



**Sûreté**

**CONTRÔLE DE L'INTÉGRITÉ  
DES INSTALLATIONS SUITE  
AU SÉISME DU 11 NOVEMBRE**

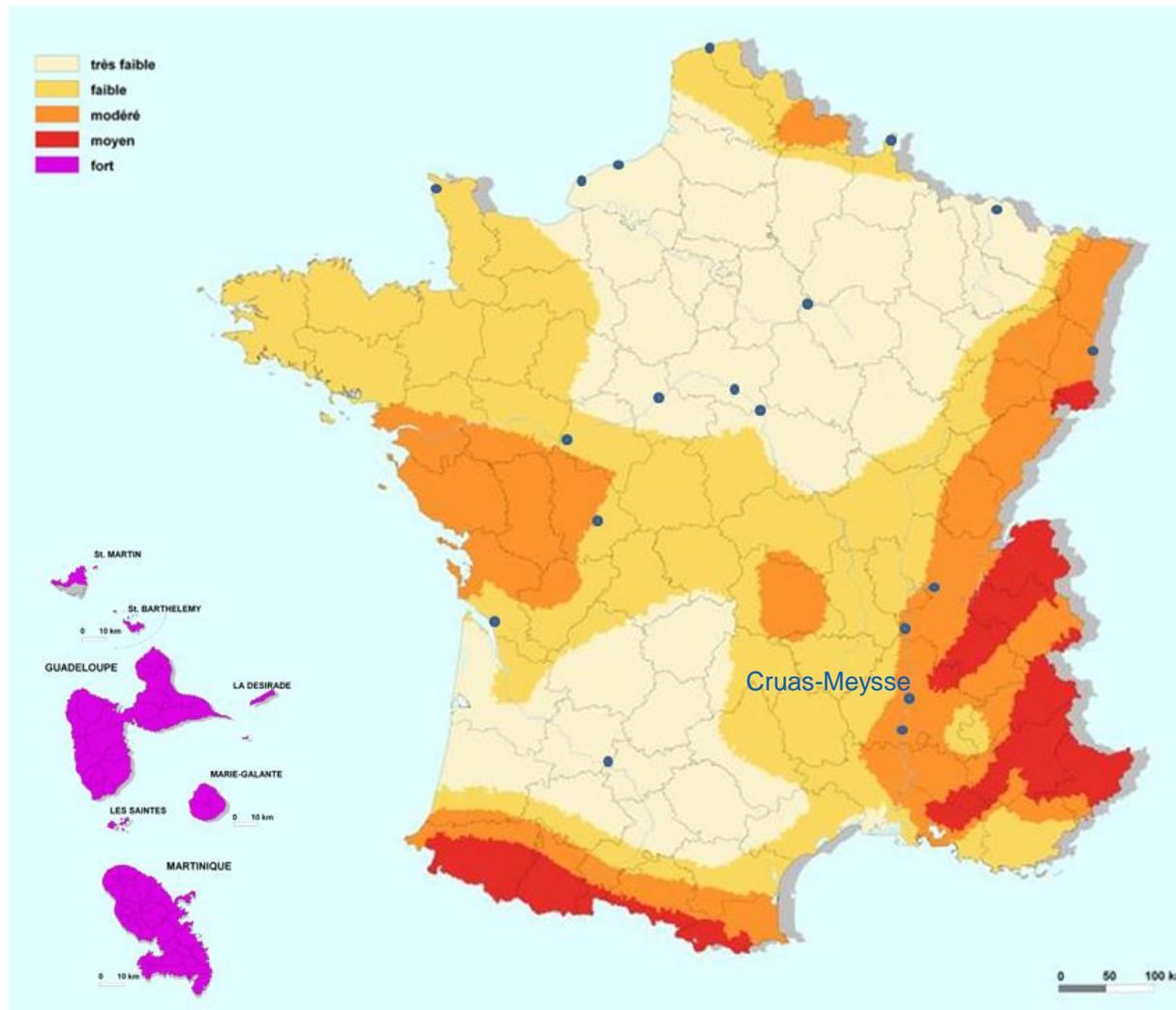
*Réunion 03/12/2019*

**Commission locale d'information de la  
centrale de Cruas-Meysses**



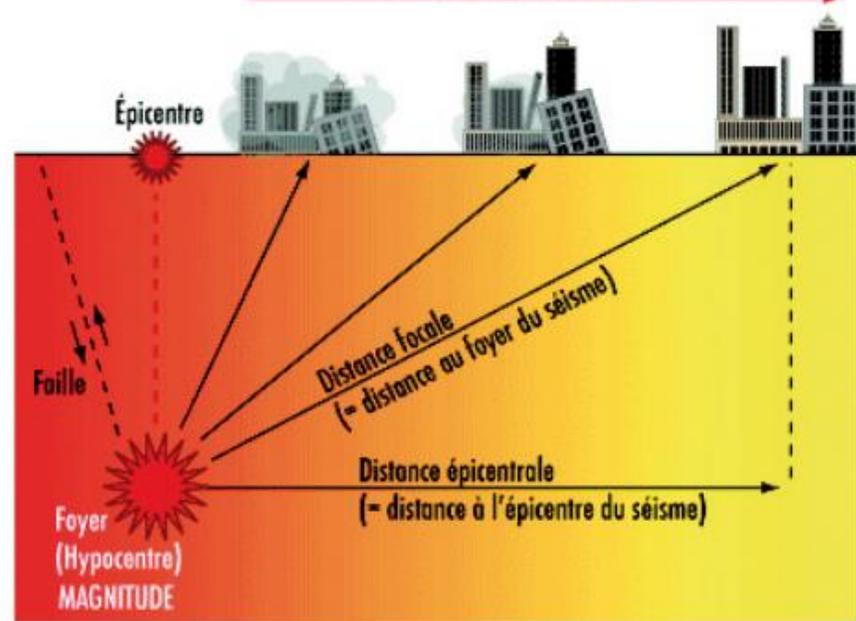
# L'évaluation du risque sismique autour des centrales nucléaires

## La carte des aléas sismiques\* en vigueur depuis le 1<sup>er</sup> mai 2011.



La centrale de Cruas-Meysses se trouve en zone de sismicité modérée

INTENSITÉ DÉCROISSANTE



## Quelques notions utiles à l'évaluation du risque sismique

**La Magnitude** : Caractérise **l'énergie** libérée au foyer

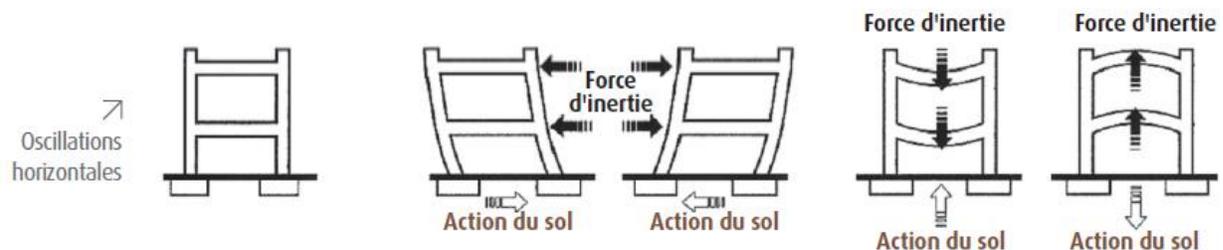
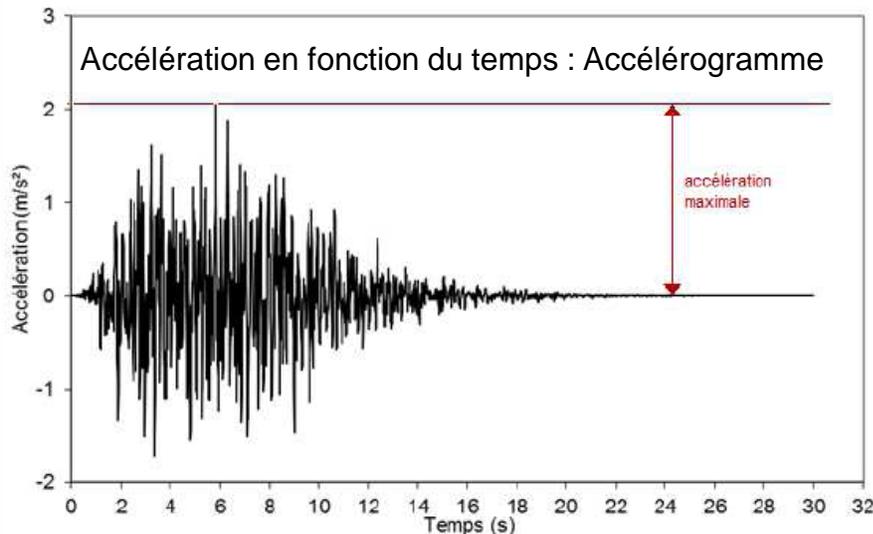
- Intrinsèque à l'événement
- Plusieurs échelles existent
  - La magnitude locale ( $M_L$ )
  - La magnitude de moment ( $M_W$ )
  - La magnitude des ondes de surface ( $M_S$ )

**L'Intensité** : Caractérise **les effets** du séisme à la surface

- Décroit avec la distance à l'épicentre
- Permet notamment de caractériser la sismicité historique

**L'accélération** : Caractérise localement **l'amplitude des ondes sismiques**

- S'exprime généralement en % de g (accélération de la pesanteur)
- Peut être **mesurée par des instruments** (accéléromètres)
- Permet d'évaluer les **forces sismiques** (forces d'inertie) qui vont **potentiellement endommager les structures et les équipements**



- L'accélération est la grandeur qui **permet de concevoir un bâtiment ou une installation pour qu'il ou elle résiste aux forces sismiques**

# Les niveaux sismiques associés à une installation nucléaire

## Le SMHV : Séisme Maximum Historiquement Vraisemblable

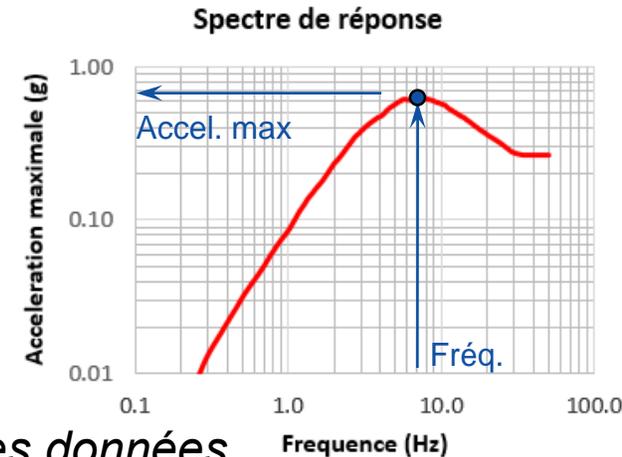
- Est défini à partir des séismes historiques les plus violents, placés au plus près du site en cohérence avec les connaissances sismo-tectoniques de la région
- Est défini par une magnitude  $M_S$ , une profondeur  $P$  et une distance  $D$  (épicentrale) au site
- On y associe l'accélération maximale qui serait ressentie par un bâtiment ou un équipement (déterminée en fonction de sa fréquence de vibration via le spectre de réponse)

## Le SMS : Séisme Majoré de Sécurité

- Est défini à partir de la magnitude  $M_S$  du SMHV +0.5
- Complété par son « spectre de réponse » (=> acc max)
- Est la référence de sûreté du site considéré

→ Les SMS et SMHV sont réévalués à chaque Réexamen de Périodique de Sûreté pour intégrer l'évolution des connaissances et des méthodes et intégrer les nouvelles données

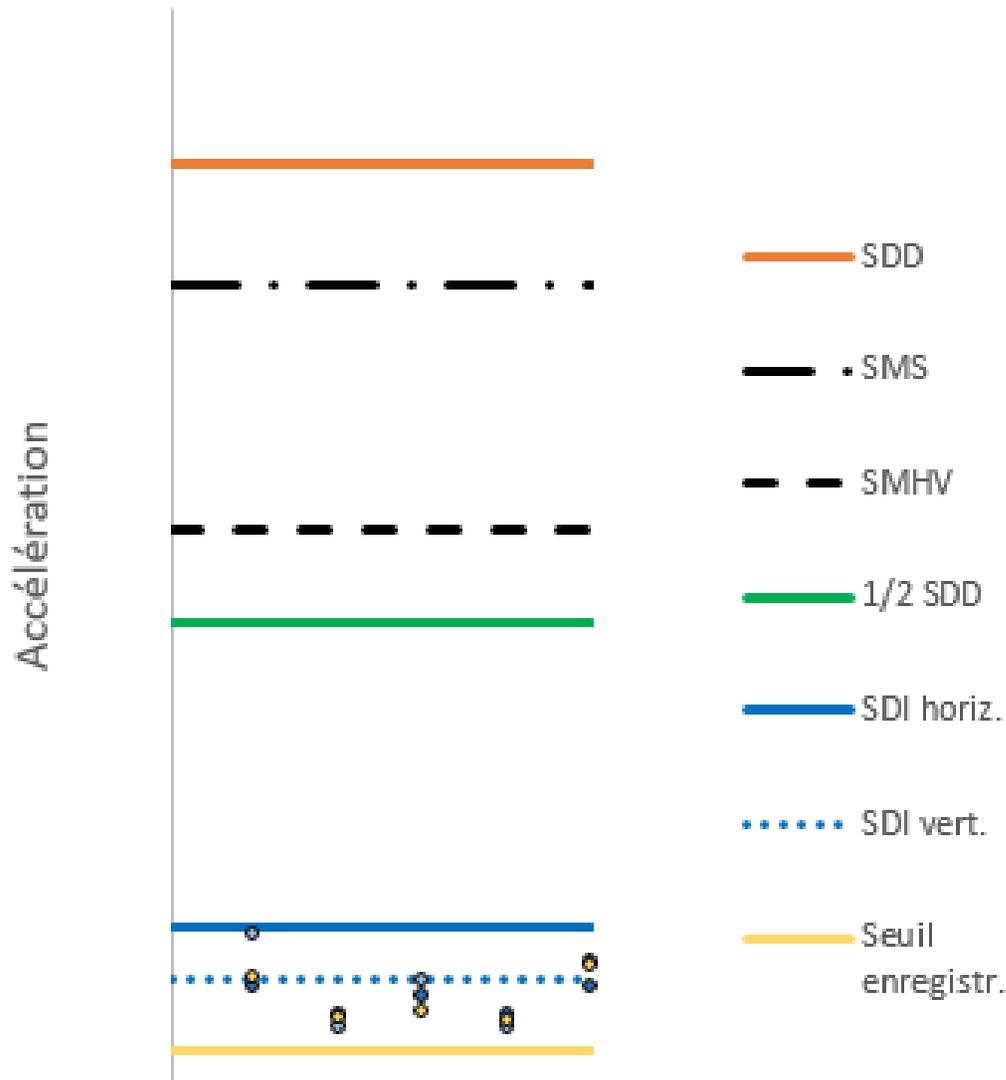
$$F_{\max} = M \cdot \gamma_{\max}$$



## Le SDD : Séisme de dimensionnement

- C'est le niveau sismique retenu pour concevoir l'installation (SDD > SMS)
- Est défini par une accélération maximale au sol, complétée par le « spectre de réponse » (=> acc max)
- Complété également par le DSD (Demi-séisme de Dimensionnement) : Objectif = Ne pas modifier le comportement de l'installation vis-à-vis d'un SMS survenant ultérieurement (après un premier séisme)

## Application des notions précédentes au cas du CNPE de Cruas



5 accéléromètres du site

Points de mesure (11/11/2019)

### Le SDD :

→ 0,3 g

### Le SMS : $M_S = 5.2$ , $P = 4$ km, $D = 0$ km

→ 0,26 g

### Le SMHV : $M_S = 4.7$ , $P = 4$ km, $D = 0$ km

(Séisme de Châteauneuf du Rhône du 08/08/1873)

→ 0,18 g

SDI : Seuil d'investigation défini par EDF pour son Parc électronucléaire (consigne d'exploitation pour conduire les tranches vers l'état de repli le plus sûr et réaliser des contrôles)

→ 0,05 g en horizontal (0,033 g en vertical)

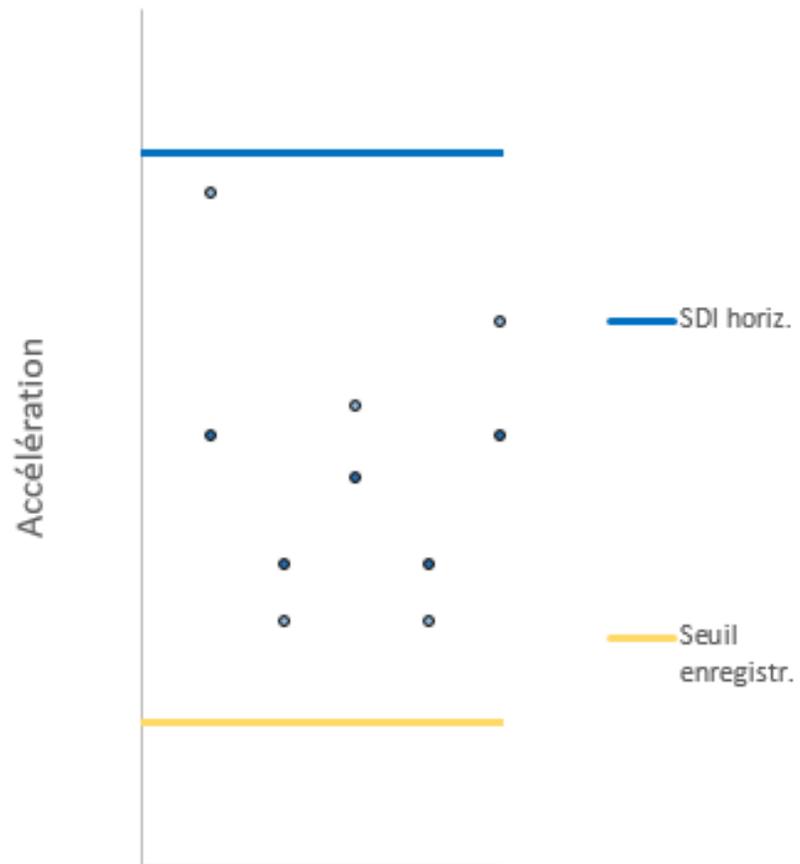
Seuil I-EAU : Déclenchement de l'enregistrement des accélérations par tous les capteurs du système EAU

→ 0,01 g

### Enregistrements du séisme du 11/11/2019 :

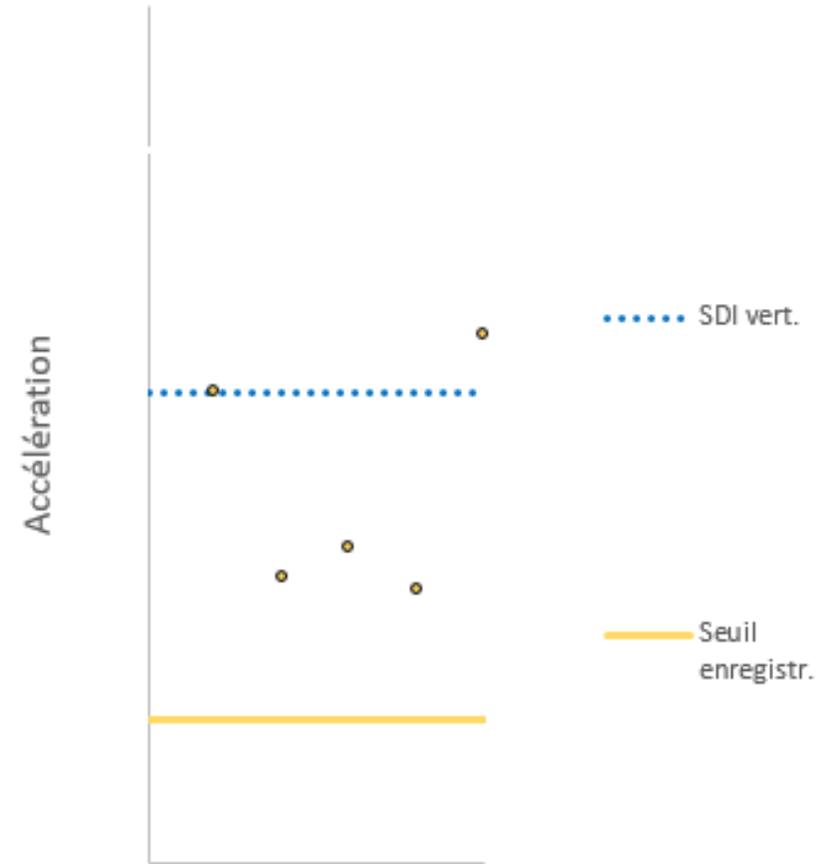
→ 0,017 g – 0,047 g

## Accélérations horizontales



Points de mesure (11/11/2019)

## Accélérations verticales



Points de mesure (11/11/2019)

**Le risque sismique est pris en compte  
dès la conception des centrales  
nucléaires**

# Le dimensionnement des centrales face au risque sismique

Afin d'assurer la sûreté des installations, les bâtiments et matériels requis de sûreté (rapport de Sûreté) sont protégés du séisme pour remplir leurs fonctions (le but est de maîtriser la réaction nucléaire, évacuer la puissance résiduelle et confiner la radioactivité).

→ Maîtriser le risque séisme à la conception et en exploitation

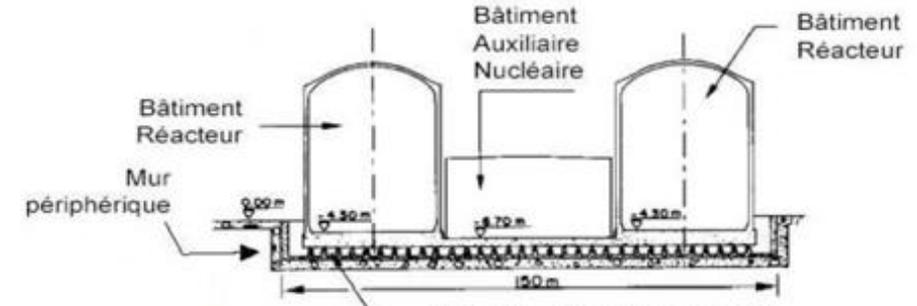
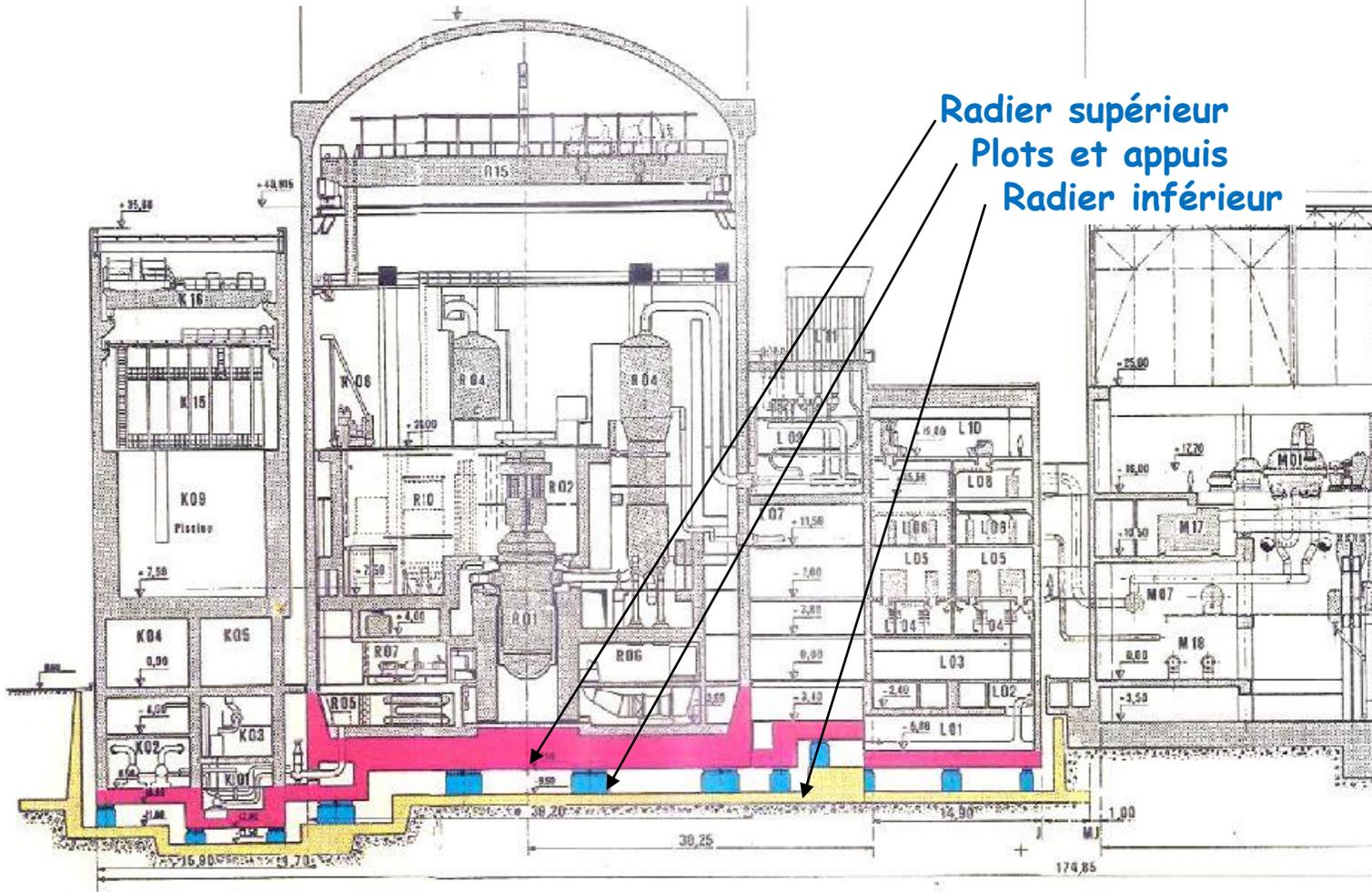
- **Notion de « défense en profondeur »** avec plusieurs lignes de défenses (prévention, surveillance, action) garantissant la robustesse de niveaux de défense successifs.



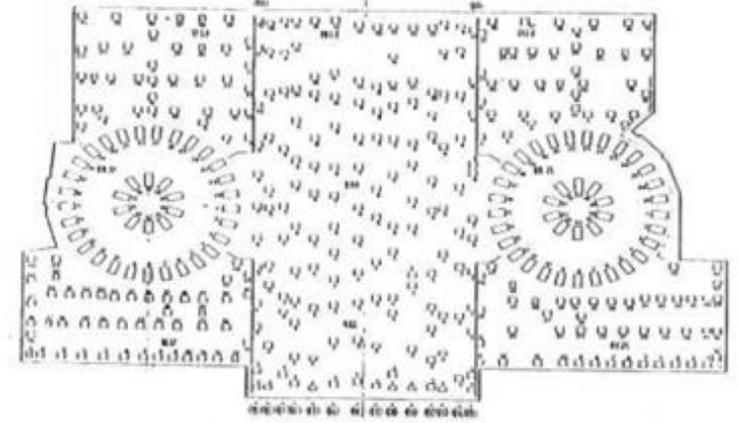
- **À la conception**, tous les matériels requis au risque sismique sont listés et classés (calculs de résistance, test de qualification par simulation sur « tables vibrantes », dispositions particulières pour les ancrages et fixations). Le génie civil des bâtiments est également dimensionné face à ce risque.

**Objectif : résister au niveau d'accélération du SDD.  
Pour la centrale de Cruas-Meysses, EDF a fait le choix  
d'une fondation de l'îlot nucléaire sur appuis  
parasismiques.**



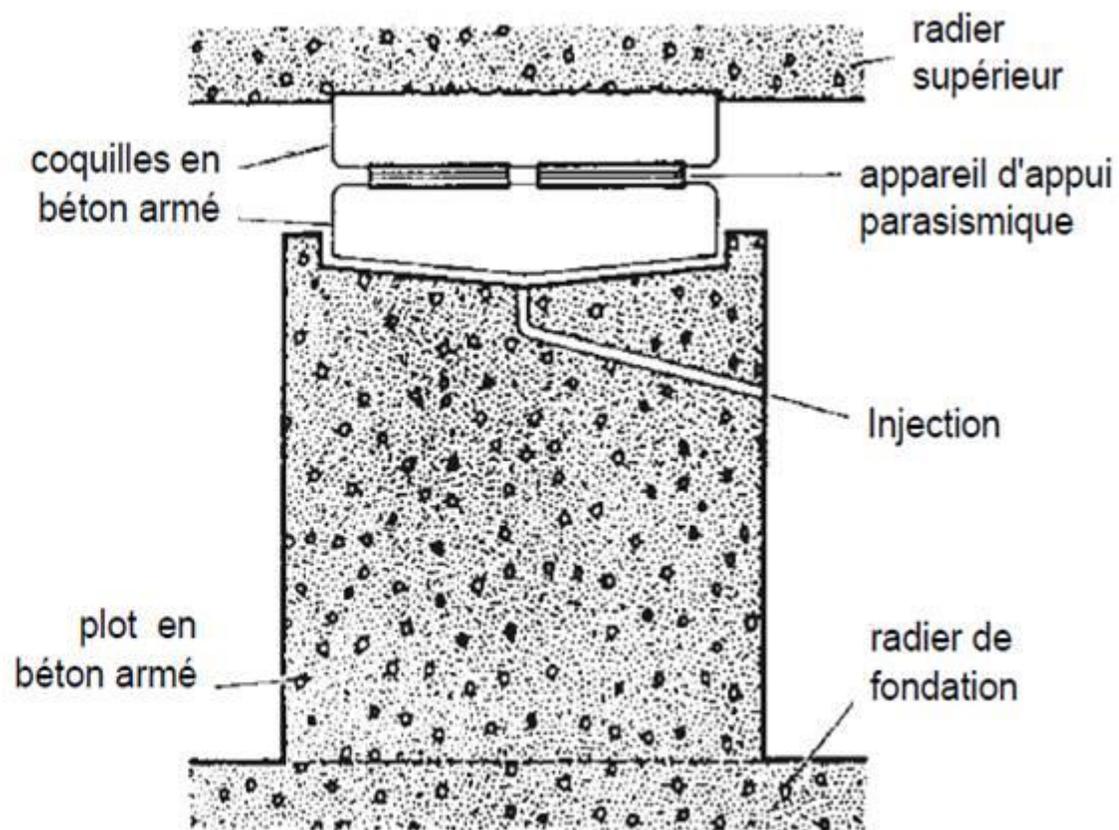


Piliers en béton armé portant les appuis parasismiques



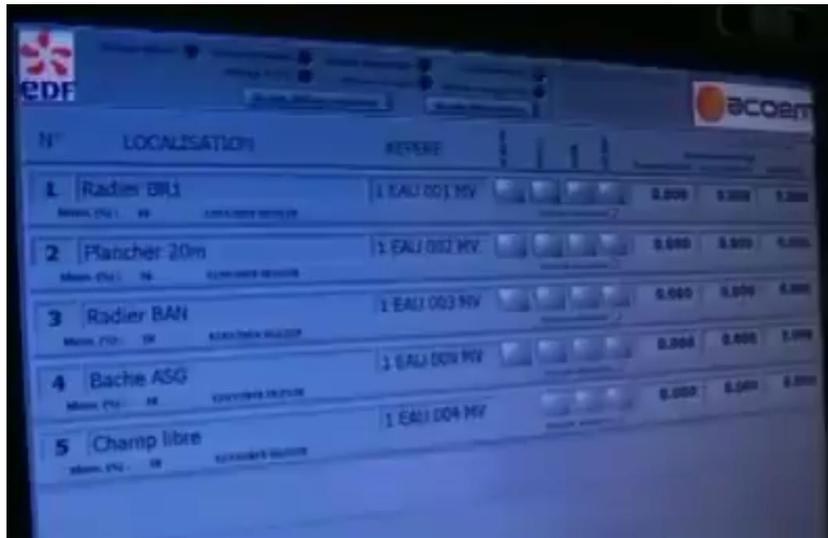
400 plots et 1800 appuis  
par paire de tranches

La centrale de Cruas-Meyssse dispose d'appuis parasismiques spécifiques au sol calcaire sur lequel elle est construite. **Ses îlots nucléaires (bâtiments réacteurs et bâtiments des auxiliaires nucléaires) sont construits sur une dalle en béton (radier) qui repose sur des plots situés en sous-sol.** 800 plots soutiennent l'ensemble des bâtiments. Et chaque plot est équipé à son sommet (entre le plot et le radier en béton) de plusieurs appuis constitués de couches d'élastomère intercalées de couches d'acier. Leur rôle est de filtrer et d'absorber les accélérations associées aux mouvements du sol et d'ainsi protéger la structure des bâtiments en cas de séisme.



# La prise en compte du risque sismique en exploitation

- **Exploitation** : maintenir la qualification sismique des matériels, surveiller l'installation (instrumentation de détection sismique), assurer la conduite des installations dans des états sûrs. **Objectif** : agir pour limiter les conséquences d'un éventuel séisme.



Chaque centrale est équipée d'un système de détection et d'enregistrement des séismes qui permet de détecter la moindre vibration sur le site. En cas de séisme ressenti sur le site, les opérateurs chargés de la surveillance 24h/24 et 7 j/7 sont préparés à prendre une décision d'arrêt manuel de l'installation. La surveillance en continu de l'activité sismique est effectuée à l'aide de capteurs à la fois à l'intérieur des installations et à l'extérieur. Ce système de surveillance sismique est composé d'accélérographes mécaniques (amplitude signalée en fonction de la vibration), d'accéléromètres (émission d'un signal proportionnel à la secousse) et d'une baie de traitement (indicateurs de seuil à ne pas dépasser).



La centrale de Cruas-Meysses dispose de 5 accéléromètres : 3 capteurs au niveau de l'îlot nucléaire construit sur appuis parasismiques (dont 2 en bâtiment réacteur) et de 2 autres capteurs situés en d'autres points de l'installation.

# La prise en compte du risque sismique en exploitation



Exemples d'échafaudages arrimés

# Conduite à tenir en cas de survenue d'un séisme - Le séisme du 11/11/2019

Le 11 novembre 2019 à 11h53, survenue du séisme au Teil.

## Situation à la centrale

Dépassement du seuil de 0,01 g sur les capteurs EAU



enregistrement des accélérations par le système EAU + apparition d'une alarme en salles de commande.

Les équipes de Conduite entrent dans la « consigne I.EAU »

- ➔ Premiers diagnostics, confirmer le séisme et son niveau d'accélération par rapport au SDI
- ➔ **Priorités** : mettre l'installation dans un état sûr, protéger le personnel ex : arrêt des chantiers, ne plus utiliser les ascenseurs...
- ➔ **Tous les systèmes sont restés pleinement opérationnels**
- ➔ Contrôles visuels des installations (fiches d'actions) ➔ **absence de dégâts apparents**
- ➔ Mise à l'arrêt en toute sûreté des 3 réacteurs en production
- ➔ Préparer l'établissement d'un programme d'inspection plus poussé, appui d'experts



Un seul capteur a atteint le SDI : 0,037 g pour 0,033 g (vertical)

Tous les bâtiments ont été sollicités selon un spectre inférieur à leur DSD respectif.

Réf : D0900CPC00085				RF EAU	1 / 1
Ind. 03	Validité CRUAS	Page 19/31		FAAT N° 06	
Réf : D5180/CS/CD/10429					

**BR : ACTIONS SPECIFIQUES EN SITUATIONS D'ALERTE**

Réaliser les inspections avec le maximum de précautions :

- Sur la base de la surveillance standard de l'équipe de Conduite (Ronde conduite)
- En privilégiant les accès par l'extérieur et en évitant les passerelles et les ascenseurs
- Contrôler en hauteur qu'il n'y ait pas d'agresseurs potentiels à l'arrivée dans un local
- Si un local semble trop dangereux, ne pas engager sa sécurité

La protection de site doit vous faciliter l'accès aux bâtiments en cas d'indisponibilité du système KKK

Durant les inspections, exercer une surveillance accrue des matériels et des locaux pour détecter une inondation au plus tôt

Noter les désordres rencontrés sur les potentiels agresseurs: (liste non exhaustive)

- La stabilité des échafaudages,
- Les armoires, luminaires et extincteurs,
- Les circuits divers
- Etc..

Observations :

L'opérateur vous demande d'appliquer la FAAT n°06

DÉBUT

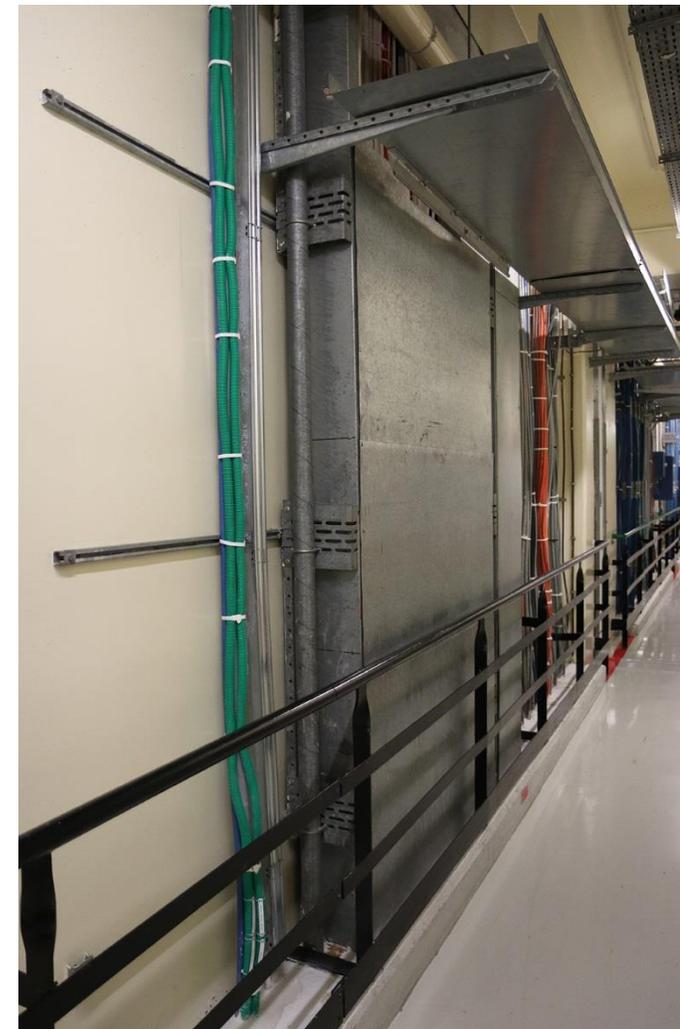
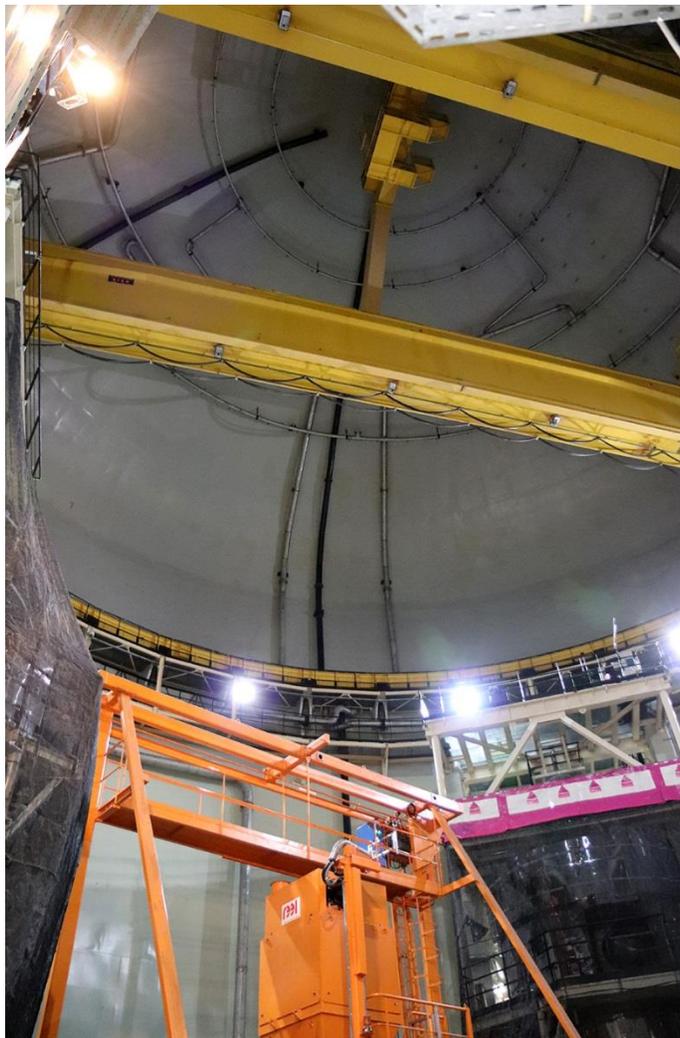
**INSPECTION BR**

Identifier tous les désordres constatés sur les matériels suivants : (Fissures, brèches, fuites, bruits anormaux, ancrages endommagés...)

- 20,00 m : .....
- 16,00 m : .....
- 11,00 m : .....
- 8,00 m : .....
- SAS 8,00m : *intègre et manœuvrable*
- 5,00 m : .....
- 0,00 m : .....
- SAS 0,00m : *intègre et manœuvrable*
- 3,50 m : .....

(P1.1 e)(R2.a)

Fin FAAT n°06



La sortie de la « consigne I.EAU » est conditionnée par la réalisation d'un diagnostic approfondi

Un dossier de diagnostic approfondi a été constitué et transmis à l'ASN pour obtenir l'autorisation de redémarrer les unités de production. Il est constitué de :

- Dossier sismique
- Inspection des ouvrages et matériels de sûreté
- Contrôles topographiques des bâtiments
- Analyse fonctionnelle (programme d'essais fonctionnels)

EDF s'est appuyé sur le retour d'expérience international et des guides internationaux (AIEA, EPRI) :

DAMAGE LEVEL	EARTHQUAKE LEVEL		
	EL 1: < or = OBE	EL 2: >OBE, <or = SSE	EL 3: > SSE
<b>DL 0:</b> No damage to safety-related (SR) SSCs or non-SR SSCs important to safe plant operation. Damage limited to non-SR, Damage Indicators that have no significant impact on plant operation, and typically found in residences, office buildings, etc.	No Actions Recommended	Action Level 1	Action Level 1
<b>DL 1:</b> No damage to SR SSCs; no damage to rugged industrial type non-SR SSCs. Damage to non-SR SSCs not important to safe plant operation.	Action Level 1	Action Level 1	Action Level 1
<b>DL 2:</b> No damage to SR SSCs; damage to rugged industrial type non-SR SSCs. Damage to non-SR SSCs important to safe plant operation.	Action Level 2	Action Level 2	Action Level 5
<b>DL 3:</b> Damage to many non-SR SSCs; Slight/isolated damage to less rugged SR SSCs that does not affect equipment functionality	Note 1	Action Level 3	Action Level 5
<b>DL 4:</b> Damage to SR and non-SR SSCs	Note 1	Action Level 4	Action Level 6

Proposition EDF (démarche de défense en profondeur)

Le programme de contrôles complémentaires retenu pour le dossier de diagnostic comprend :

- Une sélection d'**ouvrages** à inspecter, ex : radier inférieur et plots parasismiques de l'îlot nucléaire, appuis parasismiques des bâtiments diesels, station de pompage, salle des machines...
- Une sélection de **matériels** à vérifier dans des bâtiments non construits sur appuis parasismiques, ex : pompes, chemins de câbles, armoire électrique...
- Des **contrôles spécifiques** thématiques, ex : calage et dispositifs autobloquants du circuit primaire principal, évolution de fissures de génie civil existantes connues, moyens de levage, équipements sous pression...

*Un appui a été apporté par l'ensemble des centres d'ingénierie nationaux d'EDF sur leurs domaines de compétences respectifs (CNEPE, DIPDE, DI, DIPNN/TEGG, DTG, DT DIPNN et UNIE).*



Contrôles topographiques



Inspection d'appuis parasismiques



**→ Des centaines de contrôles réalisés, plus de 50 visites menées par les équipes génie civil, mécanique et électrique**

- ➔ Aucun impact du séisme sur les ouvrages de l'îlot nucléaire, aucun dommage notable pouvant être imputé au séisme sur les ouvrages hors îlot nucléaire**
- ➔ Aucun impact du séisme sur les matériels**
- ➔ Aucun constat ou évolution en lien avec le séisme lors des contrôles spécifiques thématiques**
- ➔ Des essais périodiques ont été réalisés depuis le 11/11, ils ont permis de démontrer la capacité fonctionnelle des matériels testés. Un programme d'essais fonctionnels complémentaires a été élaboré en vue du redémarrage des unités de production et suite aux échanges avec l'ASN. Ils s'appuient sur les essais réalisés lors des arrêts simples pour rechargement (ASR), pour garantir le bon fonctionnement de nos sources électriques internes, de nos systèmes de protection et de nos matériels de sauvegarde (utilisés en situation d'accident).**

## Le dossier de diagnostic a été finalisé et remis à l'ASN le 22 novembre.



Date d'application :

**NOTE SITE**

**DOSSIER DE DIAGNOSTIC APPROFONDI ET PREALABLE**

**A LA REPRISE DE L'EXPLOITATION DU CNPE DE CRUAS-MEYSSÉ**

**SUITE AU SEISME DU TEIL DU 11/11/19**

D518DNRM62899      Indice : 01      123 pages

Annule et remplace le document référencé : Sans Objet (création)

Document(s) associé(s) :

Domaine : Agressions      Thème : Séisme

Résumé : Ce document constitue, avec ses annexes et les documents auxquels il fait référence, le dossier de diagnostic approfondi, demandé par la consigne I-EAU appliquée suite à l'événement séisme du 11/11/2019. Ce document présente d'une part la méthodologie de construction du programme de contrôles complémentaires, et d'autre part, l'ensemble des résultats de ces contrôles, permettant au CNPE de Cruas-Meyssé de solliciter un avis de l'Autorité de Sécurité Nucléaire sur la reprise des activités des tranches 1, 2, 3, et 4.

Qualité surveillée : OUI      Accessibilité : EDF

Rédacteur		Contrôleur		Approbateur	
NomSite	Visa	NomSite	Visa	NomSite	Visa
C. MARCHAL		S. BOERO		BRASSEUR S.	
CNPE de Cruas-Meyssé		CNPE de Cruas-Meyssé		CNPE de Cruas-Meyssé	

Direction Production Ingénierie - CNPE de Cruas-Meyssé - BP 65 - 67132 CRUAS  
Téléphone : +33 4 75 48 52 50 - Télécopie : +33 4 75 51 11 45  
Copyright Ce document est la propriété d'EDF. Toute communication, reproduction, publication, même partielle est interdite sans autorisation écrite d'EDF - 251110201728

## Inspections de l'ASN sur site les 20 et 22 novembre



## Conclusion du dossier de diagnostic :

« Les résultats présentés dans les chapitres du présent document permettent de statuer sur l'absence d'impact caractérisé du séisme du 11 novembre 2019 sur d'une part les bâtiments et structures, et d'autre part sur les composants déterminés comme représentatifs de l'ensemble de l'installation.

Sur cette base, le CNPE de Cruas-Meysses considère que les différentes activités d'exploitation nécessaires au redémarrage (pour les tranches 2, 3, 4 actuellement en AN/RRA < 90°) et activités de rechargement du cœur (pour la tranche 1 actuellement en RCD) peuvent être reprises. »

## Situation au 02 décembre 2019

Autorisation donnée par l'ASN pour reprendre les activités d'exploitation :

- Unité de production n°1 : rechargement du combustible, selon nos procédures. Achievé le 30/11. Poursuite des opérations liées au redémarrage avec des essais habituellement réalisés en sortie de visite partielle.
- Unités de production n°2, 3 et 4 : montée en température et en pression afin d'atteindre les états permettant la réalisation du programme d'essais fonctionnels complémentaires validé par l'ASN. Ces essais concernent les systèmes en lien avec les protections du réacteur, les circuits de sauvegarde et les sources électriques.  
Le programme d'essais de l'unité n°2 a débuté le 01/12 et doit se terminer le 02/12. Tous les essais déjà réalisés se sont déroulés de manière satisfaisante, aucun point bloquant n'a été identifié en lien avec le séisme.  
Le programme d'essais de l'unité n°4 débute le 02/12. Celui de l'unité n°3 débute le 03/12.

Sur la base du résultat de ces essais, nous demanderons à l'ASN l'autorisation d'engager la divergence des réacteurs (démarrage de la réaction nucléaire), opération préalable à la reconnexion sur le réseau électrique.

**MERCI**