



RÉPUBLIQUE
FRANÇAÏSE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

EXPERTISE EN ALÉA SISMIQUE POUR LA SÛRETÉ DES INB

Rencontres EPOS-France

EPOS - FR
EUROPEAN PLATE OBSERVING SYSTEM FRANCE

La sûreté nucléaire en France

la sûreté nucléaire est « **l'ensemble des dispositions techniques et des mesures d'organisation relatives à la conception, à la construction, au fonctionnement, à l'arrêt et au démantèlement des installations nucléaires de base ainsi qu'au transport de substances radioactives, prises en vue de prévenir les accidents ou d'en limiter les effets** »

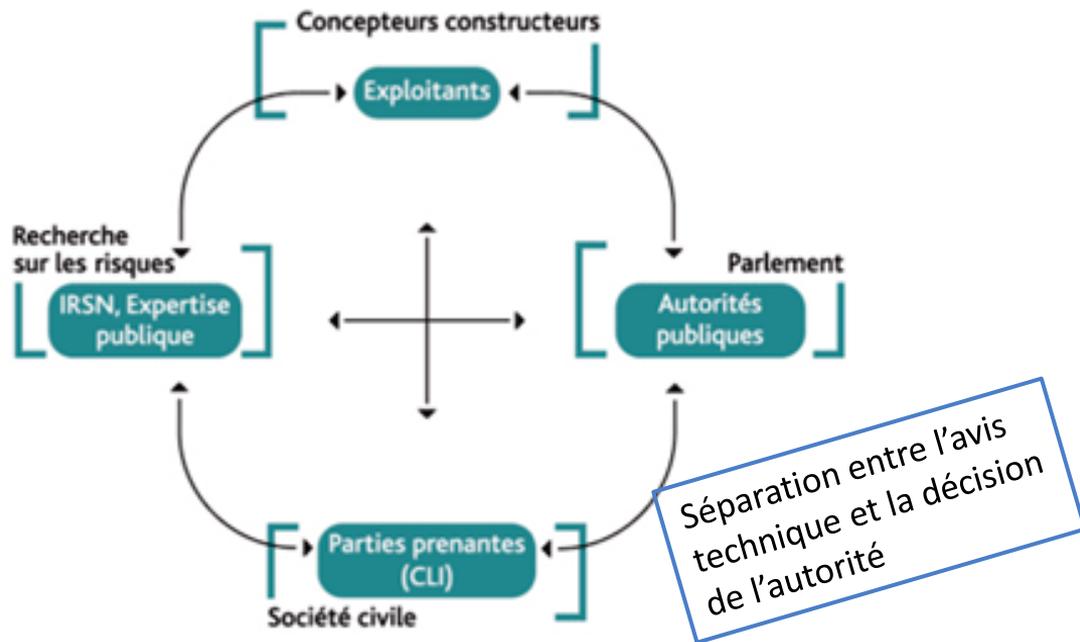
Les quatre piliers de la sûreté nucléaire en France:

Les exploitants d'installations nucléaires responsables au premier chef de la sûreté de leurs installations

L'autorité assure le contrôle de la sûreté nucléaire et de la radioprotection des activités nucléaires.

Le support technique de l'IRSN qui évalue les dispositions proposées par les exploitants et fournit un avis technique à l'autorité

La société civile qui observe le système et s'informe



L'expertise de sûreté couvre plusieurs domaines

Les études déterministes et les analyses probabilistes de sûreté constituent un élément essentiel de la démonstration de sûreté nucléaire, qui traite des :

- **défaillances internes d'équipements** dysfonctionnements, pannes ou endommagements d'équipements de l'installation, y compris résultant d'actions humaines inappropriées.
- **des agressions internes** événements trouvant leur origine à l'intérieur de l'installation et pouvant remettre en cause la sûreté de l'installation.
- **des agressions externes** événements trouvant leur origine à l'extérieure de l'installation et pouvant remettre en cause la sûreté de l'installation
- **Des cumuls plausibles entre ces événements.**

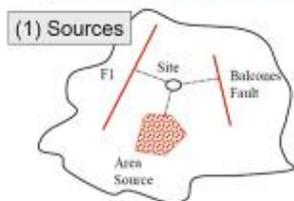
L'aléa sismique est étudié au titre des agressions externes.

L'expertise d'un dossier de sûreté portant sur l'évaluation de l'aléa sismique

La démarche est préconisée par les Règles Fondamentales de Sûreté **RFS** et/ou les **guides de l'ASN**

Approche déterministe > **des séismes analogues aux séismes historiquement connus sont susceptibles de se produire dans l'avenir en un lieu qui soit plus pénalisant quant à ses effets sur le site nucléaire** tout en restant compatible avec les données géologiques et sismologiques.

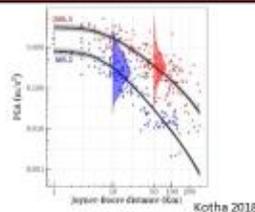
1- Sources sismiques



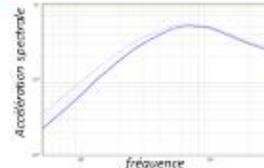
2- Activité sismique



3- Mouvement sismique (GMPE)

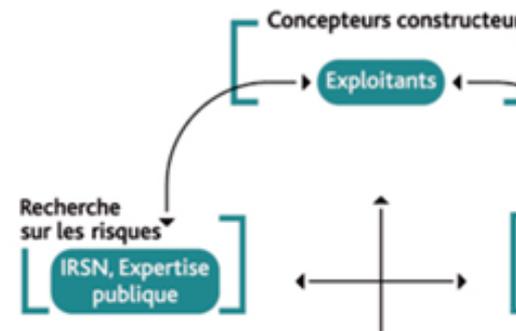


4- Aléa au site considéré



L'expertise d'un dossier de sûreté portant sur l'évaluation de l'aléa sismique

- Analyse des données d'entrée, prise en compte des évolutions des connaissances
 - Zonage
 - Failles
 - Catalogues de sismicité
 - Caractérisation de la géologie de subsurface
- Analyse des méthodes mise en œuvre, des choix et des hypothèses
 - Détermination des paramètres magnitude-profondeur des séismes historiques
 - Détermination des effets de site particuliers sur le niveau d'aléa sismique
 - ...
- Évaluation de la suffisance des niveaux d'aléa sismique retenus par l'exploitant vis-à-vis des incertitudes
 - Aléa rupture de surface
 - Génération d'accélérogrammes pour le génie civil



Expertise fondée sur le **dialogue technique** et sur la valorisation des **meilleures connaissances issues de la recherche scientifique**.

Le binôme recherche expertise



L'ORIENTATION DE LA RECHERCHE AU BERSIN

Actions de recherche fondamentale et appliquée

- Évolution des connaissances et des méthodes
- Échanges techniques de qualité avec les exploitants
- Anticiper les besoins d'expertise
- Faire évoluer les pratiques
- Participer à l'évolution/rédaction des règles et des guides

Participer/Piloter des **groupes de travail** en partenariat avec l'académie et l'industrie

Participer/Piloter des **programmes de recherche** nationale et européens

Former

Communiquer

Enjeu 1

Les sources sismiques : géométrie et potentiel sismogène

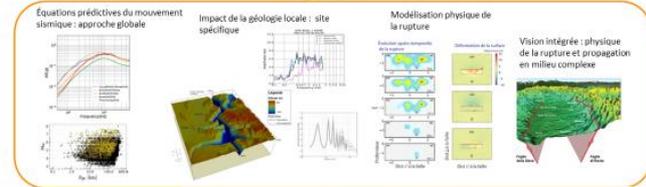


Les catalogues de sismicité : Historique et instrumentale



Articulation de la recherche en aléa sismique : le mouvement sismique

Enjeu 2

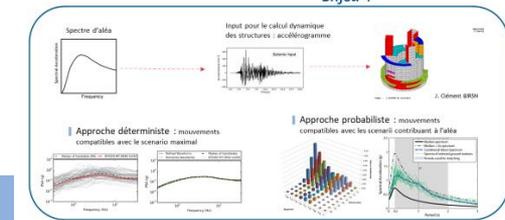


Interaction entre les différents enjeux : l'enjeu 3

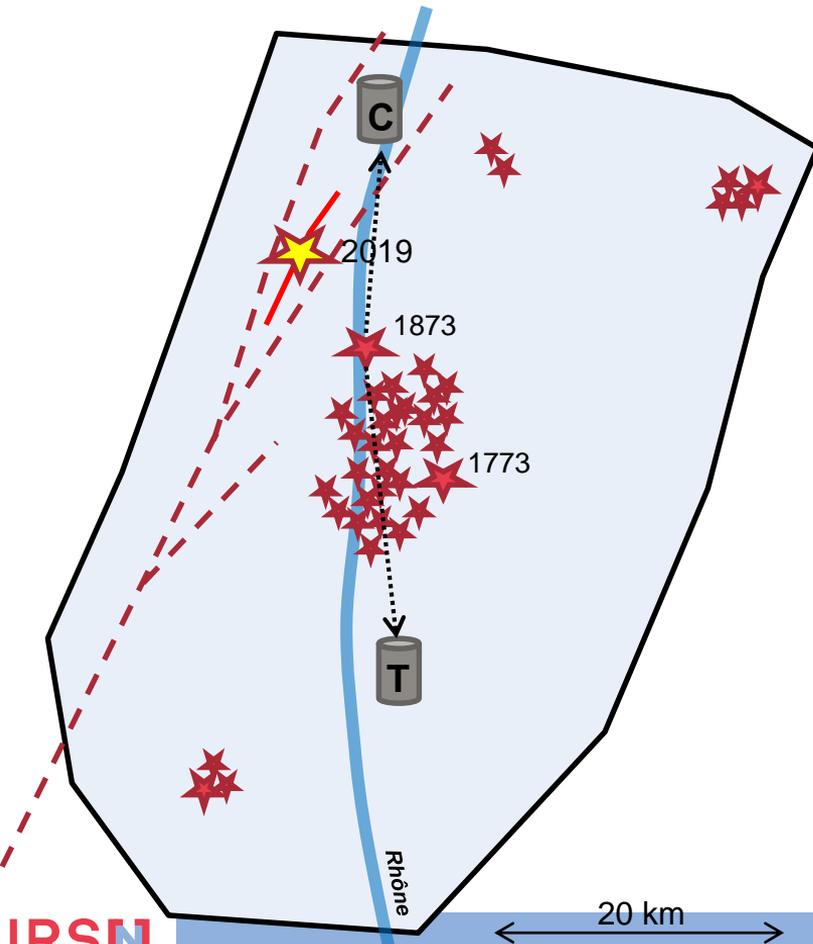


Vers la définition de risque sismique : enjeu 4

Enjeu 4



Le binôme recherche et expertise par la pratique - Etape 1



Approche déterministe réglementaire

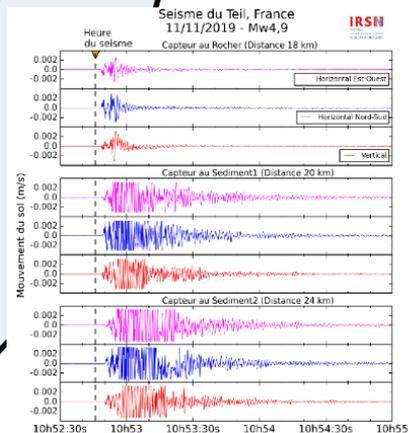
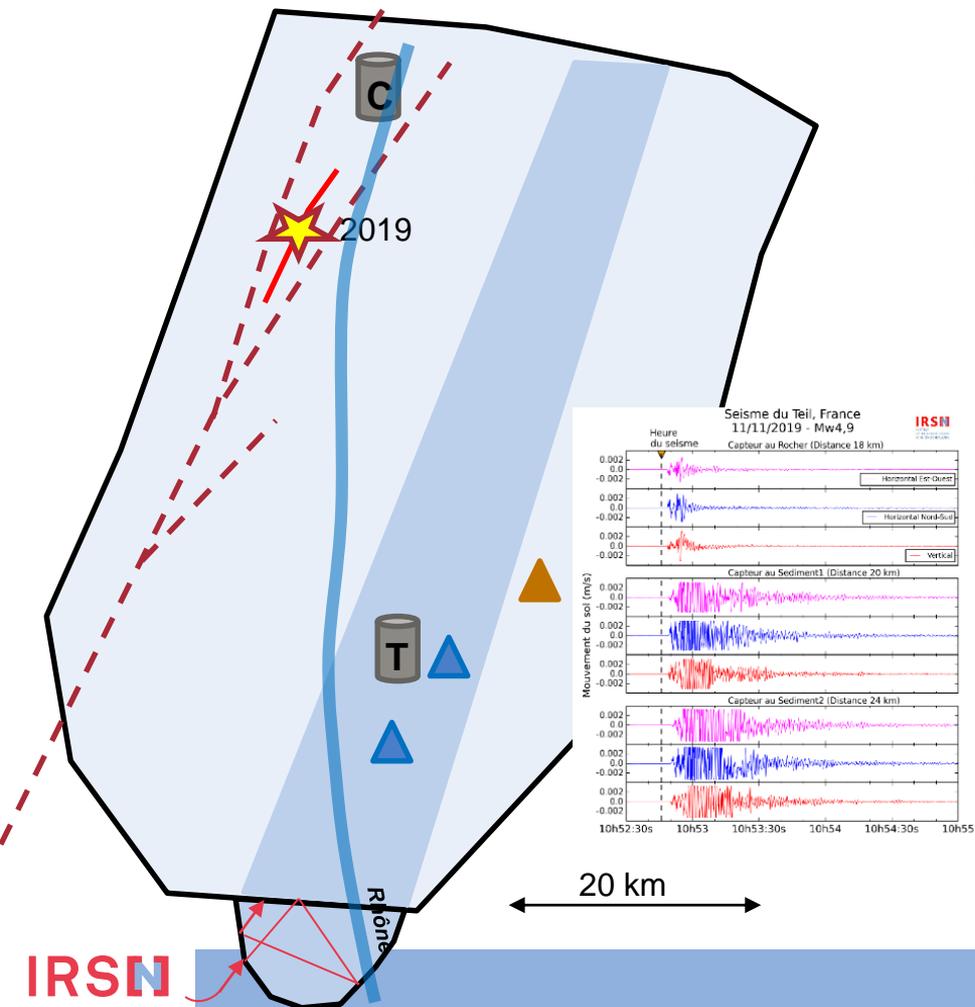
- 1) Identifier des sources au potentiel sismogène homogène (failles, zones)
 - Zone de sismicité diffuse (zonage sismotectonique)
 - Système de faille reconnu mais à l'activité débattue (BDFa)
- 2) Identifier les séismes les plus forts connus historiquement
 - Recherches documentaires (Sisfrance)
 - Détermination magnitude / profondeur (loi I-M-h)

Novembre 2019 un séisme plus fort active un segment du système de failles

- 1) Ce séisme illustre le potentiel sismogène de la faille, remet-il en question celui de la zone?
- 2) Quelle est la capacité de la faille à produire des séismes plus forts, en-a-t-elle produite par le passé?
- 3) Existe-t-il d'autres failles potentiellement actives dans la zone?
- 4) Dans quel mesure les perturbations transitoires: (e.g. carrière, pluie) ont-t-elles favorisé le déclenchement de ce séisme? Quid des séismes connus historiquement?
- 5) Ce séisme est plus superficiel que les séismes historiques de la région, doit-on revoir la manière de déterminer les paramètres M, h de ces séismes historiques?
- 6) Faut-il développer des équations de prédiction de l'intensité adapté aux séismes superficielles ?

E
X
P
E
R
T
I
S
E

R
E
C
H
E
R
C
H
E



Approche déterministe réglementaire

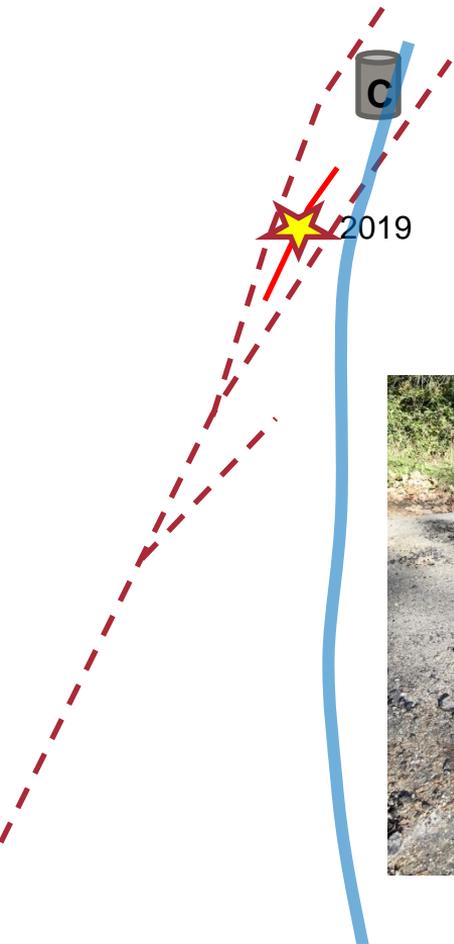
- 1) Source sismique identifiée (étape 1) : M, D
- 2) Appliquer l'équation de prédiction du mouvement sismique préconisée par la RFS2001-01 avec les conditions de sol du site (classe de sol) => spectre de réponse
- 3) Pour certaines conditions géologiques de site particulières, faire une étude spécifique pour prendre en compte ces conditions dans l'estimation du mouvement sismique

Novembre 2019 : Le séisme du Teuil de Mw4.9

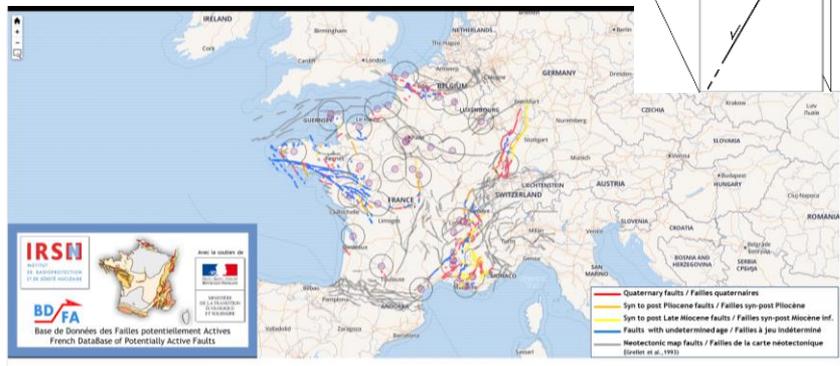
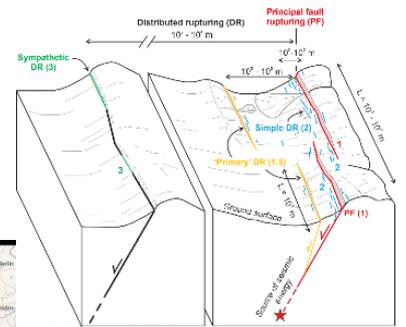
- 1) Si le séisme du Teuil se produisait sous une centrale, quel serait le mouvement sismique à retenir:
 - Existence de modèles de prédiction du mouvement adaptés aux séismes superficiels?
 - Comment prendre en compte le champ proche?
- 2) L'ancien canyon du Rhône piège les ondes sismiques (effets de site) ; quel est le mouvement sismique à prendre en compte pour les centrales situées à l'aplomb du canyon ?
- 3) Comment définir un mouvement au substratum rocheux?

Avis n° 2023-AV-0420 de l'Autorité de sûreté nucléaire du 13 juin 2023 sur les perspectives de poursuite du fonctionnement des réacteurs électronucléaires d'EDF jusqu'à leurs 60 ans

Si l'existence sous le site de Cruas d'une faille capable d'induire une rupture en surface était confirmée, la démonstration de sûreté de cette centrale serait complexe à établir. Elle pourrait nécessiter des travaux conséquents, voire remettre en cause la poursuite du fonctionnement des réacteurs de la centrale nucléaire de Cruas, indépendamment de l'échéance des réexamens périodiques.



Création en 2016 du WG ESC Fault2SHA
évaluation de l'aléa associée à rupture de surface
Publication de la BDFA en 2017 suivie par les actions ATS FACT



Baize et al 2020 ; Jomard et al 2017

POSITION

RECHERCHE

Le rôle de l'IRSN dans EPOS-France

L'IRSN œuvre à l'interface entre la recherche académique et l'expertise de sûreté en support des décisions de l'autorité.

Ce positionnement nous mène à anticiper et motiver des recherches en amont de l'examen des dossiers de sûreté transmis par les exploitants et de l'évolution des réglementations

L'IRSN a été moteur dès le départ dans les activités du RAP, de RénaG, l'instrumentation sismologique en forage ou autour des failles. Aujourd'hui il est impliqué dans l'ATS (aléa, macrosismicité, FACT)

EPOS-France est l'instrument qui a structuré la communauté et a permis une évolution majeure des pratiques du BERSSIN en accélérant notamment la prise en compte des résultats de la recherche académique dans l'expertise.

Parmi les éléments cruciaux qui auront un impact significatif dans l'avenir on pourrait citer :

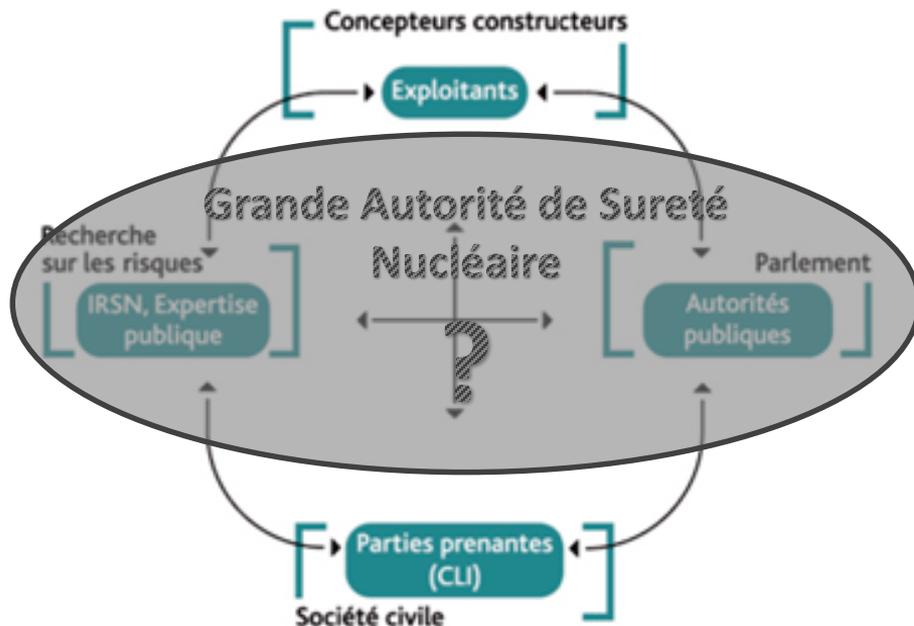
- La constitution de catalogues de sismicité homogènes (magnitude, localisation, profondeur);
- L'identification des sources sismogéniques en France et une meilleure compréhension des processus qui en gouvernent l'activité;
- L'observation et la modélisation des paramètres sismologiques et géologiques contribuant à moduler le mouvement sismique.

Notre futur est incertain

IRSN

INSTITUT DE RADIOPROTECTION
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

EN DANGER



[Pétition · Huit principes pour une gouvernance de la sécurité nucléaire · Change.org](#)

Principe n°1 : Les Autorités de l'Etat chargées de la sécurité nucléaire sont indépendantes des exploitants nucléaires

Principe n°2 : L'Expert public des risques nucléaires et radiologiques est indépendant des exploitants nucléaires

Principe n°3 : L'organisation sépare clairement les fonctions d'expertise et de décision

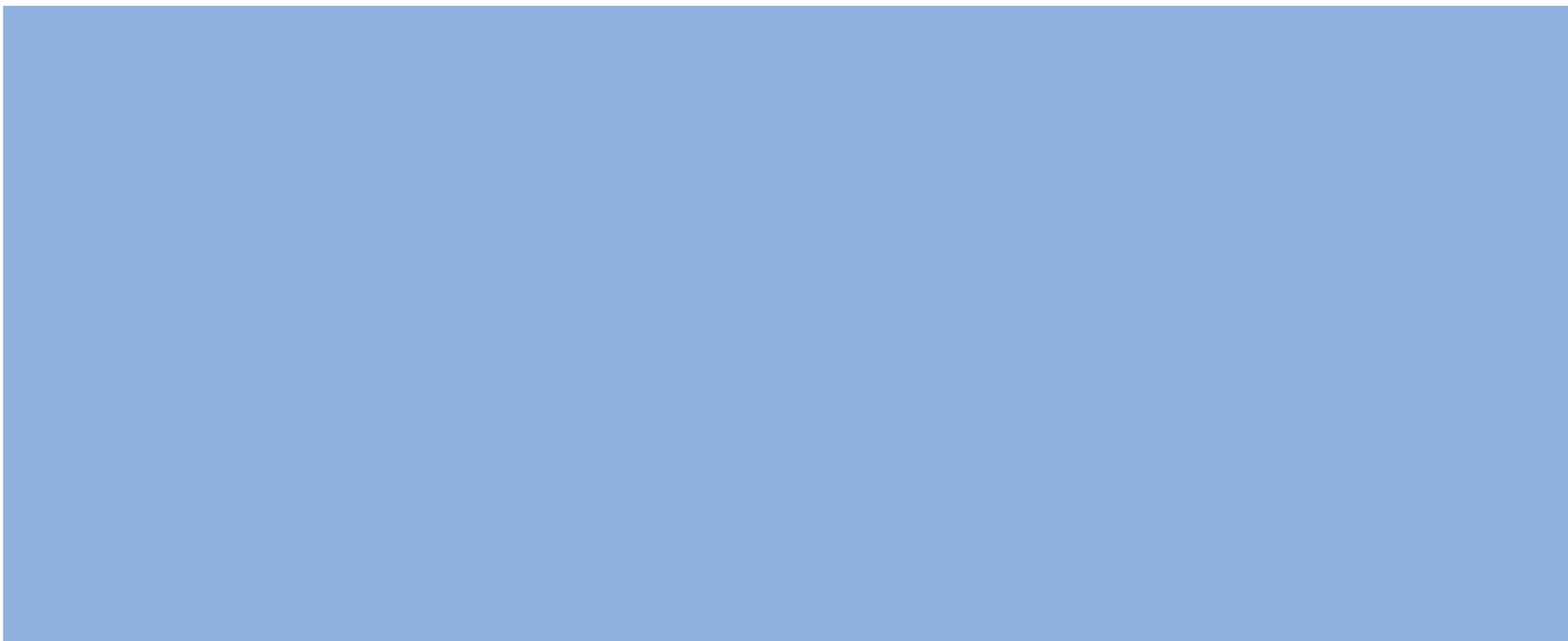
Principe n°4 : L'Expert public réalise des recherches scientifiques en support à ses expertises

Principe n°5 : L'Expert public examine l'ensemble des dimensions de la sécurité nucléaire

Principe n°6 : L'Expert public évalue les installations civiles et celles relevant de la Défense nationale

Principe n°7 : L'Expert public développe un dialogue permanent avec la société civile

Principe n°8 : L'Expert public et les autorités disposent des moyens financiers, des effectifs et de l'attractivité salariale et sociale, nécessaires à la réalisation de leurs missions



La sûreté nucléaire en France : le rôle de l'Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaires

- L'IRSN est un organisme de support technique (TSO) de l'Autorité de Sûreté Nucléaire
- L'IRSN « *publie, lorsqu'ils ne relèvent pas de la défense nationale, les avis rendus sur saisine d'une autorité publique ou de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), en concertation avec l'autorité concernée* » (Code de l'environnement Livre V - Titre IX - Chapitre II - Section 7 - Article L592-47).
- Depuis mars 2016, les avis de l'IRSN répondant à une saisine de l'ASN sont publiés sur le site internet de l'IRSN : <https://www.irsn.fr/expertise/avis-aux-autorites-par-annees>
- L'ASN émet des courriers de prise de position, adressés aux exploitants, en s'appuyant sur les avis techniques de l'IRSN. L'ASN rend publics les courriers de prise de position qu'elle émet sur des sujets importants.
<https://www.asn.fr/l-asn-controle/actualites-du-controle/installations-nucleaires#courriers-de-position>

Les règles et les guides de l'ASN



Règle fondamentale de sûreté n°2001-01

Domaine d'application : Installations nucléaires de base à l'exception des stockages à long terme de déchets radioactifs

Objet : Détermination du risque sismique pour le sûreté des installations nucléaires de base de surface.



ASN/GUIDE/2/01

Prise en compte du risque sismique à la conception des ouvrages de génie civil d'installations nucléaires de base à l'exception des stockages à long terme des déchets radioactifs



RÈGLE N° I.3.b
(8 juin 1984)

Tome 1: Conception générale de la centrale et principes généraux applicables à l'ensemble de l'installation.
Chapitre 3 : Principes généraux de conception et d'installation.
Identification de la règle dans le chapitre : b.

OBJET : Instrumentation sismique.

Domaine d'application : Sites des centrales nucléaires comportant un réacteur à eau sous pression.

Dans le domaine de l'aléa sismique

Règle Fondamentale de Sûreté RFS2001-01

- Préconise les étapes pour l'évaluation de l'aléa sismique suivant une approche déterministe

[ÉVALUATION FONDÉE SUR LA SISMICITÉ CONNUE (PÉRIODE HISTORIQUE ET INSTRUMENTALE)

RFS I. 3.b

- Instrumentation sismique

Guide ASN 2/01 de 2006

- Prise en compte du risque sismique pour la conception des ouvrages de génie civil d'installations nucléaires de base à l'exception des stockages à long terme des déchets radioactifs

Référentiels internationaux sur des points spécifiques (AIEA, NRC)

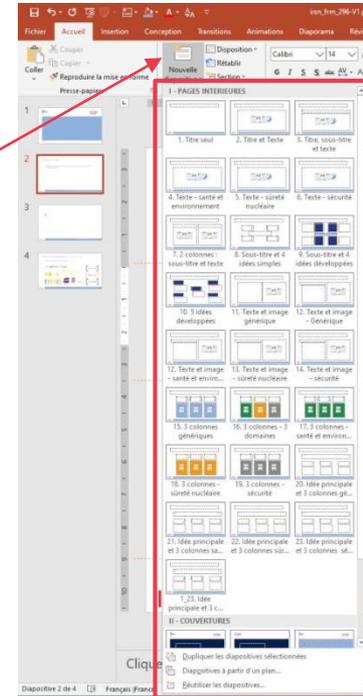
Bon à savoir



LES DISPOSITIONS DU MODÈLE

- Ce modèle vous offre un vaste choix de disposition :
 - 4 dispositions de diapositive de titre (couverture)
 - 25 dispositions de contenus.
- Toutes ces dispositions sont visibles lorsque vous créez une nouvelle diapositive

Exemples de dispositions...



Démarche déterministe d'évaluation de l'aléa sismique selon la RFS 2001-01

[ÉVALUATION FONDÉE SUR LA SISMICITÉ CONNUE (PÉRIODE HISTORIQUE ET INSTRUMENTALE)

- Identification et sélection des séismes de référence à partir de la base de données de sismicité historique de la France métropolitaine (SisFrance) et d'un zonage sismotectonique
- Translation des séismes de référence retenus dans chaque zone au plus près du site. Le séisme (ou les séismes) de référence ayant l'impact le plus fort au site est (sont) alors retenu comme étant le « **séisme maximal historiquement vraisemblable** » (SMHV).
- Définition du « **séisme majoré de sécurité** » (SMS) augmentation de 0,5 de la magnitude du/des SMHV
- Calcul du spectre de réponse du/des séismes SMS avec la loi de prédiction du mouvement sismique définie par la RFS 2001-01. Deux classes de sol sont en fonction de la valeur V_{s30} .
- Dans des contextes géologiques particuliers tels que des cuvettes sédimentaires, des fortes épaisseurs de sédiments et des topographies non planes, la RFS2001-01 préconise de réaliser une étude spécifique afin d'inclure ces **effets de site particuliers** dans la détermination des mouvements sismiques à prendre en compte pour définir le spectre du SMS.
- Dans le cas où une faille active aurait produit une rupture de surface, un **spectre de paléoséisme** doit être défini pour compléter le spectre SMS. Dans la démarche RFS 2001-01, le paléoséisme reflète le potentiel sismogène de la faille pour une période de retour de quelques dizaines de milliers d'années.
- La RFS 2001-01 préconise que le spectre retenu pour définir le SMS ne pourra pas être inférieur à un **spectre minimal forfaitaire (SMF) calé en accélération à 0,1 g à la fréquence infinie**.

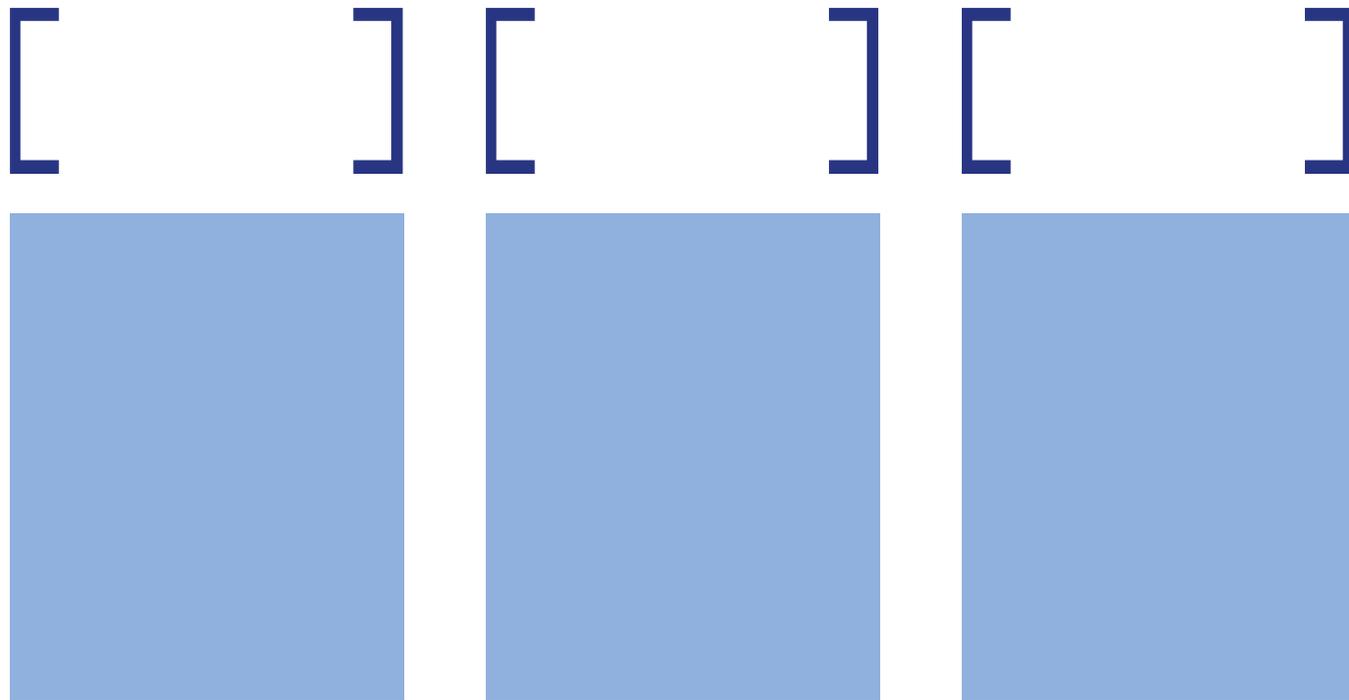
[]

[]

[]

[]

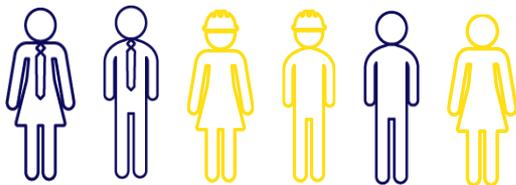






Bibliothèque d'éléments graphiques (Diapositive à supprimer après usage)

Éléments à copier/coller dans vos diapositives :



Une bibliothèque de pictogrammes classés par thème est à votre disposition sur [l'intranet](#).

EXEMPLE DE TEXTE

EXEMPLE DE TEXTE

ANNEXES