
Pilote CO₂

CLIS 27 novembre 2008

Prise en compte de l'aléa sismique



TOTAL

Magnitude - Intensité

- ▶ La magnitude d'un tremblement de terre mesure l'énergie libérée lors d'un séisme. La magnitude est calculée à partir du signal enregistré. Son calcul nécessite plusieurs corrections tenant compte du type de sismographe utilisé, de la distance entre le séisme et les stations d'enregistrement, de la profondeur du séisme, de la nature du sous-sol où se trouve les stations d'enregistrement. Les corrections permettent de calculer partout dans le monde la même magnitude pour un même séisme.
- ▶ L'intensité d'un séisme est définie en un lieu par rapport aux effets produits par ce séisme, qu'ils soient seulement observés ou ressentis par l'homme (réveil, chute d'objets, fissures ...) ou qu'ils aient causés des dégâts plus ou moins importants aux constructions. L'intensité d'un séisme dépend du lieu d'observation des effets causés par le séisme. Elle décroît généralement lorsqu'on s'éloigne de l'épicentre du séisme mais varie aussi selon la structure géologique.
- ▶ A l'inverse de la magnitude qui se calcule, l'intensité d'un séisme ne peut donner lieu qu'à une estimation. L'intensité est associée au lieu d'observation. Pour un séisme donné, on donne souvent uniquement l'intensité à l'épicentre, la plus forte généralement : c'est l'intensité épiscopentrale.
- ▶ Il n'existe pas de véritable relation entre magnitude et intensité. Ainsi deux séismes de même magnitude peuvent donner en surface des intensités différentes. Inversement deux séismes de même intensité en un lieu peuvent avoir des magnitudes différentes.

Séismes pyrénéens

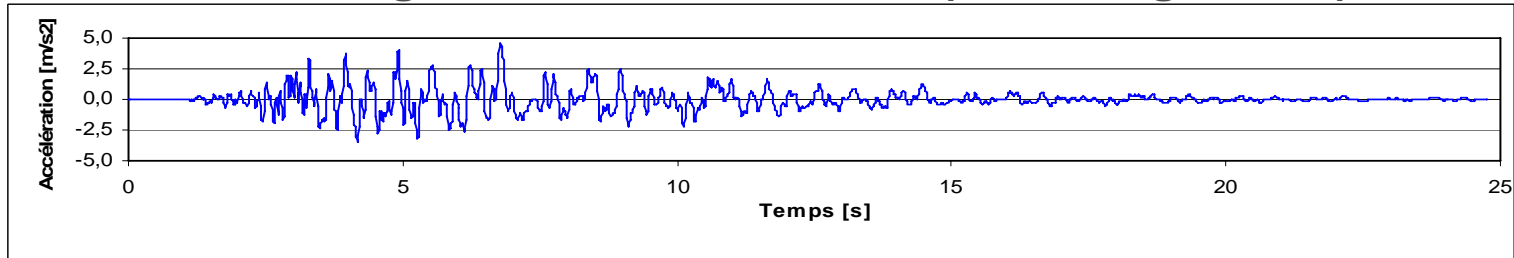
- ▶ Sur les cent dernières années, le séisme de plus grande magnitude connue est celui du Chili en 1960, de magnitude 9.5 ; la zone de rupture de la faille a atteint plus de 1000 km de long (3000 morts).
- ▶ Le séisme historiquement connu le plus dévastateur dans les pyrénées est celui de 1428 en Catalogne espagnole d'intensité maximum estimée à X (*).
- ▶ Le séisme de plus grande magnitude connu dans les Pyrénées française est celui de Bagnères de bigorre de Magnitude estimé à 6 en 1660 (30 victimes). L'intensité maximum a été estimée à IX (*)
- ▶ Le séisme de plus grande Magnitude connu sur la faille Nord Pyrénéenne depuis le forage du puits Rousse-1 est le séisme d'Arette de magnitude 5.3 en 1967 (1 victime). L'intensité épacentrale a été estimée à VIII (*)
- ▶ NB : L'échelle des magnitudes est une échelle logarithmique ; ce qui signifie qu'un séisme de Magnitude 6 génère 10 fois plus d'énergie qu'un séisme de Magnitude 5

(*) sur une échelle allant de I à XII



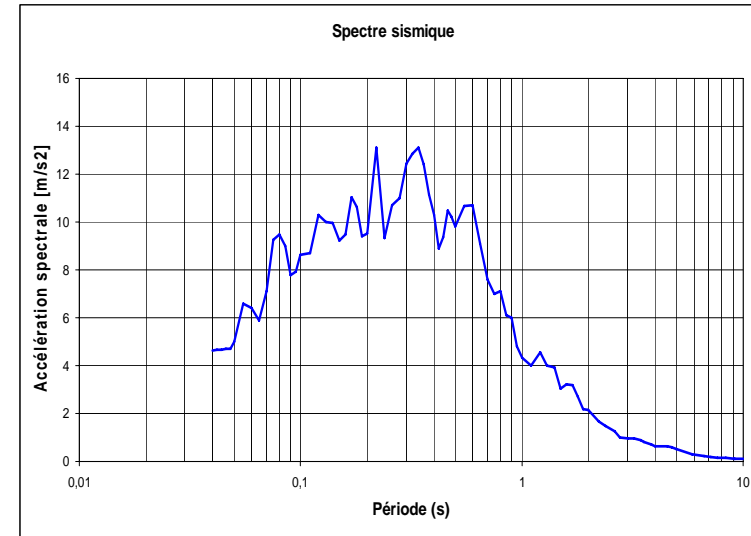
Spectre sismique (1)

► Courbe d'enregistrement d'un séisme (accélérogramme)

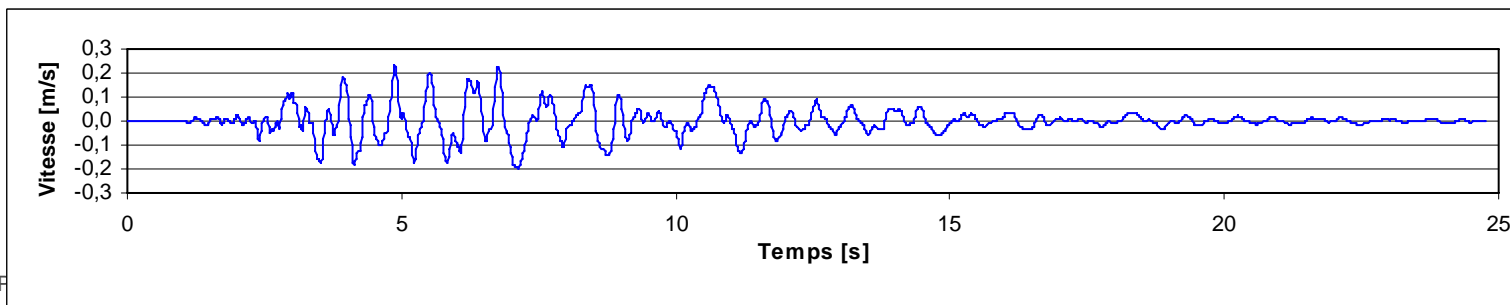


► Spectre sismique

- diagramme standard international pour représenter un mouvement sismique et estimer son potentiel d'endommagement
- Les mouvements engendrés pendant un séisme peuvent être décrits comme la superposition de plusieurs mouvements 'élémentaires' ayant chacun une amplitude et une fréquence propre. Le spectre est la représentation de l'amplitude de chaque mouvement 'élémentaire' en fonction de sa fréquence. Un spectre s'obtient en faisant une décomposition mathématique du signal enregistré.



► Signal en vitesse



Spectre sismique (2)

➤ SMHV (séisme maximal historiquement vraisemblable)

Séisme(s) produisant au niveau du site l'intensité la plus forte compte tenu des observations historiques et des connaissances géologiques et sismotectoniques de la région.

Donnée de Base = Catalogues de sismicité historique & instrumentale

➤ SMS (Séisme majoré de sécurité)

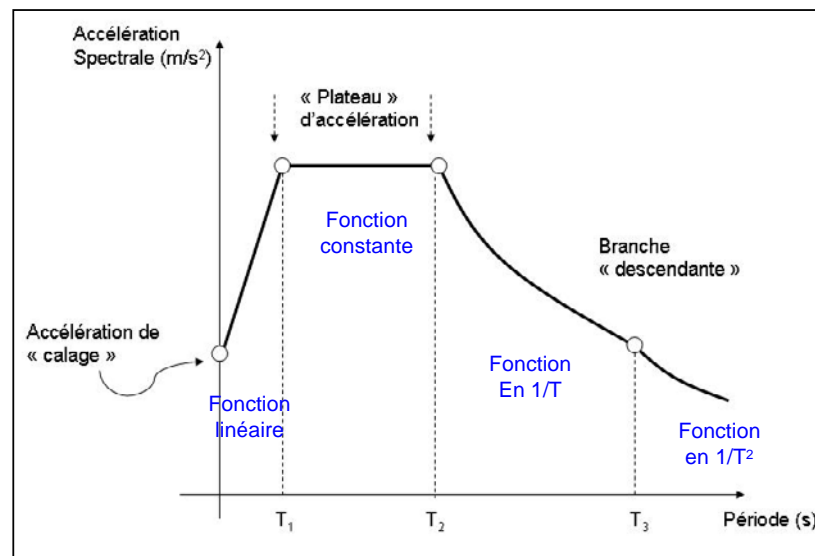
SMS (magnitude) calculé à partir de :

SMHV +0.5

Compatible avec les données géologiques et sismiques → sur la faille Nord pyrénéenne)

ou

SMS (magnitude) = SMHV (magnitude)
Au niveau du site si magnitude < ou = 6

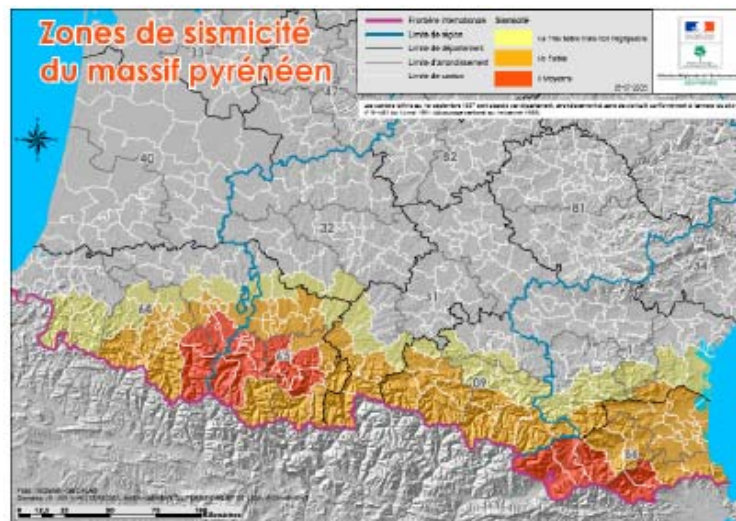


Forme simplifiée du spectre de réponse (approche réglementaire)
(Eurocode 8)

Spectre sismique de Rouse (3)

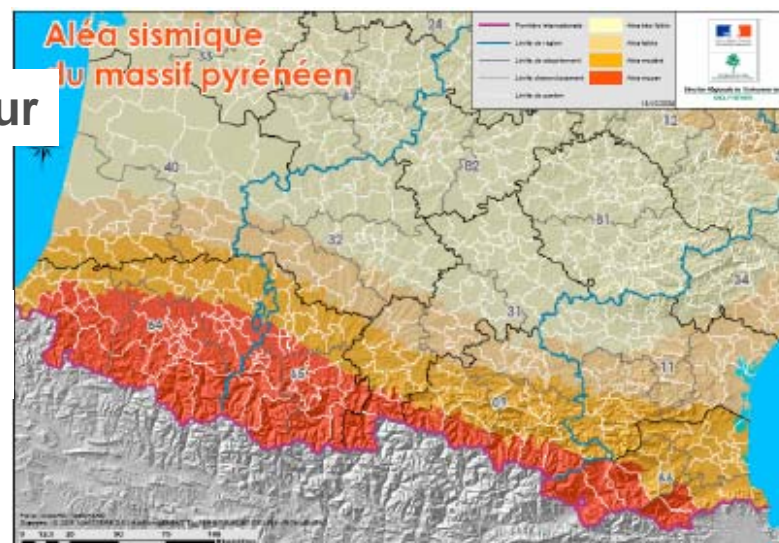
Zonage sismique encore en vigueur

Le secteur de Rouse se trouve en zone de sismicité faible



Zonage sismique non encore en vigueur

Le secteur de Rouse se trouve en zone d'aléa moyen.



Spectre sismique de Rouse (4)

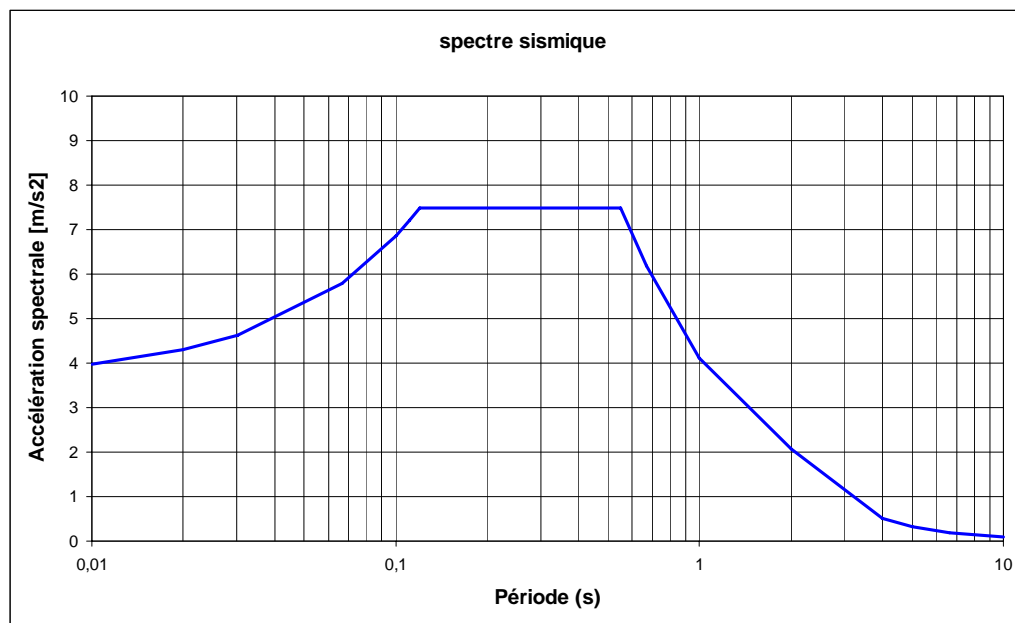
Le SMS pour le site de Rouse est calculé avec les hypothèses suivantes :

Prise en compte de la nouvelle carte d'aléa sismique qui sera mis en vigueur prochainement

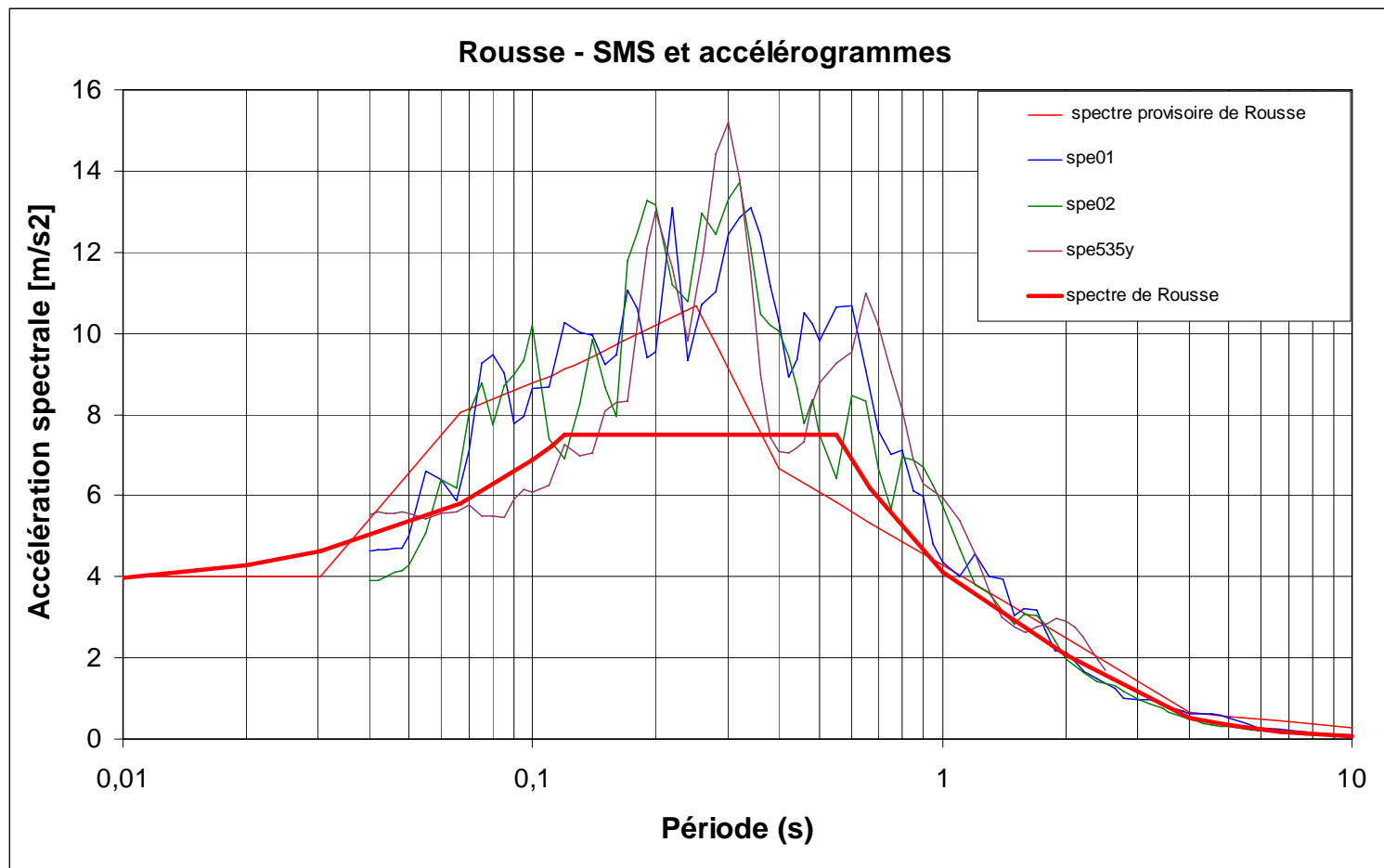
Sismicité locale : $M = 6$ sous le site (profondeur 5 km – le plus pénalisant)

Sismicité régionale pyrénéenne : $M = 6.5$ à 20 kms du site sur la faille Nord Pyrénéenne (profondeur 15 kms)

L'hypothèse majorante est le séisme local associé au site



Spectre sismique de Rouse (5)

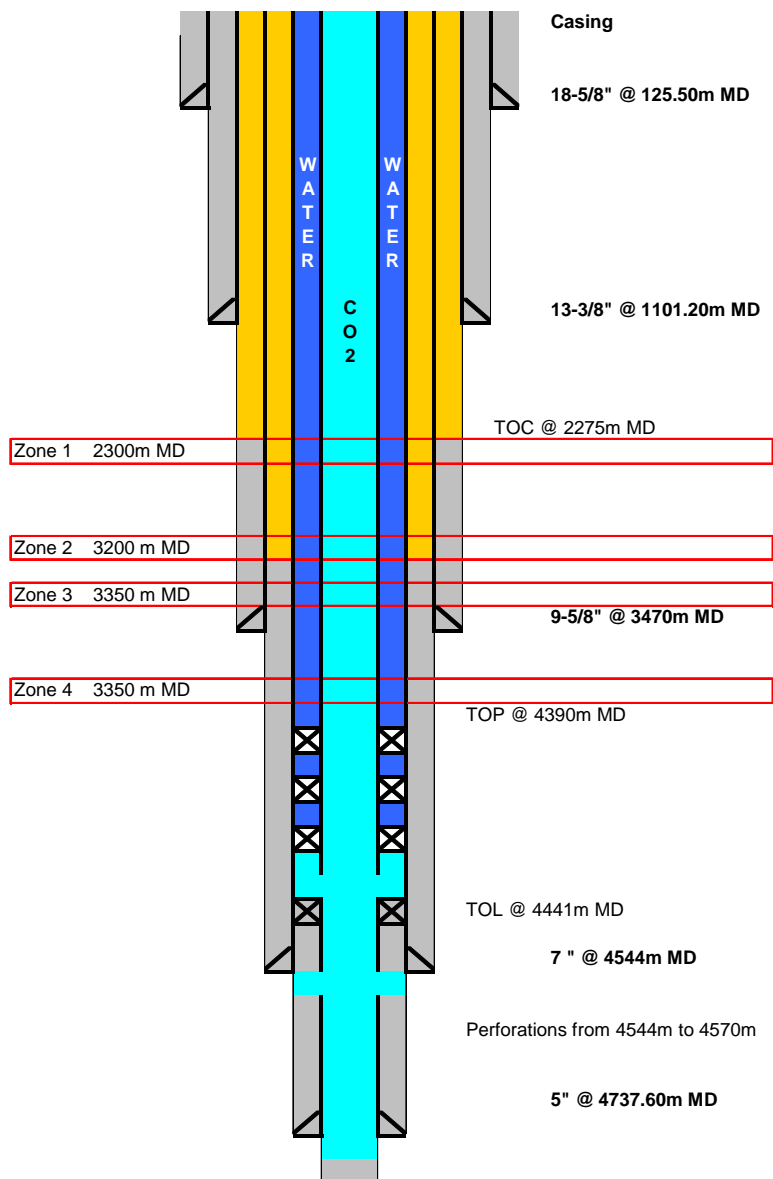


L'étude conclut que les trois accélérogrammes retenus dans l'étude précédente couvrent largement le nouveau spectre déterminé pour le site de Rouse et qu'il n'y a pas lieu de sélectionner de nouveaux accélérogrammes pour le calcul sismique des structures du site de Rouse.

Evaluation du risque d'activation de failles et de perte d'intégrité du puits RSE1 lors d'un événement sismique (1)

- 1. Evaluation du spectre du séisme majoré de sécurité SMS**
- 2. Evaluation, en surface, de trois sismogrammes en accélération et en vitesse**
- 3. Evaluation de la charge initiale dans la formation**
- 4. Evaluation de la surcharge maximale dynamique dans la formation due au séisme (à partir des sismogrammes)**
- 5. Evaluation du risque de glissement de faille à proximité du puits RSE1**
- 6. Evaluation des charges initiales dans les composants (gainés de ciment et cuvelages) du puits RSE1 à l'aide d'une simulation. Cette évaluation permet de calculer la marge de sécurité des composants du puits vis-à-vis de leur endommagement.**
- 7. Evaluation de la surcharge maximale dynamique dans les composants du puits RSE1 due au séisme (à partir des sismogrammes)**
- 8. Evaluation du risque d'endommagement des composants du puits**

Coupe du puits Rousse-1



- Les calculs de surcharge ont été réalisés au droit des quatre zones en rouge qui figurent sur le schéma joint

Evaluation du risque d'activation de failles et de perte d'intégrité du puits RSE1 lors d'un événement sismique (1)

| Etape | Quantité évaluée | Résultat |
|-------|---|---|
| 3 | Charge initiale dans la formation hors présence du puits (sans surcharges dynamiques) | 250-1000 bar |
| 4 | Surcharges dynamiques maximales dans la formation | 3,7 bar (2300 m) 0,8 bar (4200 m) |
| 5 | Risque de glissement de faille | Les surcharges sont inférieures à la variation des contraintes naturelles dans les terrains |
| 6 | Sécurité vis-à-vis de l'endommagement des composants du puits RSE1 (sans surcharges dynamiques) | 144 bar (gaine) 4630 bar (cuvelage) |
| 7 | Surcharges dynamiques maximales dans les composants du puits RSE1 | 6 bar (gaine) 40 bar (cuvelage) |
| 8 | Risque d'endommagement du puits | 6 bar << 144 bar (gaine) 40 bar << 4630 bar (cuvelage) |

Evaluation du risque d'activation de failles et de perte d'intégrité du puits RSE1 lors d'un événement sismique (2)

Conclusions de l'étude

- ▶ Evaluation du risque d'activation de faille à proximité du puits RSE1 : les surcharges sont inférieures à la variation des contraintes naturelles dans les terrains. En conséquence, le risque d'activation d'une faille à proximité du puits de RSE1 est négligeable
- ▶ Evaluation du risque de perte d'intégrité du puits RSE1 : la marge de sécurité vis-à-vis de l'endommagement des gaines de ciment et des cuvelages, sans prise en compte de surcharges dues à un séisme, est supérieure respectivement à 144 bar et 4630 bar. Les amplitudes maximales des variations de contraintes sont inférieures à 6 bar et 40 bar respectivement dans le ciment et l'acier. Ces amplitudes sont nettement plus faibles que les marges de sécurité calculées lors des simulations. En conséquence, le risque d'un endommagement du puits RSE1 lors d'un événement sismique est négligeable.