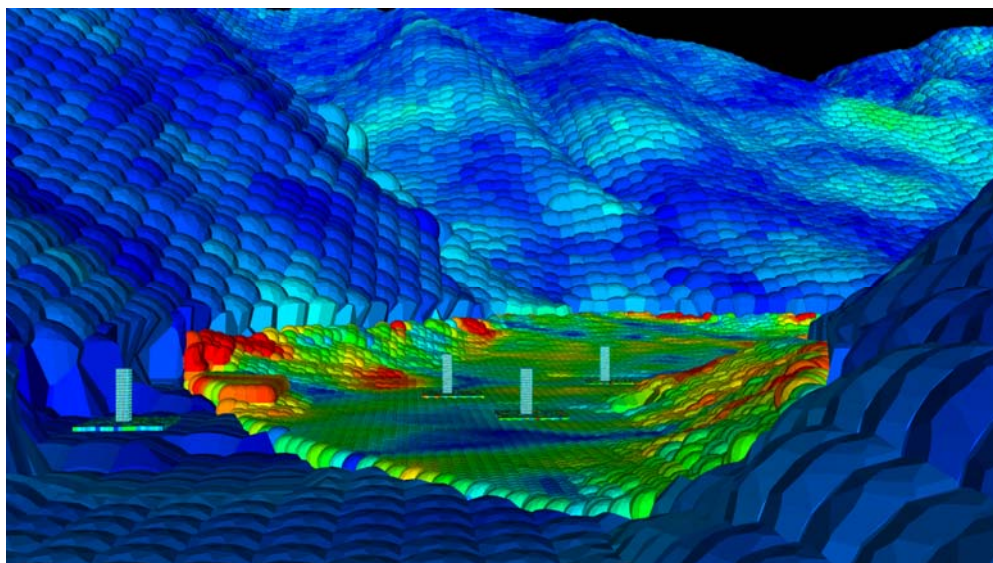


Modélisation des effets des séismes, de la faille aux structures

L'estimation des effets destructeurs potentiels des gros séismes (glissements de terrain, fracturations de surface, endommagement de bâtiments et d'infrastructures, ...) revêt une importance capitale dans les politiques de sécurité publique et dans le dimensionnement des installations sensibles ou dangereuses.

En un endroit donné, ces effets dépendent non seulement de l'importance du séisme et de son éloignement, mais aussi de l'environnement géologique local, et plus particulièrement de la nature des reliefs et de la présence de bassins sédimentaires qui sont susceptibles d'amplifier très fortement les mouvements sismiques.

Une des manières d'estimer ces effets destructeurs passe par la simulation numérique. Dans ce domaine, l'alliance des expertises du CEA/DAM en mécanique, risque sismique, mathématiques appliquées et informatique, conjuguée à la puissance des supercalculateurs du CEA, a permis de réaliser ce type de simulations numériques à une échelle et avec un degré de réalisme qui n'avaient pas encore été atteints.



Le challenge physique

Il s'agit de simuler dans un même calcul la génération d'une onde sismique par rupture de faille, sa propagation dans un domaine géologique complexe, les perturbations dues à des effets de site locaux, et de prévoir le comportement de bâtiments face au séisme. Un logiciel novateur - Mka3D - développé au CEA/DAM depuis plusieurs années, est parfaitement adapté à cet objectif.

Pour ce type de simulations numériques, le milieu physique est découpé en un très grand nombre (plusieurs millions) d'éléments discrets, soumis chacun aux lois de la mécanique. Le calcul est réalisé pas à pas, et à chaque pas de temps un très grand nombre d'équations doit être résolu. Le recours aux supercalculateurs s'impose alors car les puissances de calcul nécessaires sont colossales. Dans l'exemple présenté, qui a nécessité l'utilisation de 500 processeurs pendant 40 heures (soit un total de 20 000 heures de calcul), une faille génère un séisme d'une magnitude de 5,5 sur l'échelle de Richter. Les ondes sismiques vont alors se propager dans un milieu tridimensionnel, complexe à la fois par sa forme (topographie) et par sa composition (nature des milieux géologiques). Le domaine étudié représenté ici à l'échelle d'une ville (11 x 11 km² sur 2 km d'épaisseur).

Les ondes sismiques arrivent au pied des bâtiments qui sont également modélisés dans le même calcul, ce qui permet l'interaction directe du sol avec la structure. Une des originalités du logiciel est sa capacité à gérer un changement d'échelle très important, entre celle des bâtiments et celle du domaine de propagation des ondes sismiques.

L'approche numérique du code Mka3D permet par ailleurs de prendre en compte une physique complexe, afin par exemple de prévoir les ruptures éventuelles et de suivre l'effondrement d'une structure ou la formation d'une zone de glissement.

Les perspectives

Les progrès futurs, aussi bien dans le logiciel de simulation que dans les puissances de calcul disponibles, permettront de réaliser des simulations numériques à des échelles de temps et d'espace plus grandes, et d'introduire davantage de réalisme dans la prise en compte des phénomènes physiques (fracturation notamment).

Ce type d'outil numérique permet par ailleurs de prévoir les effets d'autres types de phénomènes naturels ou artificiels dangereux : éboulements, explosions, chutes de météorites, ...

Pour en savoir plus : <http://www-dase.cea.fr/>