

10 ANS APRÈS FUKUSHIMA

Quelles améliorations pour la sûreté ?



© EDF - Didier Marc - PWP

Réunion publique de la CLI de Dampierre, le 25 novembre 2021

Sommaire

- Le REX de Fukushima et les ECS
- Des améliorations de la gestion des situations de crise
- L'importance de la conformité des installations pour faire face aux situations redoutées
- La maîtrise des situations de perte de la source froide (H1) affectant un site dans la durée
- La maîtrise des situations de perte totale des alimentations électriques (H3) affectant un site dans la durée
- La piscine d'entreposage du combustible
- De nouvelles améliorations à terme
- Conclusion



L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)

- L'IRSN regroupe **1700 experts et chercheurs** qui travaillent pour **évaluer les risques nucléaires et radiologiques et identifier les moyens de les réduire**.
- L'IRSN s'appuie sur **un effort continu d'étude et de recherche** pour développer :
 - sa compétence scientifique et technique,
 - sa capacité à produire des études et des avis **en toute indépendance** en s'affranchissant des conflits d'intérêt.
- L'IRSN publie ses avis sur son site internet : www.irsnn.fr.
- L'IRSN met en œuvre une **démarche d'ouverture à la société** visant à améliorer l'évaluation des risques par un dialogue renforcé avec la société civile : ouverture.societe@irsnn.fr.

Le REX de Fukushima et les ECS

- Plusieurs réacteurs ont été **totalement** privés
 - de **source froide** (situation dite « **H1** »)
 - d'**alimentation électrique** (situation dite « **H3** »).
- Les réacteurs ont été affectés **pour une longue durée**.
- Sur les réacteurs français, ce cas de figure n'avait pas été pris en compte à la conception.

En effet, avant 2011, on considérait qu'un seul réacteur pouvait être affecté, pour une durée limitée, en supposant une agression de niveau conventionnel.

Évaluations complémentaires de sûreté (ECS) de 2011



<https://www.irsn.fr/FR/expertise/theme/Pages/Avis-et-Rapports-Evaluations-complementaires-surete-ECS-Post-Fukushima.aspx#.YZoN4U6ZOUl>

RAPPEL – L'ACCIDENT DE FUKUSHIMA

11 mars 2011 :

- **Séisme** : arrêt automatique des réacteurs, perte des sources électriques externes (réseau électrique), démarrage des diesels ;
- **Tsunami** : perte de la source froide (mer), destruction des diesels des réacteurs 1 à 4 ;

11-15 mars : fusion des cœurs des réacteurs 1, 2 et 3 ; **explosions d'hydrogène** dans les bâtiments des réacteurs 1 à 4.



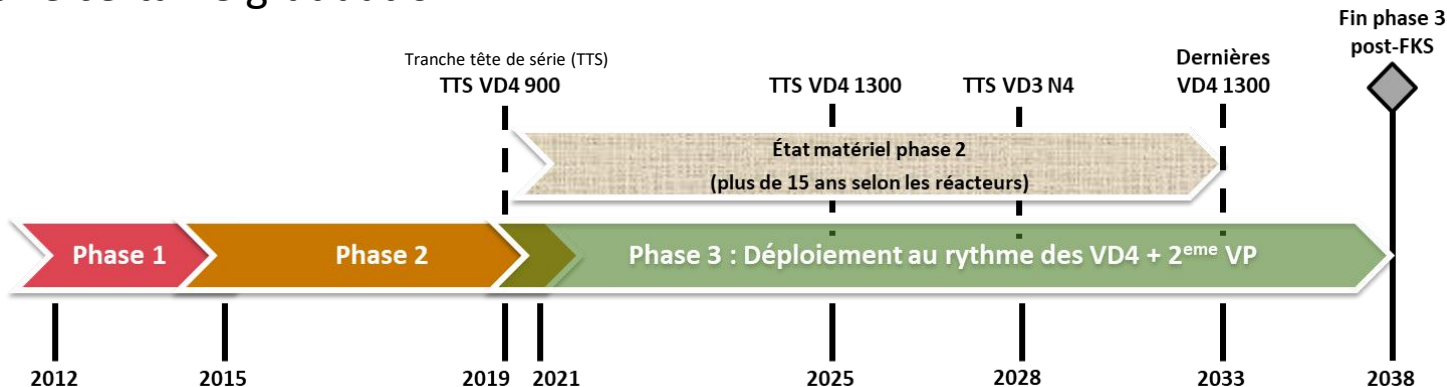
REP - INFORMATION POST-FUKUSHIMA
3/17

Le REX de Fukushima et les ECS

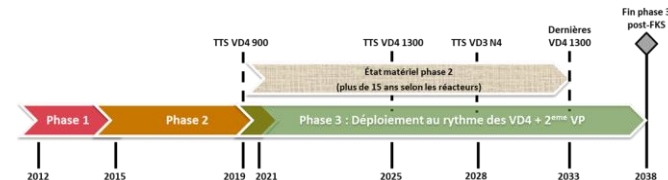
- À la suite des ECS, l'ASN a émis des prescriptions techniques définissant les nouveaux objectifs de sûreté à respecter par les exploitants.



- Pour y répondre, EDF a prévu le déploiement de dispositions en 3 phases successives selon une certaine graduation :



Le REX de Fukushima et les ECS



- **La phase 1** (2012-2015) prévoyait des dispositions visant à couvrir des situations H1 ou H3 **plus sévères** que celles considérées par les référentiels de sûreté en vigueur, en termes de **situations cumulées** (H1+H3), de **nombre de réacteurs concernés** sur un même site et de **durée**. Cette phase est achevée.
- **La phase 2** (2015-2021) prévoit une **meilleure couverture des situations H1 et H3** par rapport à la phase 1, en allant **significativement au-delà des référentiels de sûreté en vigueur**.
- **La phase 3** prévoit le déploiement d'un **noyau dur** de dispositions matérielles et organisationnelles avec pour objectif **d'éviter des rejets radioactifs massifs et des effets durables dans l'environnement** pour des situations extrêmes potentiellement consécutives à une agression externe extrême.



Des améliorations de la gestion des situations de crise



- Depuis l'accident de Fukushima, **EDF a fait évoluer l'organisation prévue en situation d'urgence**, qui prenait déjà en compte, depuis l'inondation du Blayais en 1999, des situations affectant l'ensemble d'un réacteur d'un site.
- Cette organisation est définie dans le **plan d'urgence interne (PUI)** de chaque site.
- Le **PUI** définit dorénavant l'organisation à mettre en œuvre pour traiter des situations d'urgence retardant le ralliement des équipes de crise (site isolé) et le renfort extérieur par la force d'action rapide nucléaire (FARN).





Des améliorations de la gestion des situations de crise

- **La FARN** dispose de moyens humains et techniques complémentaires. Elle peut **intervenir en moins de 24h sur un site accidenté**.
- Des points de raccordement aux installations ont été identifiés et équipés pour faciliter la mise en place des moyens de la FARN.
- EDF a renforcé ou complété certains locaux ou matériels existants sur les sites, en particulier les locaux de gestion de crise et les moyens de communication.



© PWP Laurent VAUTRIN



© Agence SIRA - Bruno BOU



Des améliorations de la gestion des situations de crise

- Ces dispositions sont en place depuis 2015 (Phase 1).
- Elles sont globalement comparables à celles mises en œuvre à l'international pour les installations de même type.
- **EDF va beaucoup plus loin avec la phase 3**, ce qui est positif, **mais logiquement avec des délais plus longs** (modifications « noyau dur » pérennes).
- **La FARN constitue un atout particulier d'EDF pour maîtriser les situations accidentelles.**





L'importance de la conformité des installations pour la maîtrise des situations redoutées

“

Disposer de moyens et de procédures de conduite pour faire face aux situations accidentelles est essentiel, tout autant que le niveau de confiance dans la disponibilité et la fiabilité des moyens de secours et de sauvegarde.

”

- Depuis l'accident de Fukushima, EDF a réalisé un **bilan de l'état des installations pour vérifier leur conformité aux exigences de sûreté**, en particulier des dispositions contribuant à la robustesse des installations à l'égard du séisme et de l'inondation.



L'importance de la conformité des installations pour la maîtrise des situations redoutées

- Au final, de nombreuses remises en conformité ont été réalisées par EDF après Fukushima (Phase 1).
- **En 10 ans, sur le parc français, des écarts significatifs sur les installations ont été corrigés** (REX station de pompage, REX diesels, etc.).
- EDF a fait évoluer ses processus de gestion des écarts, afin de pérenniser la maîtrise de la conformité des installations.

Actuellement, les installations sont plus robustes pour faire face à une situation extrême qu'avant l'accident de Fukushima.

Malgré des progrès significatifs, EDF doit rester vigilant quant à sa capacité à maintenir ses installations conformes dans le temps.



La maîtrise des situations de perte de la source froide (H1) affectant un site dans la durée

- Même à l'arrêt, **le cœur d'un réacteur doit en permanence être refroidi** pour évacuer la puissance résiduelle produite.
- Avant Fukushima, la perte d'un seul réacteur d'un site sur une durée de 100 heures était étudiée dans la démonstration de sûreté.
- Après Fukushima, **les calculs d'autonomie en eau, en tenant compte des réserves disponibles, ont mis en avant la nécessité d'avoir recours à une source d'eau supplémentaire (source d'eau ultime)**.
- L'utilisation de cette source d'eau ultime serait décidée dans le cas où les solutions d'appoint prévues par la conduite incidentelle et accidentelle seraient toutes en échec.

➡ La maîtrise des situations de perte de la source froide (H1) affectant un site dans la durée

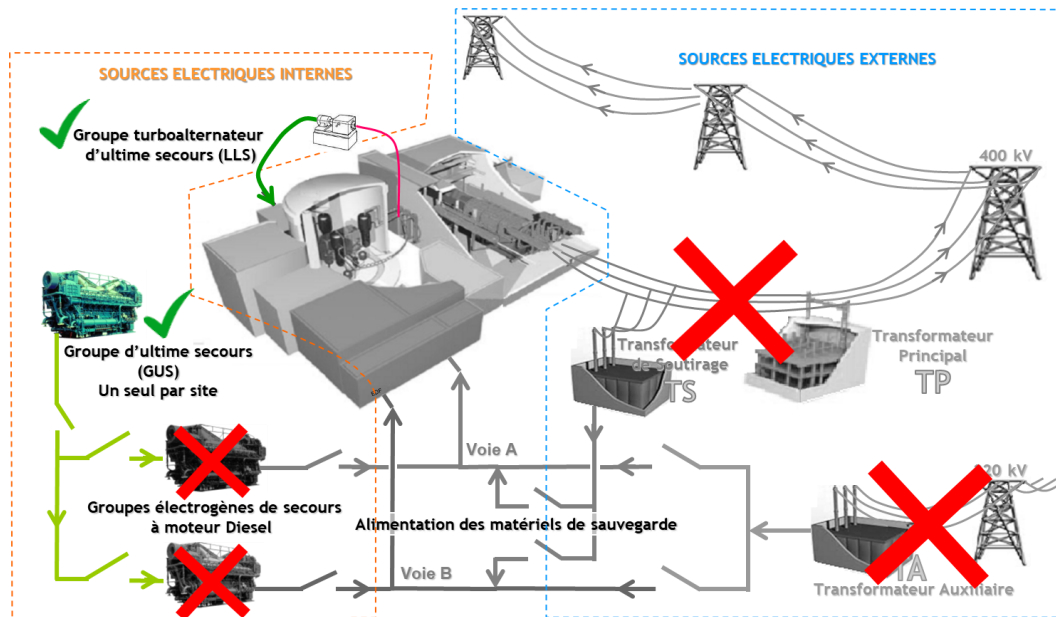
- En tenant compte des sources ultimes (pérennes et provisoires), **les réserves en eau de l'ensemble des sites seront suffisantes d'ici fin 2021 pour gérer les situations « H1 de site »** résultant d'agressions ou de cumul d'agressions d'un niveau conventionnel.



- En cas de difficultés techniques (production insuffisante de certains puits ou qualité des nappes) ou de retard liés aux études environnementales, des bâches souples sont installées de manière compensatoire.

➡ La maîtrise des situations de perte totale des alimentations électriques (H3) affectant un site dans la durée

- Une situation dite « H3 » est **une situation de perte totale des alimentations électriques**, incluant la perte des moyens de production électrique de secours de chaque réacteur.
- **Seuls les moyens d'alimentation électrique dits « ultimes » sont opérationnels.**





La maîtrise des situations de perte totale des alimentations électriques (H3) affectant un site dans la durée

- Depuis l'accident de Fukushima, EDF a fait évoluer les procédures de conduite des situations H3 tout d'abord grâce au déploiement des matériels relevant de la phase 1.
- Ces évolutions ont permis de **renforcer la robustesse de la conduite prévue, notamment avec le déploiement d'un groupe électrogène de secours (GE LLS, dit « mini DUS ») permettant d'alimenter les équipements de contrôle-commande nécessaires au repli du réacteur, l'éclairage de secours de la salle de commande et les mesures de niveau de la piscine du bâtiment d'entreposage du combustible.**



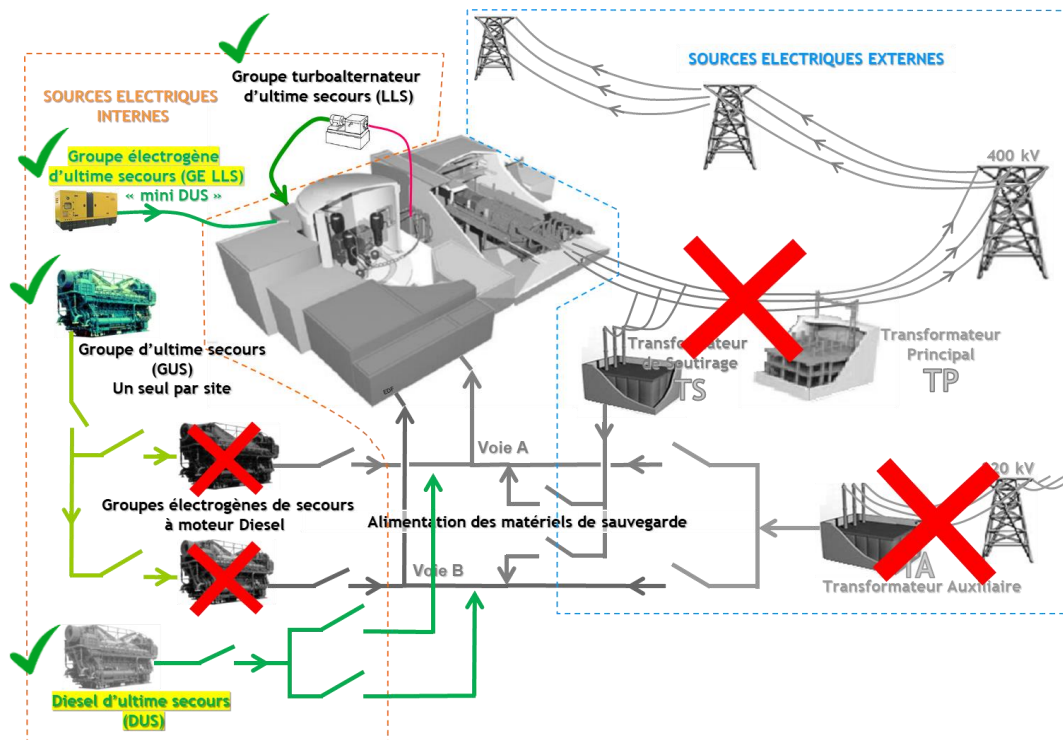
La maîtrise des situations de perte totale des alimentations électriques (H3) affectant un site dans la durée

- Entre 2015 et 2021 (Phase 2), EDF a également construit un diesel d'ultime secours (**DUS**) **pour chaque réacteur.**
- Cet équipement relevant du noyau dur a été **conçu pour résister à des aléas extrêmes.**
- La mise en place des DUS, ainsi que leur valorisation dans les procédures de conduite, permet de **disposer d'un nouveau moyen de réalimentation de tout ou partie des matériels de sauvegarde de chaque réacteur,** y compris dans les situations de H3 de site.



➡ La maîtrise des situations de perte totale des alimentations électriques (H3) affectant un site dans la durée

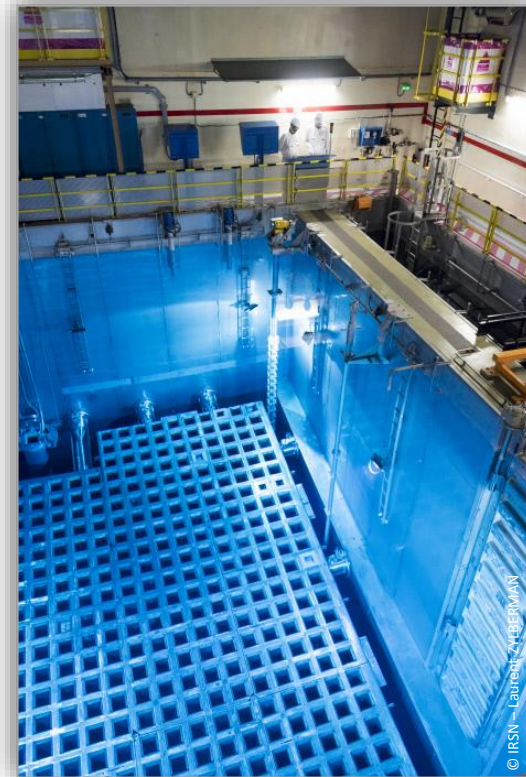
- **La construction des DUS** et la disponibilité de plusieurs matériels fixes ou mobiles, utilisables par les équipes de crise, **constituent des améliorations de sûreté significatives** à la gestion des situations de perte des alimentations électriques.





La piscine d'entreposage du combustible

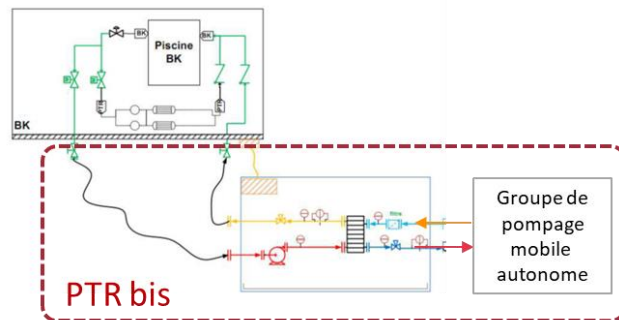
- Pour la maîtrise des situations accidentelles affectant la piscine d'entreposage du combustible, **le maintien sous eau des assemblages doit être assuré avec un haut degré de confiance**, car il garantit l'absence de conséquences radiologiques importantes dans l'environnement.
- En cas de perte des moyens de refroidissement normaux, **la stratégie consiste à évacuer la puissance résiduelle des assemblages par ébullition de l'eau de la piscine et à effectuer un appoint d'eau** de manière à maintenir un niveau d'eau suffisant dans la piscine.



© IRSN - Laurent ZIEBERMAN

➡ La piscine d'entreposage du combustible

- Dès la **phase 1**, des piquages ont été implantés permettant de fiabiliser l'appoint d'eau à la piscine, en sus de ceux déjà existants.
- À l'issue de la **phase 2**, un appoint à la piscine sera possible par la **source d'eau ultime** en cas de besoin.
- Enfin, en **phase 3**, pour permettre une reprise du refroidissement de la piscine dans le cas où le refroidissement par le système dédié est durablement affecté, **EDF met en place, au cours des VD4 900, un système de refroidissement mobile diversifié (PTR bis).**



➡ L'ensemble de ces dispositions constitue des améliorations significatives.



De nouvelles améliorations à terme

- La mise en œuvre de **la totalité des dispositions du noyau dur sera achevée avec la phase 3 du programme d'EDF**, s'effectuant au rythme des VD4 (lot A, puis lot B).
- Ces améliorations viendront compléter et renforcer les dispositions des phases précédentes.
- Ces dispositions permettront de faire face aux **agressions de niveau extrême**.
- Seront déployés en phase 3 :
 - un nouveau moyen permettant d'évacuer la puissance résiduelle du cœur,
 - un nouveau moyen permettant d'évacuer la puissance résiduelle de l'enceinte afin de limiter sa montée en pression,
 - un appoint ultime en eau (installation pérenne),
 - un contrôle-commande noyau dur,
 - un DUS (déjà opérationnel) qui permettra via une alimentation électrique dédiée d'alimenter l'ensemble des moyens du noyau dur.

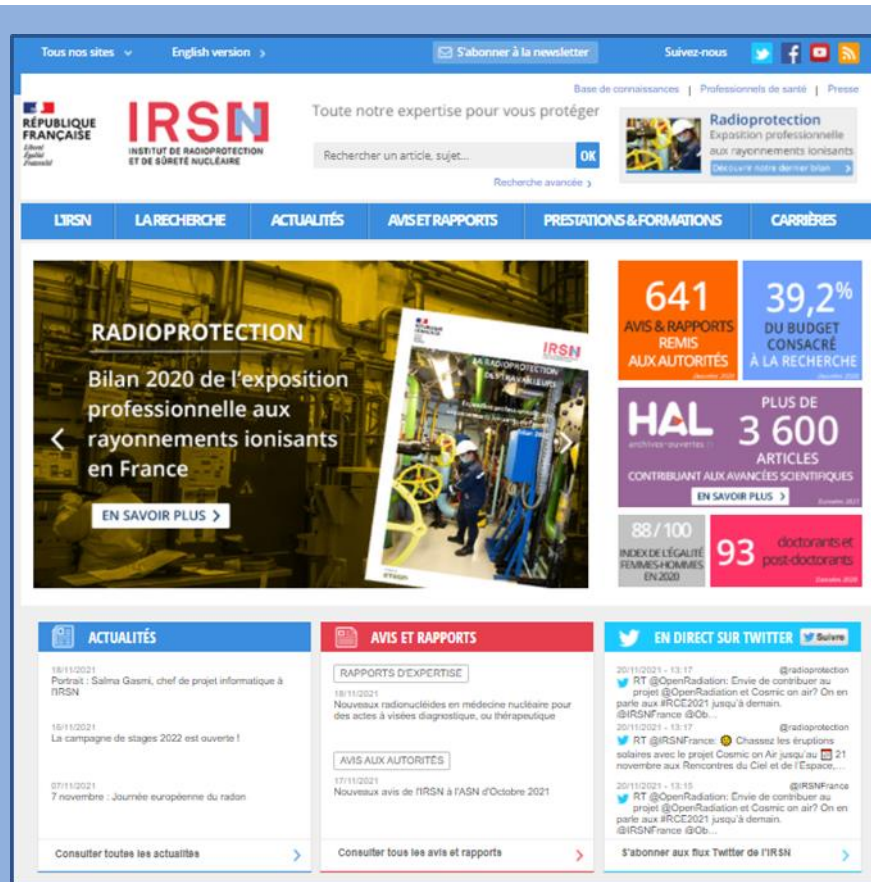


Conclusion

- L'IRSN considère que l'ensemble des dispositions prévues par EDF apparaît comme à l'état de l'art des dispositions en place à l'international dans des installations similaires.
- L'IRSN considère qu'EDF a déployé ou prévu de déployer **un ensemble de moyens très complet pour faire face à des agressions extrêmes, aussi bien en termes de prévention de la fusion du cœur que de limitation de ses conséquences.**
- La mise en œuvre de toutes ces améliorations devra s'accompagner de la définition de stratégies de conduite adaptées permettant d'optimiser l'utilisation des moyens qui seront alors disponibles.
- L'obtention de ces améliorations pour la sûreté se fait au prix d'un programme industriel conséquent sur l'ensemble du parc. De ce fait, **EDF devra resté vigilant quant à la bonne réalisation des modifications implantées sur les réacteurs.**



<https://www.irsnn.fr/FR/expertise/avis/2021/Documents/janvier/Avis-IRSN-2021-00001.pdf>



The screenshot shows the IRSN website interface. At the top, there are navigation links for 'Tous nos sites', 'English version', 'S'abonner à la newsletter', and 'Suivez-nous' with social media icons. The main header features the IRSN logo and the tagline 'Toute notre expertise pour vous protéger'. A search bar is present with the text 'Rechercher un article, sujet...'. Below the header, a navigation menu includes 'L'IRSN', 'LA RECHERCHE', 'ACTUALITÉS', 'AVIS ET RAPPORTS', 'PRESTATIONS & FORMATIONS', and 'CARRIÈRES'. The main content area is divided into several sections: a large banner for 'RADIOPROTECTION' titled 'Bilan 2020 de l'exposition professionnelle aux rayonnements ionisants en France'; a statistics box showing '641 AVIS & RAPPORTS REMIS AUX AUTORITÉS' and '39,2% DU BUDGET CONSACRÉ À LA RECHERCHE'; a box for 'HAL' (HAL archives ouverte) with 'PLUS DE 3 600 ARTICLES'; and a box for '88/100 INDEX DE LÉGALITÉ REVUES-HOMMES EN 2020' and '93 doctorants et post-doctorants'. At the bottom, there are three columns: 'ACTUALITÉS' with recent news, 'AVIS ET RAPPORTS' with reports, and 'EN DIRECT SUR TWITTER' with live tweets.

www.irsn.fr



Toutes les expertises de l'IRSN sont disponibles sur internet.

Une question ? Contactez nous :



ouverture.societe@irsn.fr

31 av. de la division Leclerc
92260 Fontenay-aux-Roses
RCS Nanterre B 440 546 018

TÉLÉPHONE
+33 (0)1 58 35 88 88

COURRIER
B.P 17 - 92260 Fontenay-aux-Roses

Actions d'ouverture à la société sur les évaluations complémentaires de sûreté (ECS)

● Séminaire ANCCLI - IRSN du 14 septembre 2011

- Objectif : donner aux participants des éléments techniques afin de s'appropriier les dossiers des exploitants nucléaires.
- Sujets traités : aléa sismique, inondation, perte de source froide, perte de source électrique et gestion de crise.



https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Nucleaire_et_societe/expertise-pluraliste/IRSN-ANCCLI/Pages/6-seminaire-ECS-septembre-2011.aspx.

● Réunion de travail ANCCLI - IRSN du 24 novembre 2011

- Présentation de l'expertise de l'IRSN et des premiers résultats des travaux de l'ANCCLI et de CLI.



https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Nucleaire_et_societe/expertise-pluraliste/IRSN-ANCCLI/Pages/7-reunion-ECS-Novembre-2011.aspx.

● Séminaire ANCCLI - IRSN - ASN - HCTISN du 20 janvier 2012

- Présentation du rapport de l'IRSN, de l'avis de l'ASN, des travaux de l'ANCCLI, de CLI, de Greenpeace et du HCTISN.



https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Nucleaire_et_societe/expertise-pluraliste/IRSN-ANCCLI/Pages/4-enjeux-surete-post-Fukushima-janvier-2012.aspx.



Actions d'ouverture à la société sur le noyau dur

● Séminaire ANCCLI - IRSN du 19 juin 2013

- Objectif : faire le point sur les évaluations complémentaires de sûreté pour les réacteurs électronucléaires en exploitation, notamment sur le « noyau dur », la « force d'action rapide nucléaire » et le plan national d'actions.



https://www.irsn.fr/FR/connaissances/Nucleaire_et_societe/expertise-pluraliste/IRSN-ANCCLI/Pages/13-Seminaire-ECS-noyau-dur-Juin-2013.aspx

● Séminaire ANCCLI - IRSN du 10 décembre 2013

- Objectif : faire le point sur les évaluations complémentaires de sûreté pour les installations nucléaires autres que les réacteurs électronucléaires en exploitation, notamment sur le « noyau dur »



<https://www.anccli.org/suivi-du-processus-des-ecs/>