiées



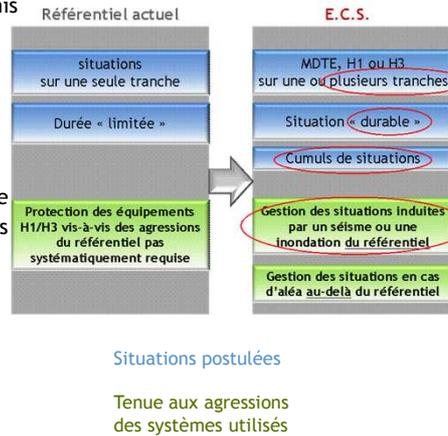
Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN



## En complément, les référentiels de sûreté existants doivent être complétés

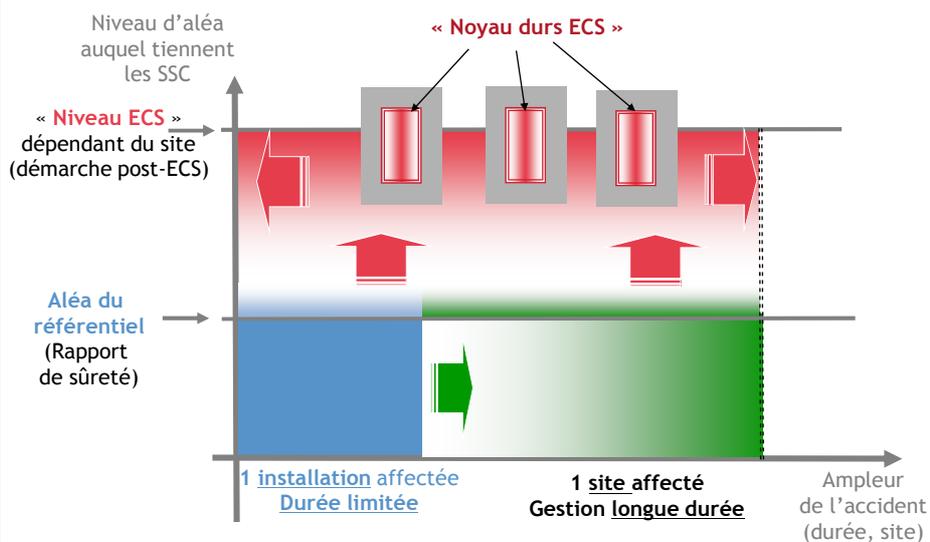
- Le retour d'expérience de l'accident de Fukushima d'une part, les évaluations complémentaires de sûreté d'autre part, ont mis en évidence la **nécessité de compléter les référentiels de sûreté actuels** dans certains domaines en particulier :
  - ▶ la caractérisation des mouvements sismiques (RFS 2001-01),
  - ▶ les combinaisons d'agressions à prendre en compte (externes, internes, avec les événements internes),
  - ▶ les exigences associées à un certain nombre de SSC (protection incendie, gestion des accidents graves...),
  - ▶ les durées de perte de source froide et de perte d'énergie...



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## 4. La démarche générale post-ECS - 3 domaines à faire évoluer



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## Conclusions de l'IRSN

### Priorité n° 1

Détection des écarts de conformité

Résorption de ces écarts dans des délais courts

### Priorité n° 2

Définition du « noyau dur ECS »...

... des niveaux d'aléa auxquels il doit résister...

... des exigences à lui appliquer.

### Priorité n° 3

Revoir certains référentiels de sûreté sans attendre les réexamens périodiques

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## Une amélioration continue de la sûreté sur les installations

### Le retour d'expérience (REX) :

- Le retour d'expérience du parc français  
->1500 années x réacteurs mises à profit

### Des réexamens de sûreté (10 ans)

- Des améliorations de sûreté lors des visites décennales (Objectifs de sûreté et études les plus récents)
- Mise à profit des études et de la R&D
- Dossier d'aptitude à la poursuite d'exploitation (+ 10ans)

### Une anticipation pour le parc

- Réflexions sur les objectifs de sûreté dans le cadre de l'extension de durée de fonctionnement

### Des évolutions des règles et doctrines

- Incident d'inondation de BLAYAIS (1999), accident de FUKUSHIMA

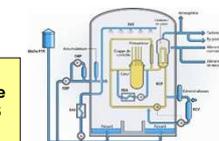
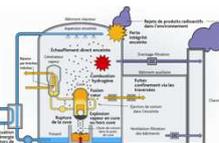
Organisation et moyens de crise robustes : communication, intervention, instrumentation, moyens externes, ...

La R&D et les études de sûreté (EPS de niveau 2) de réduction des rejets radioactifs

Avancées des études de sûreté pour la prévention de la fusion du cœur : les EPS de niveau 1

Validation de la conception enseignements des incidents

Vérification de la conformité des installations



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## Contexte Sociétal

### Accident de Fukushima → Forte demande de la société

- Les ECS : un point de cristallisation des demandes
- Souhait des CLI et associations : avoir accès aux connaissances de l'IRSN pour mieux comprendre et analyser les rapports des exploitants

Un engagement de l'IRSN pour répondre rapidement et le plus complètement possible aux interrogations de la société

#### Des séminaires d'information et d'échange

- 14 septembre 2011 : Séminaire Anccli-IRSN
- 24 novembre 2011 : Réunion de travail Anccli-IRSN
- 20 janvier 2012 : Séminaire Anccli-IRSN-ASN-HCTISN



#### Un rapport d'expertise rendu public dès le 17 novembre

- Facteur important de la démarche d'implication du public - salué par nos partenaires
- Les Cli, Greenpeace ont apprécié de pouvoir accéder rapidement à l'avis de l'IRSN. Suite à ces échanges, Greenpeace a rencontré l'IRSN le 24 février 2012 afin de présenter son rapport et en discuter.

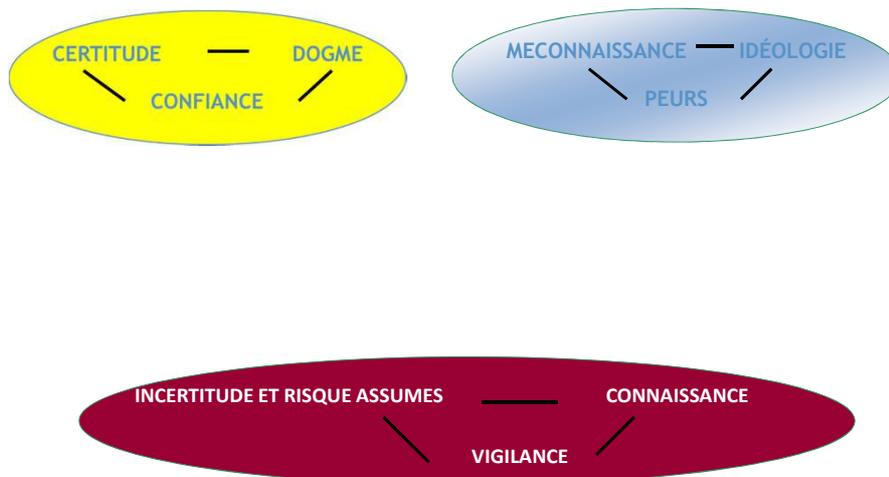
Au cours de ces trois évènements, l'IRSN a été amené à apporter des informations sur de nombreux points

- Dans le périmètre des ECS
- Souvent au-delà du champ défini initialement, sur des sujets jugés importants par les participants (réexamens de sûreté, vieillissement, historique et perspectives d'améliorations des installations ...)

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## Quelles bases de dialogue pour l'avenir?



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## Quelles bases de dialogue pour l'avenir ?

- ▀ Les préoccupations de la société
- ▀ Assumer les incertitudes et les risques
- ▀ Développer les connaissances et innover
- ▀ Accroître les vigilances

### La sûreté: davantage patrimoine que contrainte...

- ▣ La sûreté est au cœur du patrimoine nucléaire national
- ▣ Elle en définit la valeur et conditionne l'avenir de cette industrie. A ce titre elle motive l'innovation
- ▣ La sûreté nucléaire ne peut procéder que de la volonté de la nation, consciente de l'enjeu, et elle est mise en œuvre par chaque acteur concerné

Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

## Merci de votre attention

[www.irsn.fr](http://www.irsn.fr)



Martial JOREL - Conférence maison des Centraliens - 14 juin 2012

IRSN

