

## Un accord international historique en prévision numérique du temps

Le 27 novembre 2020, 26 services météorologiques nationaux ont signé la mise en place d'un nouveau consortium, nommé Accord. Les partenaires vont mettre en synergie leurs équipes de recherche et développement avec pour objectif premier l'amélioration de la prévision numérique du temps (PNT) à haute résolution et à courte échéance. Les progrès attendus portent notamment sur la prévision des phénomènes extrêmes, comme les très fortes précipitations, les vents forts, le brouillard, les phénomènes de couche limite, la prévision en milieu montagneux...

La météorologie est une science et une activité qui repose fondamentalement sur des collaborations transfrontalières. Il en va donc de même pour la prévision numérique du temps et Accord est le résultat de la fusion entre les consortiums Aladin, Lace et Hirlam. La carte des pays partenaires couvre des pays en Europe et en Afrique du Nord (figure 1). La signature de cet accord de coopération commun est un pas important dans la coopération européenne et internationale autour des projets de développement en prévision numérique du temps. Météo-France est chargé de piloter le management du consortium pour les cinq prochaines années, un choix qui vient confirmer le rayonnement technologique de l'organisme et de ses équipes de recherche.

Les apports concrets d'Accord peuvent se mesurer au travers de quelques

éléments factuels. Accord, c'est une centaine d'experts internationaux (100 à 120 équivalents temps plein) qui vont travailler sous une même bannière pour améliorer les méthodes, ainsi que les codes de leurs modèles de prévision numérique. Si le cœur d'activité est la recherche et le développement, il s'agit aussi de permettre aux membres du consortium de pouvoir installer localement des configurations des systèmes de prévision répondant à leurs attentes et à leurs missions.

Il faut savoir que la plupart des codes de nos chaînes de PNT sont le résultat très direct d'une synergie internationale. C'est le cas du modèle global Arpège, de Météo-France, qui est développé dans le cadre du partenariat IFS/Arpège entre Météo-France et le CEPMMT (Paillex *et al.*, 2015). Le consortium Accord concerne quant à lui les codes des modèles de PNT à domaine limité, c'est-à-dire des modèles dont l'emprise géographique sera locale ou régionale. Ainsi, le code du modèle opérationnel régional, Arome, de Météo-France repose sur le code IFS/Arpège, sur toute une série de codes développés jusqu'à présent dans le cadre des partenariats Aladin, Lace et Hirlam, ainsi que sur du code issu de la collaboration Mésos-NH. Désormais, l'ensemble des codes d'Arome est complètement intégré dans la collaboration Accord. Les lecteurs curieux d'en apprendre davantage pourront consulter par exemple l'article de Fischer *et al.* (2018).

Quel que soit l'angle par lequel on aborde le développement des modèles opérationnels de Météo-France, la dimension des collaborations internationales apparaît tout de suite ! Les travaux prévus dans Accord dans les cinq années à venir visent à préparer les services météorologiques partenaires aux défis stratégiques auxquels tous les organismes météorologiques à travers le monde seront confrontés dans les années à venir. Ces enjeux peuvent se décliner selon plusieurs directions. Pour l'aspect opérationnel, un objectif dans Accord est de permettre d'affiner la prévision des phénomènes extrêmes à très haute résolution et pour des échéances de l'ordre de quelques heures à environ deux jours.

En termes de résolution spatiale, l'objectif est d'aller vers des modèles à l'échelle hectométrique. Cela ira de pair avec l'amélioration des représentations de la turbulence atmosphérique, des couches limites, de la microphysique et des interactions entre les nuages, les aérosols et la paramétrisation du rayonnement. Compte-tenu de la variété des équipes de recherche constituant Accord, et au vu des contraintes opérationnelles différentes dans les détails selon les partenaires, plusieurs configurations dites canoniques des systèmes de prévision seront maintenues au début de façon concertée dans le consortium (les configurations Arome, Alaro et Harmonie-Arome). Les travaux dans Accord se partageront entre des améliorations de court-moyen terme dans chaque configuration canonique et des travaux de moyen-long terme vers des solutions scientifiques communes et un grand niveau d'interopérabilité technologique.

Accord s'attachera aussi à améliorer la représentation du système Terre et des interactions entre l'atmosphère et les différents compartiments de notre environnement (surfaces continentales, océans, lacs, composition atmosphérique, etc.).

Le consortium travaillera à l'adaptation des codes aux futures architectures des calculateurs. Dans ce domaine, il est désormais admis que toute la communauté PNT mondiale se trouve devant un

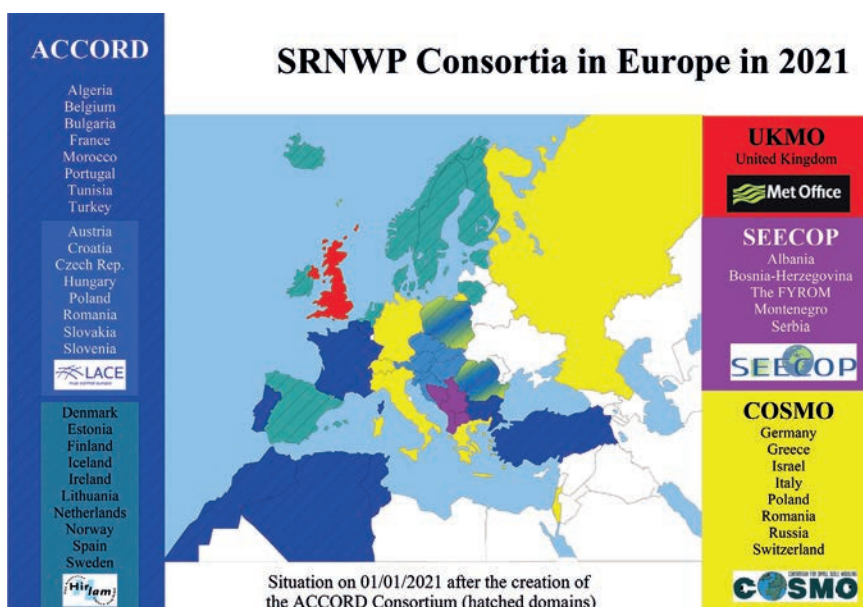


Figure 1. Accord dans le paysage européen des consortiums de développement des modèles à domaine limité. Situation du consortium Accord au 1<sup>er</sup> janvier 2021 (domaines hachurés).

1. À l'échelle de toute la sphère terrestre, à la différence des applications à domaine limité.  
2. <https://www.ecmwf.int/en/about/what-we-do/scalability>

changement de paradigme imminent, avec la perspective de voir les constructeurs de calculateurs de très haute performance proposer des architectures en rupture par rapport aux machines encore en service en 2020. Des efforts significatifs, ainsi que des remises en question, des méthodes de programmation et des algorithmes de calcul ont déjà démarré de par le monde. Dans la communauté proche du consortium Accord, le CEPMMT est engagé depuis plusieurs années dans l'exploration de solutions novatrices, justement tant sur le plan algorithmique que sur le plan des techniques de programmation (voir le projet Scalabilité du CEPMMT<sup>2</sup>). Une grande partie des codes partagés dans Accord viennent s'adosser, voire font partie intégrante des codes partagés avec le CEPMMT. Le nouveau consortium cherchera donc à optimiser ses ressources et ses collaborations afin de participer pleinement à ces changements et pouvoir en tirer bénéfice. Du côté des algorithmes, l'exploration de nouvelles variétés de noyaux dynamiques pour les modèles de PNT sera entreprise. Par ailleurs, l'application de techniques de l'intelligence artificielle sera évaluée dans différents thèmes des plans de travail d'Accord.

La dimension probabiliste de la PNT ne sera pas oubliée. Dans Accord, plusieurs systèmes ambitieux de prévision d'ensemble vont coexister. Il s'agira alors de mutualiser la recherche sur les définitions des perturbations optimales (conditions initiales, conditions limites latérales, modélisation des erreurs du modèle). On espère progresser également sur les méthodes d'étalonnage. Le développement et le partage de méthodes d'utilisation des prévisions d'ensemble pour des diagnostics probabilistes et des outils d'aide à la décision sont visés et devraient connaître un intérêt croissant parmi les services météorologiques partenaires.

L'assimilation des données verra en principe plusieurs changements majeurs : un nouveau cadre logiciel (issu du projet Oops initié par le CEPMMT), des algorithmes fondés sur une hybridation entre les méthodes variationnelle et ensembliste, la pérennisation de l'utilisation des observations radar dans une majorité des services météorologiques partenaires et l'arrivée des observations d'opportunité. Dans le même temps, les progrès sur l'utilisation des observations satellitaires se poursuivront, pour leur utilisation dans

les systèmes d'assimilation à haute résolution et en prévision immédiate. Des améliorations scientifiques et techniques pour l'assimilation de surface sont attendues, avec le projet de mettre sur pied un ambitieux plan de développement d'un nouveau logiciel d'assimilation permettant de pleinement exploiter les produits satellitaires pour l'initialisation des champs de surface et ouvrir la voie à des systèmes d'assimilation couplée surface/atmosphère.

Enfin, la stratégie d'Accord contient un important et ambitieux programme de rénovation des méthodes de travail sur le développement logiciel, les environnements de travail collaboratifs et les outils périphériques tels que les codes de lancement et de suivi des expériences. S'il s'agit là de sujets moins « gratifiants » lorsqu'ils sont vus sous l'angle de l'innovation scientifique ; il n'en demeure pas moins que ce seront des thèmes centraux pour la réussite de la collaboration en R&D dans Accord.

La création d'Accord va de pair avec la mise en place d'une gouvernance et d'un pilotage intégrés. Cette nouvelle structure de coordination doit nous permettre de renforcer les synergies, de maintenir l'excellence et le dynamisme des développements actuels, tout en faisant émerger des thèmes nouveaux et favoriser l'innovation. La figure 2 illustre à ce titre l'ensemble de la structure de gouvernance et de management défini pour le nouveau consortium.

Le consortium Accord mobilisera à Météo-France des ingénieurs et chercheurs du CNRM et des services opérant les chaînes de prévision. Les travaux de R&D entrepris dans l'établissement pourront se diffuser dans le consortium. Des collaborations actuelles se poursuivront ou se renforceront, de nouvelles interactions vont apparaître. Les résultats obtenus dans les équipes partenaires pourront bénéficier aux travaux dans nos équipes.

**Claude Fischer, Patricia Pottier**

Centre national de recherches météorologiques,  
Météo-France / CNRS

## ACCORD Consortium

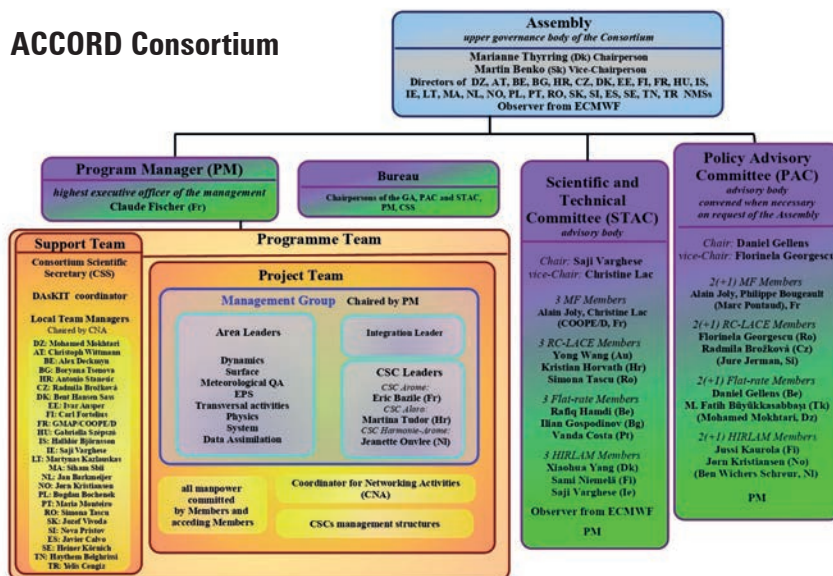


Figure 2. Matrice organisationnelle du consortium Accord. L'organe décisionnel supérieur est l'assemblée des partenaires, constituée par les directions générales des services météorologiques nationaux. L'officier exécutif principal est le programme manager, qui n'est cependant pas au sens strict un directeur exécutif car le consortium n'a pas de personnalité juridique. Deux groupes consultatifs d'experts complètent la gouvernance d'Accord (Stac, PAC). Le programme manager travaillera avec un groupe de coordinateurs scientifiques et techniques (Management Group, autres coordinateurs dans le réseau), un secrétariat exécutif et, enfin, avec le réseau des correspondants nationaux (en général, les responsables des équipes de PNT locales).

## Bibliographie

Pailleux J., Geleyn J.-F., El Khatib R., Fischer C., Hamrud M., Thépaut J.-N., Rabier F., Andersson E., Salmond D., Burriged D., Simmons A., Courtier P., 2015. Les 25 ans du système de prévision numérique du temps IFS/Arpège, *La Météorologie*, 89, 18-27. doi: 10.4267/2042/56594

Fischer C., Bouyssel F., Brousseau P., El Khatib R., Pottier P., Seity Y., Wattrelot E., Joly A., 2018. Les modèles opérationnels de prévision numérique à aire limitée de Météo-France, *La Météorologie*, 100, 18-28. doi: 10.4267/2042/65139

<http://www.umr-cnrm.fr/accord/>  
<http://www.umr-cnrm.fr/aladin/>  
<https://www.rclace.eu/>  
<http://hirlam.org/>