



SATT
PARIS-SACLAY

EASYRISK : le jumeau numérique qui révolutionne l'estimation du risque sismique

Comment rendre l'évaluation du risque sismique plus accessible, plus précise et basée sur la modélisation physique pour les professionnels ?

C'est le défi que relève le projet EASYRISK, en s'appuyant sur des outils numériques puissants mais simplifiés d'usage. L'objectif : rendre l'évaluation du risque sismique régional site-spécifique plus précise et surtout plus accessible pour les assureurs et les ingénieurs. Un projet de recherche devenu innovation deeptech grâce aux investissements et accompagnement de la SATT Paris-Saclay.



Filippo Gatti est maître de conférences à CentraleSupélec, chercheur au sein du Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay (LMPS). Spécialiste d'ingénierie parasismique et intelligence artificielle, il développe des **modèles hybrides combinant simulation numérique et intelligence artificielle** pour mieux prédire les mouvements sismiques. Il co-coordonne le projet EASYRISK, une solution innovante qui permet de mieux anticiper les séismes grâce à des jumeaux numériques et à des modèles scientifiques de haute précision.

SATT Paris-Saclay :

Comment est née l'idée d'EASYRISK et à quel besoin précis répondait-elle initialement ?

Filippo Gatti :

L'idée d'EASYRISK est le fruit de plusieurs années de développement. Depuis plus de 10 ans, nous développons, au sein de l'équipe, **code open source (SEM3D)**, conçu principalement pour des projets liés aux études de protection parasismiques d'infrastructures critiques, telles que les centrales nucléaires.

Ce code, développé par le Laboratoire de Mécanique Paris-Saclay du CEA, l'Institut de Physique du Globe de Paris et le CNRS, bien que très performant, présente une **complexité technique importante**. À l'arrivée d'un nouveau collègue, doctorant ou post-doctorant, un long processus d'onboarding est nécessaire. Il faut maîtriser un langage de programmation ancien (Fortran) et avoir à la fois des compétences poussées en informatique et une bonne compréhension du domaine d'application. Or, ces connaissances préalables sont rarement homogènes.

À force de répéter ce transfert de compétences, nous avons pris conscience que cette complexité représentait un frein, non seulement pour les nouveaux arrivants, mais aussi pour une utilisation du code en dehors du cadre académique, dans des contextes professionnels ou commerciaux.

L'objectif était de **conserver le moteur de calcul performant** que nous avons co-développé, tout en construisant autour de ceci une plateforme intégrée, ergonomique, et accessible.

Côté scientifique, il s'agissait donc de **démocratiser l'usage de ces outils**. Et côté commercial, nous avons rapidement identifié un besoin chez certains acteurs comme les assureurs ou les entreprises d'ingénierie spécialisées dans l'évaluation des risques sismiques à l'échelle régionale. Nous avons alors compris que le principal verrou était d'ordre purement technique, ce que nous avons voulu lever avec EASYRISK.

« Pour un assureur, l'investissement humain et les compétences internes sont conséquents. C'est pourquoi, EASYRISK apporte un accès simplifié aux simulations complexes. »

FG :

Effectivement, plusieurs travaux ont montré que les outils comme EASYRISK présentent un réel **intérêt pour l'évaluation du risque sismique dans le secteur de l'assurance**. Cela dit, même si les grands groupes d'assurance disposent généralement de départements R&D bien équipés et compétents, ils utilisent rarement ce type de code, uniquement pour des études très spécifiques. Cela s'explique sans doute par plusieurs facteurs. D'abord les technologies de

calcul scientifique - notamment via le cloud - ont connu une forte évolution ces dix dernières années, les rendant bien plus accessibles qu'auparavant. Mais malgré ces avancées, les pratiques industrielles, notamment dans le secteur de l'assurance, restent ancrées dans une expertise fondée sur des décennies d'études empiriques à partir de données enregistrées. L'introduction de signaux sismiques simulés représente un changement de paradigme potentiellement source de biais, ce qui peut freiner leur adoption. D'autant que ces simulations ont un coût non négligeable, qu'elles soient réalisées via le cloud ou sur des infrastructures de calcul intensif (HPC). Enfin, les outils utilisés - comme le simulateur SEM3D - nécessitent des compétences avancées, parfois complexes à mobiliser en dehors du milieu académique, ce qui peut décourager leur intégration dans la pratique courante.

Ensuite pour un assureur, l'investissement humain et les compétences internes sont conséquents. C'est pourquoi, EASYRISK apporte un accès simplifié aux simulations complexes.

Enfin, il faut bien comprendre que les assureurs ont des experts de calcul, mais cela n'empêche pas que leur cœur de métier soit : l'évaluation, la modélisation et la gestion des risques. C'est pourquoi nous avons voulu concevoir **une solution qui les recentre sur ce qui les intéresse vraiment** : les résultats, exploitables directement pour leurs analyses.

Cela dit, les **entreprises d'ingénierie** peuvent aussi faire partie des utilisateurs potentiels. Les grands groupes qui disposent de départements R&D très avancés, mènent déjà leurs propres calculs complexes. Pour eux, EASYRISK peut être utile, mais dans un cadre plus ciblé, comme par exemple pour affiner des simulations existantes, notamment dans des projets de grande ampleur comme les centrales nucléaires.

Les entreprises d'ingénierie civile sont contraintes par des normes réglementaires strictes (les Eurocodes), qui ajoutent des contraintes fortes sur les choix de modélisation. EASYRISK peut donc représenter un outil de prototypage à des fins de vérifications, d'analyse, de sensibilité et d'analyse probabiliste de la vulnérabilité sismique de ces ouvrages.

SATT Paris-Saclay :

Concrètement, qu'apporte votre approche par jumeau numérique et simulation physique par rapport aux outils empiriques actuellement utilisés dans l'estimation du risque sismique ?

FG :

J'ai déjà en partie répondu à cette question, mais pour résumer : les approches empiriques utilisées actuellement par les assureurs reposent essentiellement sur des données sismiques enregistrées historiquement. Ces modèles fournissent des formules empiriques, basées sur des régressions statistiques sur les événements passés, pour estimer les mesures d'intensité associées à un scénario sismique potentiel..

FG :

Ces modèles empiriques ne prennent en compte que très marginalement la complexité physique du phénomène, notamment les effets site-spécifique, qui sont souvent pris en compte de manière simplifiée. L'exposition au risque sismique dépend aussi de l'impact potentiel associé, et cela nécessite une étude plus raffinée dans le cas d'ouvrages critiques (centrales nucléaires, ouvrages ferroviaires...).

Par exemple, en France, plusieurs sites industriels très importants sont implantés dans la vallée du Rhône, à proximité d'un système de failles actives très connu et étudié en France métropolitaine. La caractérisation assez précise et la connaissance approfondie de ces failles justifient pleinement l'usage d'outils de simulation plus poussés.

Enfin, un dernier point, plus stratégique, est apparu récemment : une grande partie des bases de données sismiques utilisées à l'échelle mondiale sont hébergées à l'étranger. Dans un contexte géopolitique tendu, cette dépendance pose question. Si l'accès à ces données était un jour restreint, nos outils numériques permettraient de démontrer une autonomie stratégique importante.

C'est là que notre approche par jumeau numérique entre en jeu. Elle permet de générer des **scénarios hypothétiques** – des tremblements de terre que l'on n'a encore jamais observés mais qui sont plausibles et dont on peut simuler la physique précise.. Une fois qu'un modèle numérique est calibré à partir de données historiques, il peut **simuler des séismes potentiels réalistes** en intégrant la géologie locale, les failles actives, et d'autres paramètres. On peut alors tester différentes configurations : un seul segment de failles, plusieurs simultanément... Cela offre une **finesse d'analyse bien supérieure**, et permet **de mieux estimer les marges de sécurité** associées aux infrastructures critiques.

SATT Paris-Saclay :

Pouvez-vous nous expliquer simplement ce qu'est un jumeau numérique ?

FG :

Le terme « **jumeau numérique** » est devenu très courant ces dernières années, mais il est important de bien le définir. Un jumeau numérique, c'est un système composé de deux entités : une version physique – le système réel que l'on souhaite surveiller et contrôler – et sa réplique numérique, modélisée dans un environnement informatique.

Ce qui fait la spécificité d'un jumeau numérique, c'est **l'interaction bidirectionnelle** entre ces deux parties. Le système physique envoie des données au modèle numérique via des capteurs (température, vibrations, tensions...) et en retour, le modèle numérique peut simuler l'évolution du système et générer des actions ou recommandations à appliquer au monde réel. Cela crée une boucle fermée, dynamique et continue.

Un exemple classique est celui d'une batterie : des capteurs mesurent les variations de tension, charge et température, le jumeau numérique ajuste son état digital (le jumeau virtuel) en temps réels, et propose des modifications pour optimiser l'utilisation de la batterie, ses performances et anticiper son temps de vie restant. Les mesures faites au niveau du jumeau physique permettent de mettre à jour le jumeau virtuel et ensuite agir sur le modèle physique pour le corriger si besoin.

SATT Paris-Saclay :

C'est ce mécanisme qui permet une meilleure prédiction ?

FG :

Exactement. C'est un système d'aller-retour permanent entre les mesures physiques et les prédictions numériques. En sismique, cela permettrait par exemple de créer des émulateurs, comme on en utilise déjà dans les sciences du climat.

Ce sont des **modèles autonomes** capables de simuler l'évolution d'une région à risque sismique important dans le temps.

Grâce à des capteurs placés sur le terrain, on peut surveiller en temps réel l'activité sismique. Les modèles numériques sont alors mis à jour en continu à mesure que de nouvelles données sont collectées, ce qui **affine progressivement les prédictions**.

SATT Paris-Saclay :

Cela permet aussi de prendre en compte toutes les spécificités locales, topographie... ?

FG :

Tout à fait. Et c'est un **aspect fondamental**. Les approches empiriques ne permettent pas de le faire avec précision. Les capteurs sismiques sont souvent espacés de plusieurs kilomètres. Cette faible densité oblige à interpoler les données sur de grandes mailles, ce qui réduit considérablement la précision des estimations.

À l'inverse, un modèle numérique permet d'intégrer ces spécificités locales – géologie, urbanisation, type de bâtiment, failles actives, topographie – pour obtenir une cartographie des risques beaucoup plus fine, contextualisée et une estimation probabiliste plus raffinée.

SATT Paris-Saclay :

Le format SaaS, les API et les bases de données intégrables font d'EASYRISK un outil polyvalent : à quoi ressemblera l'expérience utilisateur pour un assureur, par exemple ?

FG :

Notre objectif est que l'utilisateur, notamment un assureur, **n'ait pas à gérer le paramétrage** complexe des calculs. Concrètement, il doit pouvoir, par exemple, tracer un simple rectangle sur une carte pour définir la zone d'étude – autour d'un site ou une région d'intérêt – et lancer une simulation sismique.

Derrière, EASYRISK se charge **automatiquement de récupérer** les données nécessaires : topographie, géologie, reliefs, mais aussi les failles actives présentes dans la région, en s'appuyant sur des bases de données publiques. Ce type de fonction existe déjà sur certains sites japonais ou américains, qui sont bien documentés et dont il est possible de récupérer et sélectionner des failles afin d'accéder aux informations correspondantes.

SATT Paris-Saclay :

La valeur ajoutée d'EASYRISK pour un assureur, c'est donc un gain de temps ?

FG :

Exactement. L'idée est de leur **faire gagner du temps** et de leur permettre de se concentrer sur les décisions stratégiques : le choix des régions à analyser, des failles à prendre en compte, etc. Et si la première simulation s'avère trop conservatrice, il peut la relancer en affinant certains paramètres. C'est **une approche évolutive**, qui permet de corriger le modèle sans repartir de zéro, contrairement aux approches en «boîte noire», plus rigides.

SATT Paris-Saclay :

L'utilisateur peut-il adapter les simulations à des besoins très spécifiques ?

FG :

Oui, et c'est même un **choix fondamental** que nous avons fait : ne pas livrer un outil clé en main complètement fermé. Les "boîtes noires" ne suscitent pas la confiance, surtout dans notre domaine.

EASYRISK repose sur des codes de calcul **déjà open source**, et nous souhaitons conserver cette transparence.

Ceux qui le souhaitent peuvent consulter les codes, les adapter, les intégrer à leurs outils internes.

L'important pour nous, c'est d'offrir un outil modulaire, type plug-and-play, compatible avec les systèmes existants. **Chacun peut alors l'utiliser comme il le souhaite.**

SATT Paris-Saclay :

Vous avez prévu des démonstrations. Qu'attendez-vous de cette phase de test, et comment allez-vous intégrer les retours des professionnels ?

« Cette phase de test vise à adapter l'outil aux besoins réels du terrain ».

FG :

Des démonstrations sont prévues en septembre. Cette phase de test vise à **adapter l'outil aux besoins réels du terrain**. J'espère que l'entreprise pourra nous indiquer un point

d'entrée concret : par exemple, l'ajout d'une fonctionnalité précise, l'interfaçage avec les logiciels développés en interne, l'adaptation à une région spécifique et/ou à un format de données spécifiques.

On pense aussi à des cas concrets, comme l'Italie ou la Turquie. Après les importants séismes de 2023, le modèle de risque sismique en Turquie est en cours de mise à jour. Le marché y est en plein essor, et les besoins en outils fiables sont énormes.

SATT Paris-Saclay :

Les entreprises que vous ciblez pour les tests sont uniquement des assureurs ?

FG :

Les assureurs sont notre première cible, oui.

Mais il existe aussi des acteurs en Europe qui développent des modèles de risque à l'échelle mondiale, à destination des assureurs, des bureaux d'ingénierie, ou encore des collectivités. Leur approche repose principalement sur des bases de données empiriques et des outils open source, mais rarement sur des simulateurs numériques. Ce que nous proposons avec EASYRISK, c'est d'aller plus loin : apporter une couche de simulation physique et d'intelligence artificielle pour affiner l'analyse et renforcer la précision. Il y a donc une vraie complémentarité à construire.

SATT Paris-Saclay :

Quel rôle joue la SATT Paris-Saclay dans cette transition vers une co-maturation industrielle, et en quoi cet accompagnement change-t-il la trajectoire de votre projet ?

FG :

Nous connaissions déjà la SATT Paris-Saclay, mais je n'avais pas de vocation entrepreneuriale à l'origine. Comme beaucoup de chercheurs, nous ne sommes pas formés pour cela. Nous avons donc candidaté au Poc-Up Program une première fois, mais notre dossier était encore trop fragile.

Par contre, la seconde tentative a été la bonne : c'est à ce moment-là que nous avons commencé à travailler avec Paul Pham (chef de projet maturation), au sein de la SATT Paris-Saclay.

L'accompagnement est très complet. Il couvre notamment le développement commercial, l'étude de marché — des domaines dans lesquels nous n'avons ni compétences ni repères. Nous avons également été guidés dans les choix stratégiques, tant techniques qu'économiques.

Nous avons fait un dépôt du logiciel à l'APP grâce au support de l'ingénieur brevet Frank Lichou. Puis, avec Paul et une société de conseil que nous avons mobilisée, nous avons pu contractualiser les premières étapes de développement, jusqu'à obtenir une maquette et un prototype d'EASYRISK.

FG :

Le financement assuré par la SATT Paris-Saclay a été décisif. Cela nous a évité de devoir contracter un prêt — une démarche souvent complexe à ce stade. C'était un véritable investissement d'amorçage, sans lequel EASYRISK n'existerait probablement pas sous sa forme actuelle.

SATT Paris-Saclay :

La SATT Paris-Saclay vous a également permis de vous mettre en relation avec des industriels ?

FG :

Oui, très clairement. Paul a joué un **rôle clé** dans la mise en relation avec les entreprises que nous avons identifiées lors de l'étude de marché.

Il a aussi **assuré la coordination de la stratégie de commercialisation**. Sur ce volet, c'est la SATT Paris-Saclay qui pilote, et cela nous permet de rester concentrés sur les dimensions scientifique et technique du projet.

SATT Paris-Saclay :

Les prochaines étapes sont les phases de test prévues en septembre.

Si les retours sont positifs, envisagerez-vous un partenariat industriel ?

FG :

Officiellement, nous attendons les tests, mais officieusement, nous avons déjà exploré plusieurs options, comme tout le monde dans ce type de projet.

Selon les résultats, plusieurs scénarios sont possibles : **un transfert immédiat à un industriel, une co-maturation avec un partenaire, voire la création d'une start-up.**

Pour l'instant, rien n'est arrêté, car tout dépendra des retours concrets de cette phase d'expérimentation. Le marché est complexe, très concurrentiel, et nous voulons prendre le temps d'opter pour la stratégie la plus pertinente.

Ce sont les résultats des tests qui détermineront l'avenir d'EASYRISK.

Le projet EASYRISK illustre parfaitement la capacité de la recherche académique à générer des outils concrets, utiles et à fort impact pour les acteurs économiques.

En démocratisant l'accès à des modèles jusqu'ici réservés à une poignée d'experts, Filippo Gatti et son équipe ouvrent la voie à une évaluation du risque sismique plus fine, plus juste et plus actionnable.

Prochaine étape : valider les usages sur le terrain avec des partenaires industriels, avant un potentiel transfert ou une création d'entreprise.

Une dynamique que la SATT Paris-Saclay continuera de soutenir grâce à l'implication de ses équipes.