

Nemesis : un ERC Synergy hors norme qui commence à faire ses preuves

3.9.2026 - | Université de Montpellier

Deux ans après son lancement officiel, le premier rapport scientifique du projet Nemesis¹ (2024-2030) vient d'être validé par le Conseil européen de la recherche, avec des retours particulièrement positifs. Coordonné par l'Université de Montpellier et porté par Daniele Di Pietro, professeur à l'Imag, ce projet ERC Synergy, financé à hauteur de 7,8 millions d'euros, ouvre la voie vers de nouvelles méthodes de calcul numérique permettant de traiter des équations mathématiques complexes.

À l'impossible, nul n'est tenu. Sauf peut-être les lauréats du Conseil européen de la recherche (ERC), prestigieux organisme européen de financement qui soutient des projets de recherche exploratoire d'un très haut niveau scientifique, destinés à « *repousser les frontières de la connaissance* ». Daniele Di Pietro fait partie de ceux-là.

En 2023, Daniele Di Pietro, professeur en analyse numérique à l'Institut montpelliérain Alexander Grothendieck (Imag), laboratoire CNRS-Université de Montpellier qu'il a dirigé de 2021 à 2025, décrochait une bourse ERC Synergy de 7,8 millions d'euros pour le projet Nemesis. Un événement rare pour un projet en mathématiques, révélateur de son ambition scientifique comme des nombreux défis qu'il entend relever.

Outre son financement remarquable et l'extrême compétitivité de l'appel, ce projet a la particularité, comme tous les ERC Synergy, de réunir plusieurs scientifiques de très haut niveau autour d'une thématique d'une grande complexité. Une exigence qui explique aussi l'ampleur de son budget. Coordonné par l'Université de Montpellier, le projet Nemesis réunit ainsi quatre chercheurs principaux et leurs équipes. Daniele Di Pietro en assure la coordination, aux côtés de Jérôme Droniou de l'Imag, de Paola Antonietti du Politecnico de Milano (Italie) et de Lourenço Beirão da Veiga de l'Université de Milan-Bicocca (Italie).

Quand les équations résistent aux ordinateurs

Lancé début 2024, Nemesis s'attaque à une difficulté centrale de la simulation numérique : comment modéliser par ordinateur des phénomènes physiques trop complexes pour être résolus exactement ? Son nom, Nemesis, signifie « *New Generation Methods for Numerical Simulations* », soit « *nouvelles méthodes pour les simulations numériques* » en français. Daniele Di Pietro résume ainsi l'enjeu : « *Aujourd'hui, pour modéliser un système physique, par exemple une voiture ou un avion, mais aussi le cœur humain ou le cerveau, nous avons recours à des simulations sur ordinateur. Pour cela, il faut d'abord trouver les équations qui décrivent ce système. Or, si nous sommes souvent en mesure d'écrire ces équations, il est généralement impossible de les résoudre de manière exacte. Il faut donc trouver des versions approchées de ces équations que l'on puisse résoudre à l'aide d'un ordinateur.* » C'est là que Nemesis entend ouvrir une voie nouvelle : le projet vise à dépasser les limites actuelles de la simulation numérique appliquée aux problèmes physiques complexes.

Un premier verrou scientifique levé

Comment ? En développant, au cœur des mathématiques appliquées et de la simulation numérique, de nouvelles méthodes pour traiter les équations aux dérivées partielles. L'objectif : créer une

nouvelle génération de simulateurs capables de représenter des phénomènes physiques très complexes de manière plus flexible, plus fiable et moins coûteuse en calcul. L'un des leviers majeurs du projet repose sur de nouvelles méthodes dites « polytopales », capables de s'appuyer sur des découpages géométriques plus souples que les maillages classiques.

C'est ce qui rend la validation du premier rapport scientifique particulièrement importante. Les retours positifs reçus à cette occasion confortent la vision scientifique du projet et mettent en lumière un premier verrou levé par les équipes montpelliéraines. *« L'avancée majeure reconnue par ce rapport scientifique est la conception d'un cadre mathématique commun pour les méthodes polytopales, qui s'appelle Polytopal Exterior Calculus »*, explique Daniele Di Pietro. Autrement dit, un langage mathématique commun pour organiser et faire dialoguer ces nouvelles méthodes. Ce cadre ouvre la voie à des calculs plus précis, plus robustes et moins coûteux en temps de calcul.

Autre avancée importante : le développement de nouvelles méthodes pour la modélisation des écoulements incompressibles, c'est-à-dire des fluides dont le volume varie très peu, notamment dans les régimes dominés par la convection. Si le projet porte sur des thématiques fondamentales, son potentiel d'application est large. Parmi les champs d'application possibles figurent notamment la magnétohydrodynamique, impliquée par exemple dans la fusion de l'aluminium, ainsi que les écoulements en milieux poreux et fracturés, utiles pour étudier le stockage du CO₂ ou l'évaluation des risques liés au stockage des déchets nucléaires.

La force d'un collectif structuré

Les retours positifs reçus à l'issue de l'évaluation du rapport donnent aussi à voir l'importance de l'ancrage montpelliérain du projet. L'Université de Montpellier accueille en effet deux des quatre chercheurs principaux. Cette double présence permet au projet de s'appuyer sur deux équipes de l'Imag et sur un budget de plus de 4,4 millions d'euros rattaché au laboratoire. Plusieurs recrutements ont ainsi été réalisés, de chercheuses et chercheurs non permanents, mais aussi d'une personne pour la gestion du projet, notamment l'organisation des missions, des groupes de travail et des conférences. Au total, près d'une vingtaine de personnes travaillent ainsi autour de l'analyse numérique sur le site montpelliérain, entre le projet Nemesis et les autres recherches menées dans le domaine qui nourrissent directement ces travaux.

Une organisation qui illustre l'importance du collectif autour de l'analyse numérique, dans une discipline où ce fonctionnement n'est pas toujours la norme : *« Très souvent en France, et notamment en mathématiques, on a des chercheurs qui sont isolés d'un point de vue thématique. Avoir un groupe soudé permet de réduire de manière considérable cet isolement scientifique, ce qui permet aussi d'ouvrir des échanges entre les non-permanents et de créer des discussions plus ouvertes. »* Si, d'un point de vue logistique, cette organisation n'est pas toujours simple, notamment faute de locaux disponibles, un groupe de travail a été mis en place pour y répondre. Il se réunit toutes les deux semaines, en présentiel, lors d'un séminaire d'une demi-journée. Ces rencontres réunissent les membres de Nemesis, les autres étudiantes et étudiants encadrés par les deux chercheurs montpelliérains, ainsi que des invités extérieurs, selon les opportunités et les besoins. Il s'agit souvent de scientifiques de renommée internationale.

Des avancées exemplaires à faire fructifier

Cette première étape confirme les pistes scientifiques dessinées par le projet, mais ces avancées doivent désormais être prolongées et consolidées. Pour Daniele Di Pietro, ce premier bilan confirme surtout la pertinence d'une prise de risque scientifique : *« On a vraiment levé un premier verrou qui était high risk high gain, c'est-à-dire risqué, mais qui valait largement le coup. C'était beaucoup de*

travail pour confirmer que la vision de départ tenait la route ; maintenant, il s'agit de tirer parti de ces premières avancées », souligne-t-il. D'ici le 31 décembre 2030, la suite du projet devra donc à la fois prolonger ces avancées scientifiques et faire l'objet de nouvelles étapes de suivi, avec un rapport scientifique intermédiaire puis un rapport final.

Autant dire que les recherches auront sans doute déjà beaucoup avancé d'ici la venue de représentants de l'ERC à l'Université de Montpellier, annoncée le 26 janvier 2027. Une visite qui constituera aussi un signal fort pour Nemesis. Le projet affiche déjà une dynamique scientifique solide : *« C'est un ERC Synergy qui fonctionne bien et qui a nourri plusieurs publications signées par les chercheurs principaux et leurs équipes, soit près d'une cinquantaine de publications scientifiques dans des journaux de haut niveau en mathématiques appliquées et en calcul scientifique au cours des deux premières années »*, confirme Daniele Di Pietro. Ce dernier souhaite d'ailleurs faire profiter l'ensemble de la communauté scientifique locale de son expérience dans la préparation et la gestion d'un projet ERC. Une manière, pour Nemesis, de faire la preuve de son exemplarité au-delà de ses seuls résultats scientifiques.

<https://www.umontpellier.fr/articles/nemesis-un-erc-synergy-hors-norme-qui-commence-a-faire-ses-preuves>