

INIS-FR--282

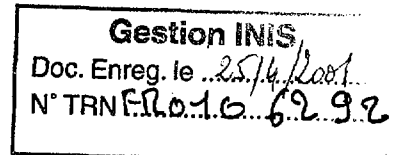


FR0106292



presse@aramis.cea.fr

La tenue aux séismes des installations du CEA/Cadarache



Le CEA dispose sur son centre de Cadarache de 3 types d'installations nucléaires pour mener ses travaux de recherche :

- des réacteurs expérimentaux : Phébus par exemple, destiné à des essais sur la sûreté des réacteurs des centrales nucléaires et dont la puissance est le centième de celle d'un réacteur REP, ou des réacteurs " maquettes " d'études critiques, de puissance nulle, (réacteurs Eole, Minerve,...) qui ne produisent pas de produits de fission et ne contiennent que des matières fissiles qui constituent le " combustible " de ces installations ; la quantité de combustible y est limitée : quelques kg alors que le cœur d'un REP en contient près de 100 tonnes,
- des ateliers et des laboratoires d'études de procédés ou de recherche pour le cycle du combustible nucléaire ; la matière fissile y est en quantité limitée et est confinée dans des équipements spéciaux (boîtes à gants, cellules blindées,...) où aucune énergie ne peut contribuer à disperser cette matière radioactive,
- des installations de traitement et de conditionnement des déchets et effluents produits par les activités de recherche (par exemple fûts de déchets solides), où la quantité de produits radioactifs est très faible.

L'évolution des connaissances et des normes dans le domaine du risque sismique ont rendu nécessaire une réévaluation de la tenue au séisme de ces installations. Ce dossier fait le point de la situation à la fin 2000.

La sismicité de la France est faible à modérée comparée à celle que l'on rencontre dans les régions sismiques du pourtour méditerranéen. Le risque sismique est néanmoins pris en compte, en particulier dans le domaine de la sûreté nucléaire, au même titre que tous les autres risques majeurs d'origine naturelle ou technologique. A l'échelon départemental, un dossier des risques majeurs est élaboré par une cellule d'analyse des risques et d'information préventive composée des services de l'Etat et de la Préfecture.

Les modalités d'appréciation du risque sismique pour la construction de nouvelles installations nucléaires ont été formalisées en 1981 dans les Règles Fondamentales de Sûreté (RFS), fixées par la Direction de la sûreté des installations nucléaires (DSIN). Ces règles fournissent aux exploitants une méthode de détermination du mouvement sismique à prendre en compte pour la conception de nouvelles installations nucléaires. L'évolution des connaissances scientifiques, l'enrichissement des bases de données d'enregistrements de séismes, depuis une vingtaine d'années, ont rendu nécessaire une révision de ces règles. Cette révision a été engagée par l'Autorité de sûreté et a fait l'objet, depuis plusieurs années, de travaux et discussions entre experts (exploitants, géophysiciens, spécialistes de la sûreté,...). Une proposition de texte a été soumise à l'Autorité de sûreté et mise en application expérimentale en 1999. L'Autorité de sûreté a émis en 2000 la version définitive de ce texte, applicable depuis lors.

Les exploitants nucléaires doivent désormais évaluer la tenue aux séismes de leurs bâtiments suivant les méthodes définies dans cette nouvelle règle. Le CEA a mobilisé ses compétences afin de mener toutes les études nécessaires dans le cadre de cette réévaluation de la

32 / 28

réglementation et pour que son expertise prenne en compte les connaissances et les techniques les plus récentes en matière d'évaluation du risque sismique. Ces études ont pour but de garantir un niveau de protection approprié au contexte de chaque centre du CEA, dont en particulier le centre de Cadarache.

Consultez notre [dossier complet](#) (version imprimable au format pdf - 63Ko):

- [les séismes](#)
- [La sismicité de la France](#)
- [Les règles fondamentales de sûreté en matière de séisme](#)
- [La prise en compte du risque sismique au CEA/Cadarache](#)
- [Le CEA et l'évaluation du risque sismique](#)

Contact Presse:

Service Information-Presses tel: 01 40 56 20 11

CEA/DCom - SITE INTERNET DU CEA
La tenue aux séismes des installations du
CEA/Cadarache

Mise à jour : 19 avril 2001
© CEA 2001 - Tous droits réservés



1. Les séismes

- **Qu'est-ce qu'un séisme ?**

C'est la tectonique des plaques qui engendre les déformations de l'écorce terrestre dont les séismes sont une manifestation. Un séisme résulte de la rupture d'une faille qui engendre des vibrations rapides de la croûte terrestre, on parle d'ondes sismiques, qui se propagent à grande distance tout en s'atténuant. Environ un million de séismes sont enregistrés dans le monde chaque année, dont quelques milliers sont ressentis par l'homme. Un séisme se caractérise essentiellement par :

- la **faille** qui a rompu lors du séisme;
- le point d'origine des ondes sismiques (**le foyer**) ;
- le point situé en surface à la verticale du foyer (**épicentre**)
- l'énergie libérée au foyer (caractérisée par la **magnitude**) ;
- les dégâts provoqués (caractérisée par la distribution des **intensités**).

- **Parle-t-on de magnitude ou d'intensité ?**

Les géophysiciens se réfèrent habituellement à deux grandeurs : la magnitude et l'intensité.

La magnitude caractérise la source. Elle correspond à l'énergie libérée au foyer du séisme. Elle est déduite de l'amplitude des ondes sismiques mesurées par les sismographes (appareils qui enregistrent les vibrations du sol).

La notion de magnitude a été définie dans les années 30 et est très largement utilisée par les sismologues depuis les années 1945.

Plusieurs types de magnitude sont définies suivant la nature et la fréquence des ondes sismiques exploitées. La plus connue est la magnitude de Richter.

Un séisme de magnitude 8,6 - comme celui qui s'est produit en Alaska le 28 mars 1964 - libère en une trentaine de secondes une énergie équivalente à la consommation d'électricité de la France en six mois.

La magnitude permet d'estimer l'énergie dégagée par un séisme en son foyer indépendamment de ses effets sur l'homme et l'environnement. Pour cela on a recours à l'échelle des intensités.

L'intensité caractérise les effets induits par le séisme en un lieu donné. Son estimation ne nécessite aucun appareillage, mais une information suffisamment précise et représentative des dégâts provoqués en fonction du type de bâti.

Une échelle internationale, l'échelle MSK, du nom de Medvedev-Sponheur-Karnik a été définie. Pour déterminer le degré d'intensité du séisme en un lieu, l'échelle MSK prend en compte le type de constructions, la proportion des bâtiments endommagés pour chaque type de construction, l'importance des dommages subis. Elle comprend douze degrés, d'intensité croissante, codifiés par des chiffres romains. Aux faibles intensités, on ressent les secousses sans que les constructions soient endommagées (intensité de II à V). Des dommages

légers (fissurations des murs, chutes de tuiles et de blocs de plâtre...) peuvent intervenir sur les bâtiments vétustes ou mal construits (intensité VI). Les dommages restent modérés pour les bâtiments bien construits mais peuvent être plus importants pour d'autres (intensité VII-VIII). Pour les intensités supérieures, les dommages s'étendent et beaucoup de bâtiments subissent de gros dégâts (intensité IX) ; dégâts généralisés aux bonnes constructions (intensité X) ; destruction quasi totale (intensité XI) ; changements du paysage (intensité XII).

Il est important de noter que, pour les séismes anciens, antérieurs à l'existence des sismographes, les témoignages - les dégâts observés, et retranscrits dans des écrits anciens, documents etc... - sont les seuls éléments indicateurs de l'amplitude de ces séismes.

Les séismes historiques sont donc le plus souvent décrits en intensité et non en magnitude, une description qui comporte de nombreuses incertitudes.

- **Quelles relations entre magnitude et intensité?**

Lors d'un séisme, les dégâts résultent essentiellement de l'amplitude des vibrations du sol. Du fait de l'atténuation des ondes, l'intensité en un point donné dépend de la magnitude du séisme et de la distance à laquelle on se trouve par rapport à l'épicentre. Une intensité donnée en un point donné peut correspondre soit à un séisme proche soit à un séisme plus lointain mais de plus forte magnitude. De plus, la nature des terrains géologiques superficiels est un élément qui vient moduler de manière déterminante la distribution des dégâts ; on parle alors d'**effet de site**.

La relation entre magnitude et intensité en un point donné dépend donc de la distance, de l'atténuation dans le milieu de propagation et de la nature du sous-sol au point d'observation.

2. La sismicité de la France

La sismicité de la France depuis mille ans environ est assez bien documentée historiquement. Elle fait de plus l'objet d'une surveillance instrumentale permanente depuis 1962, grâce, en particulier, aux réseaux sismologiques du CEA. Cette sismicité résulte du lent mouvement de convergence entre l'Europe et l'Afrique du Nord. Elle est faible comparée à celle que l'on rencontre dans les régions sismiques du pourtour méditerranéen. Des séismes relativement forts, éventuellement destructeurs s'ils se produisent à proximité de régions urbanisées, surviennent néanmoins régulièrement.

Le séisme du 15 juillet 1996 à Annecy, et dans une moindre mesure celui de St Paul de Fenouillet (au pied des Pyrénées) en février 1996, sont venus le rappeler et ont amené la communauté scientifique française des Sciences de la Terre à intensifier les activités sur le territoire français. Le territoire métropolitain était en fait peu étudié jusqu'alors, sa faible activité sismique étant peu propice à l'étude des mécanismes qui conduisent aux séismes ou qui les accompagnent. Cette communauté rassemble des universitaires, des scientifiques du CNRS, des IPG (Instituts de physique du globe), de l'IPSN (institut de protection et de sûreté nucléaire), du BRGM (Bureau de recherches géologiques et minières) et du DASE

(département analyse, surveillance, environnement) au CEA. Ces travaux se poursuivent et conduisent petit à petit à mieux cerner l'aléa sismique grâce à l'identification et à la caractérisation des failles actives (celles susceptibles de produire des séismes à l'avenir), ainsi qu'à la mesure des vitesses de déformation par différentes techniques. La France apparaît comme une zone d'**activité sismique modérée**, où les vitesses de déplacement le long des failles actives sont faibles.

- **La sismicité dans la région de Cadarache**

Il existe principalement deux familles de failles dans l'entourage de Cadarache :

- les failles orientées sud-ouest/nord-est, représentées principalement par la faille de la moyenne Durance qui s'étend de Château-Arnoux au nord à Meyrargues au sud : cette faille passe à environ 5 kilomètres à l'ouest de Cadarache,
- les failles orientées est-ouest qui correspondent aux chaînons montagneux du Lubéron qui coupent cette partie de la Provence : du sud au nord, il s'agit des failles de Coste-Trévaresse, puis de la montagne de Lure. La faille du Lubéron qui se trouve la plus proche de Cadarache est à environ 15 km.

Le CEA/Cadarache dispose d'appareils de mesure d'une très grande sensibilité qui permettent de montrer que l'activité sismique, de faible amplitude, est importante dans le sud-est de la France.

3. Les règles fondamentales de sûreté (RFS) en matière de séisme

L'objectif de la sûreté nucléaire étant de prévenir les dommages, l'Autorité de sûreté (DSIN) a défini des Règles Fondamentales de Sûreté (RFS) qui fixent la démarche à suivre pour la prise en compte des effets des séismes : les spécialistes parlent "de risque sismique"

- **La RFS " 1981 "**

La règle en vigueur jusqu'en 1999 date de 1981. Elle définit un **séisme maximal historiquement vraisemblable (SMHV)**. Dans la pratique il correspond au séisme historique le plus pénalisant de la région, déplacé dans la localisation la plus défavorable pour le site (au point le plus proche de la faille auquel il est associé ou à l'aplomb du site). Une marge forfaitaire d'un **degré d'intensité** est ajoutée à ce SMHV pour définir le **séisme majoré de sécurité (SMS)**. Le passage d'un degré au degré supérieur correspond approximativement à un doublement des valeurs caractérisant les mouvements du sol (accélération, vitesse et déplacement).

L'application de la RFS conduit ensuite à la détermination des mouvements du sol, correspondant aux SMHV et SMS, qui sont utilisés pour le dimensionnement des installations nucléaires.

Pour Cadarache, le SMHV était déterminé à partir d'un séisme

de référence, le séisme de Lambesc (faille de Coste-Trévaresse), datant de 1909, qui correspond à un séisme d'intensité IX MSK. Mais, en prenant en compte la distance au site et en lui associant un paramètre caractéristique de la sismicité locale, le SMHV correspondait à une intensité VIII MSK sur le site de Cadarache. **Le SMS, correspondant à cette règle fondamentale de sûreté, était donc de IX MSK sur le site de Cadarache.**

- **Vers de nouvelles règles**

Depuis une vingtaine d'années, les connaissances sur les séismes et leurs effets ont énormément progressé grâce à l'extension des réseaux sismologiques et aux travaux détaillés menés sur la plupart des séismes destructeurs de cette période. Ces travaux se poursuivent et conduisent petit à petit à mieux cerner l'aléa sismique grâce à l'identification et à la caractérisation des failles actives (celles susceptibles de produire des séismes à l'avenir), ainsi qu'à la mesure des vitesses de déformation par différentes techniques. En particulier, les scientifiques ont cherché à établir une bonne représentation de la distribution géographique - latitude, longitude, et profondeur - ainsi qu'une bonne estimation de l'énergie des séismes pour une localisation donnée.

Grâce à ces nouvelles données instrumentales, **le calcul des mouvements sismiques est effectué de manière plus précise et réaliste, et montre que les mouvements sismiques auxquels conduisait l'application de la règle de 1981 étaient surestimés.**

Par ailleurs, les progrès scientifiques permettent maintenant de localiser et de prendre en compte des séismes qui se sont produits avant la période historique : on parle de **paléoséisme**

Tous ces constats ont conduit à la proposition d'une nouvelle règle de sûreté. L'Autorité de sûreté l'a mise en application expérimentale en mars 1999. Il est **recommandé en particulier de prendre en compte des effets de site et de la possibilité de séismes plus forts que ceux connus historiquement.**

- **La nouvelle règle et le site de Cadarache**

Pour la région de Cadarache, une meilleure connaissance de la sismicité locale a permis d'identifier comme Séisme Maximum Historiquement Vraisemblable, un séisme de magnitude 5.3 à 7.1 km du site, analogue au séisme de Manosque de 1708, déplacé le long de la faille de la Moyenne Durance, au point le plus proche du site. Le Séisme Majoré de Sécurité (SMS) associé est alors de 5.8.

Ce séisme, datant de 1708 (intensité VIII dans le secteur de Manosque), bien que moins important que celui de Lambesc (intensité IX, magnitude 5.5) qui était le séisme de référence dans la règle ancienne, induit, du fait de la plus faible distance au site de Cadarache des mouvements supérieurs.

Par ailleurs, des travaux récents sur la faille de la Moyenne Durance et sur d'autres failles du Sud-Est laissent penser que des séismes plus forts que ceux connus historiquement ont pu se produire antérieurement à la période historique. Une évaluation pessimiste des paléoséismes dans cette région conduit à une valeur maximale de magnitude égale à 7, pour

une distance de 18.5 km au site de Cadarache.

Les travaux du DASE au CEA ont montré que, **compte tenu des vitesses extrêmement faibles de déplacements des failles (de l'ordre de 0.1mm/an²), il faudrait de 10000 à 15000 ans pour atteindre plusieurs dizaines de centimètres, nécessaires pour provoquer des ruptures de séismes de magnitude supérieure à celle des séismes historiquement connus dans la région.** Toutefois, même très improbable, la nouvelle RFS prend en compte cette éventualité.

Enfin, la réévaluation de la RFS, telle que décrite ci-dessus, correspond, pour le site de Cadarache, à un SMS de 5.8 à 7.1 km du site et à un paléoséisme de magnitude 7 à une distance de 18.5 km, événement induisant une intensité IX MSK, intensité analogue à celle retenue en 1981, avec l'ancienne règle.

4. La tenue aux séismes des installations du CEA/Cadarache

La région de Cadarache a accueilli dès le début des années 1960 des installations de recherche du CEA, construites selon les normes en vigueur à l'époque. Le souci de sûreté et de sécurité permanent dans la conception, la construction et l'exploitation d'installations contenant des matières nucléaires a conduit le CEA, au moment de leur construction, à dimensionner ses installations en fonction des connaissances et des règles disponibles à l'époque.

L'appréciation de l'aléa sismique a évolué au cours des trente dernières années. Les modalités d'appréciation de ce risque ont été formalisées dans une règle fondamentale de sûreté en 1981, révisée en 2000 pour tenir compte de l'amélioration des connaissances et de l'enrichissement des données sismologiques (voir fiche n°4 " Les règles fondamentales de sûreté (RFS) en matière de séisme "). Le CEA procède donc actuellement à l'examen de la situation des installations de Cadarache au regard de cette nouvelle règle. Cet examen comporte une mise à jour des études d'impact en cas de séisme et la définition d'actions adaptées à chaque type d'installation. Le programme de travail du CEA dans ce domaine fait l'objet d'une information périodique de l'Autorité de sûreté.

Les installations à l'arrêt

Ces installations ne posent pas de problème car la quantité de matières radioactives qu'elles contiennent encore est très faible. En cas de séisme, la dispersion éventuelle de matières radioactives n'aurait donc aucune incidence sur l'environnement. Aucun renforcement n'est donc nécessaire.

Les installations devant être arrêtées à court terme

Il s'agit d'installations anciennes (certaines ont été construites au début des années 60) qui seront arrêtées d'ici 2008. L'action du CEA pour ces installations comporte deux volets :

- limiter au strict nécessaire la quantité de matières radioactives, et procéder en tant que de besoin à des renforcements ponctuels,
- établir un échéancier d'arrêt et, pour celles dont les fonctions

sont indispensables à la poursuite des programmes du CEA, prévoir leur remplacement par des installations nouvelles, ceci en accord avec l'Autorité de sûreté.

Les installations concernées sont notamment le RNG, réacteur d'essais de nouvelle génération pour la propulsion navale qui sera arrêté à court terme et remplacé en 2006 par le RES, "réacteur d'essais". La STED, station de traitement des effluents liquides et déchets solides, entre dans la même catégorie ; son remplacement par les installations neuves Cedra et Agate est prévu à partir de 2005. Il en est de même pour le magasin central des matières nucléaires (MCMF) dont le remplacement par un nouveau magasin est prévu d'ici à 2008.

Les installations prévues pour fonctionner à moyen ou long terme

Il s'agit d'installations dont l'utilisation est nécessaire encore pendant plus de 10 ans. Ces installations font l'objet d'un programme de réévaluation de sûreté comportant, après diagnostic, la définition d'actions visant, si nécessaire, à renforcer leur tenue au séisme et à réduire les conséquences d'un séisme à un niveau permettant d'éviter le recours à des mesures d'urgence hors site. Ces actions sont soumises à l'Autorité de sûreté pour approbation.

Dans cette catégorie, on trouve notamment le réacteur d'essais de sûreté Cabri de l'Institut de protection et de sûreté nucléaire (IPSN), le laboratoire de fabrication de combustibles expérimentaux (Lefca) et la partie Leca du Laboratoire d'examen de combustible irradié Leca-Star qui fait d'ores et déjà l'objet d'une opération importante de rénovation. La quantité de matières présentes aux Lefca et Leca-Star est là encore très faible.

Les installations nouvelles

Les installations les plus récentes ne posent en général aucun problème : elles sont dimensionnées pour résister au SMS³, conformément aux règles en vigueur. Citons notamment le réacteur d'essais de sûreté Phébus de l'IPSN et l'installation Cascad d'entreposage à sec de combustibles irradiés.

Par ailleurs, des installations sont en cours d'étude ou de réalisation. Elles sont prévues pour résister au SMS, ce qui ne présente pour le CEA aucune difficulté technique dans la mesure où cette exigence est prise en compte dès la conception.

Il s'agit notamment du futur réacteur à fission expérimental RJH, destiné à remplacer dans les dix prochaines années le réacteur Osiris du CEA/Saclay, de la future machine d'étude de la fusion thermonucléaire Iter-Feat en projet, ainsi que de la future installation Cedra de conditionnement et d'entreposage de déchets solides, prête aujourd'hui à être construite pour une mise en service à partir de 2005.

5. Le CEA et l'évaluation du risque sismique

L'évaluation du risque sismique et la définition des dispositions constructives adaptées pour prendre en compte ce risque requiert la mobilisation d'experts de haut niveau dans le domaine de la sismologie, de la géologie et du génie parasismique. Le CEA dispose de pôles de compétence dans chacune de ces spécialités. En ce qui concerne l'aléa sismique, les équipes du Laboratoire de Détection et de Géophysique du DASE au CEA à Bruyères-le-Châtel ont acquis depuis de nombreuses années des compétences largement reconnues au plan national et international notamment grâce aux publications scientifiques issues de travaux menés dans le cadre de collaborations avec d'autres organismes scientifiques. Ce laboratoire dispose notamment d'un réseau de surveillance qui comporte des stations sismiques réparties sur le territoire. Ce réseau assure des missions officielles de détection dans le cadre du contrôle des traités d'interdiction des essais nucléaires et une surveillance continue en temps réel de la sismicité de la France et des régions limitrophes. Le CEA est responsable de l'alerte aux forts séismes en France et en Europe dans le cadre d'une mission au profit de la sécurité civile, des autorités gouvernementales et des instances européennes.

Par ailleurs, le CEA dispose dans le Département de Mécanique et Thermique du centre de Saclay de moyens expérimentaux (table vibrante Tamaris,...) et de moyens de calculs performants permettant de quantifier les mouvements des structures soumises à des sollicitations sismique.

Dans le cadre de l'instruction des dossiers de sûreté, des débats avec les experts de l'IPSN, appui technique de l'Autorité de sûreté, sont organisés notamment lors de la préparation des groupes permanents d'experts qui doivent se prononcer sur la recevabilité de ces dossiers.

1. l'Autorité de sûreté émet des textes réglementaires dans différents domaines, notamment ceux intéressant les caractéristiques de site des installations nucléaires. Il en existe plusieurs dizaines.
2. A titre indicatif, dans les zones actives comme en Turquie, les vitesses de déplacement des failles peuvent dépasser le cm/an
3. séisme maximum de sécurité, voir fiche " règles fondamentales de sûreté en matière de séisme ". Dans la nouvelle Règle fondamentale de sûreté, le SMS sur le site de Cadarache est de 5,8 à 7,1 km.

Contact Presse:

Service Information-Presses tel: 01 40 56 20 11

CEA/DCom - SITE INTERNET DU CEA
La tenue aux séismes des installations du
CEA/Cadarache

Mise à jour : 19 avril 2001
© CEA 2001 - Tous droits réservés