

Jean-François Geleyn, fondateur et premier directeur de programme d'Aladin

Piet Termonia^{1,2}, Patricia Pottier³

1. Département de physique et d'astronomie, université de Gand, Belgique
2. Recherche météorologique et climatologique, Institut royal météorologique, Belgique
3. Centre national de recherches météorologiques, Météo-France / CNRS / Université de Toulouse, Toulouse

piet.termonia@meteo.be

Cet article est traduit de l'anglais par Pascal Marquet

Résumé

Jean-François Geleyn a dirigé le consortium international d'Aladin de 1990 à 2010, d'abord de manière informelle, puis, plus tard, en tant que directeur du programme. Ce consortium était une collaboration de 16 instituts météorologiques nationaux européens et nord-africains qui ont développé et maintenu le système de prévision météorologique numérique d'Aladin. Bien que de nombreuses personnes aient contribué à cette collaboration, son succès exceptionnel est le résultat des efforts inlassables de Jean-François Geleyn, de ses facultés intellectuelles exceptionnelles et de son dévouement humain unique pour ce programme. Ses efforts ont constitué la base de la collaboration avec le consortium Hirlam, qui a finalement abouti à un nouveau consortium de 26 pays pour la prévision météorologique numérique.

Le consortium Aladin était une collaboration entre les services hydrométéorologiques nationaux de 16 pays européens et d'Afrique du Nord (figure 1), qui développent et maintiennent la version PNT (prévision numérique du temps) du système Aladin. Ce système correspond à un ensemble de codes logiciels de prétraitement et d'assimilation de données, de modèle de prévision et de post-traitement/vérification. Ces codes sont partagés et développés par les partenaires du consortium Aladin pour faire fonctionner des modèles à aire limitée (LAM, *Limited Area Model*) à haute résolution, afin de produire les meilleures applications opérationnelles possible en PNT sur la base d'une configuration compatible avec les ressources informatiques disponibles (voir les domaines limités tracés sur la figure 2 pour les pays du consortium Aladin). Le consortium Aladin a été créé en 1990 et le programme scientifique et technique a été dirigé par Jean-François Geleyn jusqu'en 2010. Les systèmes de prévision Aladin sont couplés et adossés aux systèmes de prévision IFS du CEPMMT et Arpège de Météo-France, qui sont décrits dans les articles Pailleux *et al.* (2021) et Bouyssel *et al.* (2021) de ce numéro spécial.

Pendant les premières années de la collaboration Aladin, la plupart des travaux ont eu lieu à Météo-France

sous la forme de visites scientifiques (voir Horányi et Brožková, 2021). Plus tard, la collaboration a été formalisée lors de la première assemblée des partenaires à Paris, le 25 novembre 1996, à travers un premier protocole d'accord Aladin. Jean-François Geleyn est alors officiellement devenu le premier directeur de programme du consortium Aladin. Ce protocole d'accord a été mis à jour plusieurs fois depuis 1996. Le dernier en date, le cinquième du nom, a été signé le 10 février 2016 à Budapest et est valable jusqu'à la fin de 2020.

Le consortium Aladin accueillait également un consortium plus localisé géographiquement, le RC-Lace (Regional Cooperation for Limited-Area Modelling in Central Europe) qui compte huit membres (figure 1). Ce consortium fournit des ressources supplémentaires pour la recherche et le développement, mais aussi pour partager certains aspects pratiques de la prévision du temps, comme échanger des données d'observation et exploiter le système de prévision d'ensemble appelé LAEF (Limited Area Ensemble Forecasting). RC-Lace a apporté des contributions importantes au développement des paramétrisations de la physique et à la mise au point du noyau dynamique non hydrostatique d'Aladin (Bubnová *et al.*, 1995). Le consortium Aladin a fourni un environnement

Abstract

Jean-François Geleyn, founder and first programme director of Aladin

Jean-François Geleyn has been leading the international Aladin consortium from 1990 until 2010, first informally and then later, as the Program Manager. This consortium was a collaboration of 16 European and North-African national meteorological institutes that developed and maintained the Aladin numerical-weather prediction system. While many people contributed to this collaboration, its outstanding success was the result of Jean-François Geleyn's tireless efforts, his exceptional intellect and his unique human dedication to the program. His efforts formed the basis for the collaboration with the Hirlam consortium that ultimately led to a new consortium of 26 countries for numerical weather prediction.

fertile pour le développement des activités de prévision numérique du temps en Europe centrale qui, à son tour, a conduit à des contributions à l'état

actuel du système Aladin. De nombreux doctorats ont vu le jour au sein du consortium Aladin, dont beaucoup ont été supervisés par Jean-François.



Figure 1. Carte des partenaires des consortiums Aladin (en bleu foncé), RC-Lace (en bleu clair) et Hirlam (en vert). Aujourd'hui, les 16 partenaires du consortium Aladin (en bleu foncé) sont *par ordre alphabétique* : l'Office national de la météorologie, Algérie ; le Royal Meteorological Institute of Belgium, Belgique ; le Bulgarian National Institute of Meteorology and Hydrology, Bulgarie ; Météo-France, France ; la Direction générale de la météorologie, Maroc ; le Instituto Português do Mar e da Atmosfera, Portugal ; l'Institut national de la météorologie de Tunisie, Tunisie ; le Turkish State Meteorological Service, Turquie ; ainsi que les huit partenaires du consortium RC-Lace (en bleu clair) qui est composé de huit services hydrométéorologiques nationaux : le Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Autriche ; le Meteorological and Hydrological Service, Croatie ; le Czech Hydrometeorological Institute, République tchèque ; le Hungarian Meteorological Service, Hongrie ; le Institute of Meteorology and Water Management – State Research Institute of Poland, Pologne ; le National Meteorological Administration of Romania, Roumanie ; le Slovak Hydrometeorological Institute, Slovaquie et le Slovenian Environment Agency, Slovénie. Le consortium Hirlam (en vert) regroupe dix institutions : l'Institut météorologique danois (DMI) ; l'Agence environnementale estonienne (ESTE) ; l'Institut météorologique finlandais (FMI) ; le bureau météorologique islandais (IMO) ; le Service météorologique irlandais Met Eireann ; le Service hydrométéorologique lituanien (LHMS) ; l'Institut météorologique royal des Pays-Bas (KNMI) ; l'Institut météorologique norvégien (MET Norway) ; l'Agence d'État météorologique du royaume d'Espagne (AEMET) ; l'Institut météorologique et hydrologique suédois (SMHI).

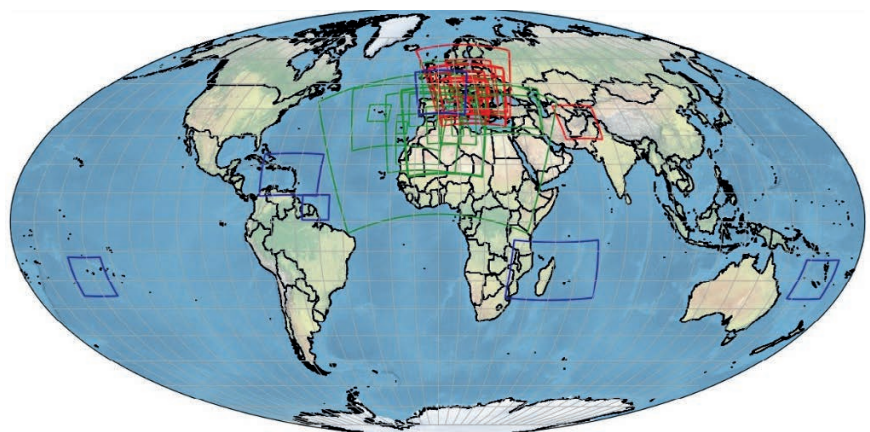


Figure 2. Les domaines du système Aladin dans les 16 instituts partenaires (situation en septembre 2020). Cadres rouges : Lace ; cadres bleus : Météo-France ; cadres verts : autres pays partenaires.

L'héritage de Jean-François Geleyn

Le succès unique de la collaboration Aladin est le résultat de 20 ans d'efforts inlassables de Jean-François Geleyn pour le programme, obtenu en raison de ses facultés intellectuelles exceptionnelles et de son dévouement humain sans pareil. Il n'a pas ménagé ses efforts pour aider les services météorologiques nationaux participants à acquérir l'expertise nécessaire pour devenir des équipes de PNT autonomes. Au cours de toute cette période, ses opinions scientifiques étaient en avance de plusieurs années et il anticipait les questions qui se poseraient au moins 5 à 10 ans plus tard.

Il avait déjà compris l'importance de traiter la question de la zone grise de la convection profonde¹, alors que les applications de PNT opérationnelles fonctionnaient encore à des résolutions de méso-échelle. Contrairement à d'autres experts, il a décidé d'aborder cette question en amont et de ne pas attendre que les ressources informatiques soient suffisantes pour faire tourner les modèles à des résolutions où la convection profonde serait résolue. Il a même remis en question la croyance selon laquelle les résolutions à l'échelle du kilomètre seraient suffisantes pour que la convection soit complètement résolue. Cette persévérance intellectuelle a conduit à la formulation du schéma 3MT (Modular Multiscale Microphysics and Transport) développé par Gerard *et al.* (2009).

Il est frappant de constater qu'en raison de son *leadership* humain remarquable, il a trouvé le nombre critique d'experts nécessaires à son projet au sein de pays qui, à l'époque, ne possédaient aucune expertise antérieure en matière de prévision numérique du temps. Il a su notamment porter à un niveau international de premier plan les recherches et développements de pays tels que la République tchèque et la Belgique. Il a également compris la nécessité de développer des schémas de turbulence non isotrope et 3D et il s'est montré très préoccupé par les fondements thermodynamiques de la turbulence de l'air humide, la cohérence entre les différentes paramétrisations physiques, le traitement cohérent de la nébulosité à travers les différentes paramétrisations et les problèmes liés aux questions sur les zones grises, en général. La formulation complète des paramétrisations physiques, construite

autour du schéma 3MT, a conduit au paquet physique appelé Alaro (Aladin-Arome).

Jean-François a toujours abordé tous les aspects de la PNT, non seulement les aspects scientifiques, mais aussi tous les aspects techniques, parfois moins glorieux. La science et les aspects opérationnels ont toujours été étroitement liés. Pour lui, en tant qu'ingénieur, une description de processus scientifique n'était correcte que si elle pouvait être traitée numériquement dans les limites des ressources de calcul disponibles, non seulement sur les calculateurs des principaux centres européens, mais également dans tous les pays participant au consortium Aladin, y compris les plus petits.

Jean-François était infatigable quand il s'agissait d'aborder les aspects humains de la collaboration, de convaincre les directeurs d'instituts du bien-fondé de son programme, de motiver les jeunes chercheurs pour la science et l'ingénierie du code. Il ne s'est jamais dérobé à un débat scientifique, même intense, et ne s'est jamais écarté de ses convictions tant qu'il n'était pas convaincu par les arguments contraires. Bien que cette attitude ait pu faire une impression un peu écrasante sur ses collègues scientifiques, cela ne visait jamais le plan personnel. Il appréciait même les personnes qui défendaient leurs propres convictions, qu'elles soient ou non proches des siennes. Et dans les cas où il était convaincu par un point de vue opposé aux siens, il pouvait, parfois, en devenir l'un des plus ardens défenseurs.

La collaboration Aladin a été fondée sur l'intention d'améliorer les compétences des équipes participantes afin qu'elles deviennent totalement autonomes pour exploiter le système Aladin dans leurs applications nationales, mais aussi pour contribuer aux développements scientifiques. Cela s'est traduit par l'apparition des structures de gouvernance et de gestion. Les équipes ne devaient pas utiliser le modèle comme une boîte noire, mais devaient être capables de maintenir leurs propres systèmes PNT et de contribuer à la maintenance scientifique du système Aladin. Cela signifiait que toutes les erreurs et faiblesses du modèle devaient être comprises, étudiées et signalées au consortium. Il en a résulté une génération de jeunes scientifiques répartis à travers l'Europe et l'Afrique du Nord qui sont maintenant dotés d'une profonde connaissance de la PNT.

De 2010 à 2015 : priorité à la science

Jean-François aimait avant tout la science et les gens. En matière de management, il avait une personnalité qui aimait aller de l'avant, généralement à grands pas. La raison d'être de l'administration devait être de servir un objectif scientifique, et non l'inverse. S'il aimait rédiger de longs rapports et documents, les aspects formels de la gestion lui semblaient parfois moins passionnants et il lui arrivait d'être réticent à adopter des pratiques de gestion modernes, dont certaines ne correspondaient pas à son approche personnelle de la science et de l'ingénierie.

En 2009, il a réalisé que sa retraite approchait et a décidé de transmettre la direction du consortium à la jeune génération ; une bien lourde tâche pour cette jeune génération à laquelle cela semblait « prendre place sur l'épaule d'un géant ».

De nombreuses personnes ont joué un rôle actif dans la coordination du consortium à partir de 2010. Des efforts renouvelés ont été faits pour coordonner les activités d'organisation et d'ingénierie du code du consortium, en particulier les phasages (c'est-à-dire l'intégration des différents développements scientifiques dans les codes informatiques communs au consortium), la coordination de la mise en réseau des équipes Aladin locales, les aspects liés à la conception du code, le lien avec la gestion des différentes versions du code du CEPMMT, la coordination des activités d'assimilation de données et l'administration scientifique. Nous tous (Piet Termonia, Claudé Fischer, Patricia Pottier, Mária Derková, Daan Degrauwe, Maria Monteiro et Oldřich Španiel) qui avons été formés par Jean-François avons pu, grâce à lui, assurer la bonne continuation et le développement du système Aladin.

Libéré de ses fonctions officielles de coordination du consortium, Jean-François avait alors du temps à consacrer à la science. Son attention s'est principalement portée sur les développements au sein des paramétrisations de la physique Alaro, en abordant les questions ouvertes mentionnées ci-dessus. Il a effectué un travail de pionnier avec Pascal Marquet sur les

1. Cette « zone grise » correspond à la gamme de résolutions horizontales des modèles (de 3 à 10 km) où la convection profonde n'est ni complètement résolue ni complètement paramétrisée.

fondements thermodynamiques de la turbulence de l'air humide, ce qui a conduit à la création d'un nouveau schéma de turbulence (Bašták Ďurán et Marquet, 2021) reposant en partie sur des idées de Marquet et Geleyn (2013) débouchant sur le schéma Toucans² (Ďurán *et al.*, 2014), conçu en collaboration avec les scientifiques du RC-Lace. Jean-François a aussi continué à travailler sur l'amélioration du schéma de rayonnement d'Acraneb³ (Geleyn *et al.*, 2017 ; Mašek, 2021).

Jean-François a participé activement au programme européen Cost ES0905 sur la convection profonde et en est devenu l'un des principaux contributeurs. Il a suivi l'évolution constante de la partie dynamique du code informatique d'Aladin. Lorsque l'Institut royal météorologique de Belgique a décidé d'utiliser la configuration Alaro pour ses simulations climatiques régionales, il s'est sérieusement impliqué (De Troch *et al.*, 2013). Il était toujours préoccupé par les questions liées au codage informatique des aspects scientifiques et il insistait fortement sur la cohérence transversale de la thermodynamique à travers les

différentes paramétrisations, *via* l'application d'une interface physique et dynamique à flux conservatifs (Cattray *et al.*, 2007 ; de Grauwe *et al.*, 2016). Jean-François a toujours apprécié de participer aux réunions scientifiques de la journée de travail Alaro, comme celles à Ljubljana du 13 au 15 juin 2012 (figure 3) et à Vienne les 12 et 14 mai 2014.

Jean-François suivait toujours avec un vif intérêt la collaboration au sein du consortium Aladin et se tenait à tout moment disponible pour des conseils.

Le système Aladin à partir de 2015

Après janvier 2015, c'était le souhait de Jean-François que Radmila Brožková prenne la direction scientifique des développements de la physique Alaro. Le processus de codage, de maintenance et de mise en œuvre dans les instituts partenaires d'Aladin a été légèrement simplifié pour assurer la pérennité de son héritage. Le problème du traitement

de la nébulosité a été finalisé et une nouvelle version du code de rayonnement Acraneb a été livrée. Une nouvelle configuration du modèle Alaro a été développée pour des prévisions à une résolution de 2,3 km. Le couplage de la physique Alaro au sein du système Aladin a été rendu plus flexible. Les développements nécessaires ont été réalisés pour coupler la physique Alaro au système Surfex (Surface externalisée) qui traite les surfaces continentales.

En même temps, certaines idées que Jean-François a proposées sur les développements futurs de la dynamique ont été poursuivies pour développer un algorithme en points de grille comme alternative à celui en spectral pour le noyau dynamique non hydrostatique du modèle Aladin (Aladin-NH), dans le prolongement des idées qui ont émergé lors de la réunion sur la stratégie dite Brac-HR⁴ qui a eu lieu du 17 au 20 mai 2010, à Brač, en Croatie.

En 2010, les contributions des pays Aladin aux activités du consortium avaient été consolidées, avec une croissance encore faible au cours des cinq dernières années, comme le montre la figure 4.



Figure 3. Participants aux journées de travail Alaro-1 à l'Agence slovène pour l'environnement, Ljubljana, 13-15 juin 2012. De gauche à droite : Ivan Bašták Ďurán, Mihaly Szucs, Neva Pristov, Jean-François Geleyn, Klara Finkele, Arturo Pucillo, Radmila Brožková, Tayfun Dalkilig, Sibbo Van der Veen, Piet Termonia, Ján Mašek, Maria Derková, Daan Degrauwe, Martina Tudor, Luc Gerard, Dijana Klarić, Bjorn Stensen, Christoph Wittmann, David Lindtstedt, Laura Rontu, Benedict Strajnar, Doina Banciu.

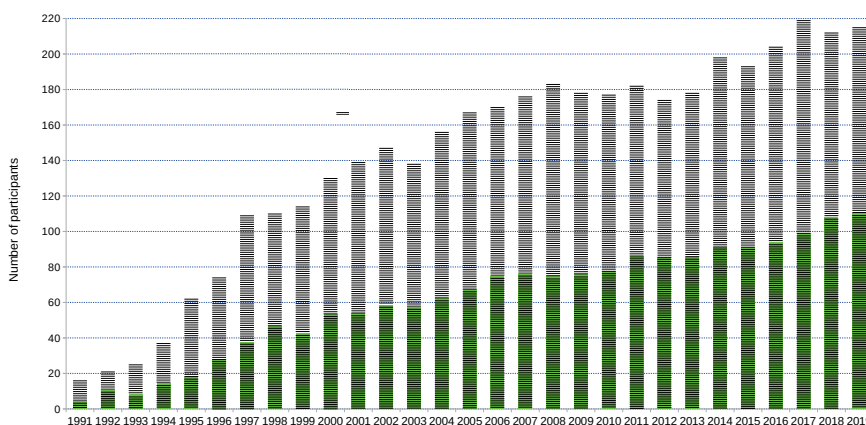


Figure 4. Contributions des membres Aladin aux activités du consortium depuis 1991 : traits gris : nombre de participants ; traits verts : en équivalent temps plein annuel.

Lien avec Hirlam et perspectives

La collaboration avec Hirlam⁵ (voir figure 1) a débuté en 2003 après un premier contact entre les deux communautés, à travers Jean-François et Per Uden. Un premier accord de collaboration a été signé en 2005. À l'initiative de Jean-François, Aladin et Hirlam ont commencé à collaborer sur les aspects stochastiques de la convection profonde. En 2006, l'atelier annuel d'Aladin a été, pour la première fois, organisé conjointement avec la réunion de l'ensemble du personnel d'Hirlam. Ce fut le début d'un processus plus long où les deux communautés ont commencé à se connaître et à adopter lentement certaines des pratiques scientifiques et d'ingénierie de l'autre. Deux réunions stratégiques conjointes ont été

2. Third order moments unified condensation accounting N -dependent solver.

3. Code Arpège de calculs du rayonnement avec nébulosité.

4. Brac-HR un acronyme en forme de jeu de mot pour : Brain-storming on Advanced Concepts for High Resolution modelling.

5. Hirlam (High Resolution Limited Area Model) est un autre consortium européen sur la modélisation en aires limitées. Il a été créé en 1985 par les pays nordiques et s'est ensuite étendu à d'autres membres.

organisées en 2016 et 2019. En 2013, pour la première fois, une lettre d'information commune Aladin-Hirlam a été publiée.

Une première réunion exploratoire du comité consultatif Hirlam et du comité consultatif politique d'Aladin a été organisée en mai 2013 afin d'analyser les pour et les contre d'une fusion entre les deux consortiums. Lors d'une réunion à Tunis les 14 et 15 novembre 2013, l'Assemblée générale d'Aladin a décidé de commencer à organiser systématiquement des réunions annuelles communes aux organes de gouvernance d'Aladin et de Hirlam.

Une première réunion conjointe du Conseil Hirlam avec l'Assemblée générale d'Aladin était organisée en décembre 2014. Lors de cette réunion, il est apparu que non seulement les questions scientifiques et techniques mais aussi les aspects organisationnels devaient être abordés, en particulier en ce qui concerne la propriété des codes et la politique des données. On a aussi reconnu qu'une meilleure image des contributions annuelles des pays aux différents types d'activités était nécessaire et qu'il fallait avoir une vision claire des activités existantes et futures

au sein de la communauté des consortiums Aladin, Lace et Hirlam. Ceci a fait l'objet d'une feuille de route sous la forme d'une déclaration commune des directeurs des vingt-six services météorologiques.

Lors de la réunion conjointe de l'Assemblée générale Aladin et du Conseil Hirlam le 8 décembre 2016 à Darmstadt, en Allemagne, l'accord de collaboration Aladin-Hirlam a été prolongé (sous une forme légèrement modifiée) et des mesures détaillées ont été présentées pour traduire les questions soulevées dans la déclaration de 2014 en actions techniques concrètes. Trois articles scientifiques (Bengtsson *et al.*, 2017 ; Termonia *et al.*, 2018 ; Wang *et al.*, 2018) ont été publiés pour documenter l'état technique des configurations modèles utilisées par les différents consortiums dans le cadre de la collaboration. Certaines actions ont été lancées pour rationaliser le processus de mise en œuvre de la partie scientifique dans le code. Deux programmes stratégiques ont été introduits sur l'assimilation de données et sur le développement du noyau dynamique. Enfin, le plan de travail commun a été restructuré afin de lancer un processus de planification commun aux différentes

communautés. Un outil a été introduit pour enregistrer les contributions des consortiums Aladin, Lace et Hirlam au plan de travail commun. En 2017, un groupe de travail a été créé pour faire une proposition de gouvernance commune. Ce groupe de travail a organisé une réunion stratégique du 3 au 5 février 2020, à la suite de laquelle une stratégie commune Aladin-Lace-Hirlam a été formulée.

Le 27 novembre 2020, le premier protocole d'accord du nouveau consortium « Accord » de vingt-six pays a été signé. Jean-François Geleyn aimait les grandes ambitions et croyait fermement à la collaboration internationale au sein et en dehors de l'Europe. Il avait également la capacité de fournir des solutions pour que ces ambitions se réalisent. Il a toujours insisté sur le soin apporté à l'ingénierie du code, à l'autonomie scientifique des membres participants et à la recherche de solutions bon marché pour s'assurer que tous les membres participants puissent faire fonctionner un système de PNT de pointe. Ces principes sont aujourd'hui plus pertinents que jamais. Son héritage sur la science, les pratiques de travail et les aspects de coordination continuera à vivre au sein de ce nouveau consortium.

Bibliographie

- Bašták Ďurán Y., Marquet P., 2021. Les travaux sur la turbulence : les origines, Toucans, Cost-ES0905 et influence de l'entropie. *La Météorologie*, 112, 79-86.
- Bengtsson L., Andrae U., Aspelien T., Batrak Y., Calvo J., de Rooy W., Gleeson E., Hansen-Sass B., Homleid M., Hortal M., Ivarsson K.-I., Lenderik G., Niemelä S., Nielsen K.P., Onville J., Rontu L., Samuelsson P., Muñoz D.S., Subias A., Tijm S., Tol V., Yang X., Koltzow M.Ø., 2017. The HARMONIE-AROME model configuration in the ALADIN-HIRLAM NWP system. *Mon. Weather Rev.*, 145, 1919-1935.
- Bouysse F., Bazile E., Piriou J.-M., Janisková M., Bouteloup Y., 2021. L'évolution opérationnelle du modèle Arpège et de ses paramétrisations physiques. *La Météorologie*, 112, 47-54.
- Bubnová R., Hello G., Bénard P., Geleyn J.-F., 1995. Integration of the fully elastic equations cast in the hydrostatic pressure terrain following coordinate in the framework of the ARPEGE/Aladin NWP system. *Mon. Weather Rev.*, 123, 515-535.
- Catry B., Geleyn J.-F., Tudor M., Bénard P., Trojáková A., 2007. Flux-conservative thermodynamic equations in a mass-weighted framework. *Tellus*, 59A, 71-79.
- Degrauwe D., Seity Y., Bouysse F., Termonia P., 2016. Generalization and application of the flux-conservative thermodynamic equations in the AROME model of the ALADIN system. *Geosci. Model Dev.*, 9, 2129-2142.
- De Troch R., Hamdi R., Van de Vyver H., Geleyn J.-F., Termonia P., 2013. Multiscale Performance of the ALARO-0 Model for Simulating Extreme Summer Precipitation Climatology in Belgium. *J. Climate*, 26, 8895-8915.
- Ďurán I.B., Geleyn J.-F., Váňa F., 2014. A compact model for the stability dependency of TKE production-destruction-conversion terms valid for the whole range of Richardson numbers. *J. Atmos. Sci.*, 71, 3004-3026.
- Geleyn J.-F., Mašek J., Brožková R., Kuma P., Degrauwe D., Hello G., Pristov N., 2017. Single interval longwave radiation scheme based on the net exchange rate decomposition with bracketing. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 143, 1313-1335.
- Gerard L., Piriou J.-M., Brožková R., Geleyn J.-F., Banciau D., 2009. Cloud and precipitation parameterization in a meso-gamma-scale operational weather prediction model. *Mon. Weather Rev.*, 137, 3960-3977.
- Horányi A., Brožková B., 2021. Naissances du modèle et de la coopération Aladin. *La Météorologie*, 112, 41-46.
- Marquet P., Geleyn J.-F., 2013. On a general definition of the squared Brunt-Väisälä frequency associated with the specific moist entropy potential temperature. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 139, 85-100.
- Mašek J., 2021. Les travaux de Jean-François Geleyn sur la paramétrisation du rayonnement atmosphérique. *La Météorologie*, 112, 68-78.
- Pailleux J., Coiffier J., Courtier J., Legrand E., 2021. La naissance du projet Arpege-IFS à Météo-France et au CEPMMT. *La Météorologie*, 112, 35-40.
- Termonia P., Fischer C., Bazile E., Bouysse F., Brožková R., Bénard P., Bocheche B., Degrauwe D., Derková M., El Khatib R., Hamdi R., Mašek J., Pottier P., Pristov N., Seity Y., Smolík P., Španiel O., Tudor M., Wang Y., Wittmann C., Joly A., 2018. The ALADIN System and its canonical model configurations AROME CY41t1 an ALARO CY40t1. *Geosci. Model Dev.*, 11, 257-281.
- Wang Y. *et al.*, 2018. 27 years of regional cooperation for limited area modelling in Central Europe. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 99, 1415-1432.