

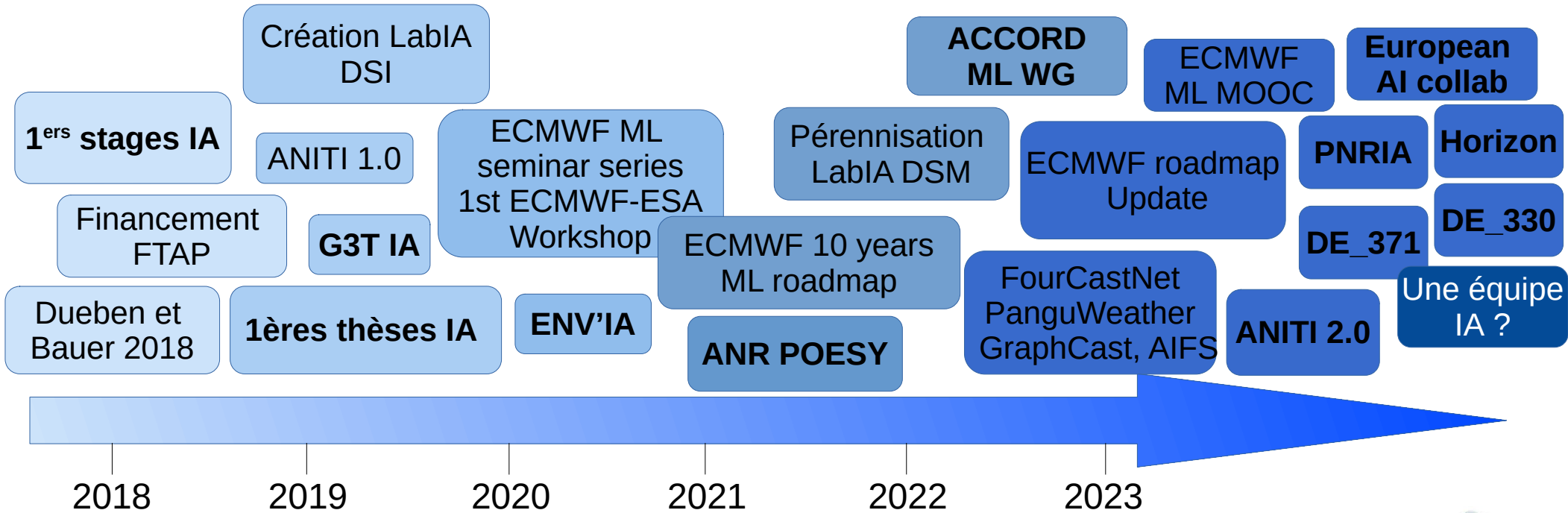


# Activités en cours au CNRM

---

Journée de l'IA à Météo-France, 8 février 2024

# La montée en puissance de l'IA au CNRM



De la simple curiosité 🤔

Une activité à temps presque plein ... 🧠

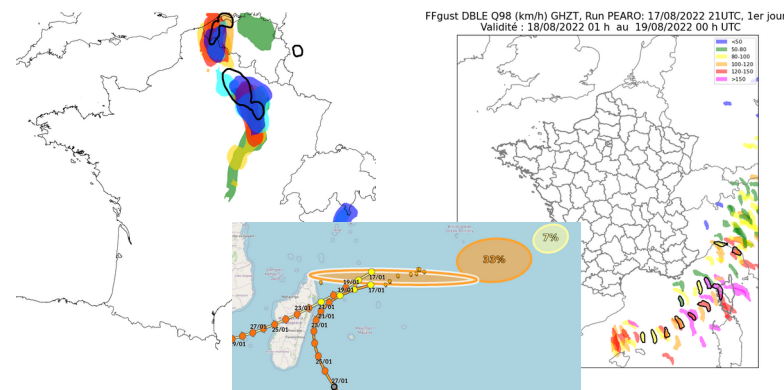
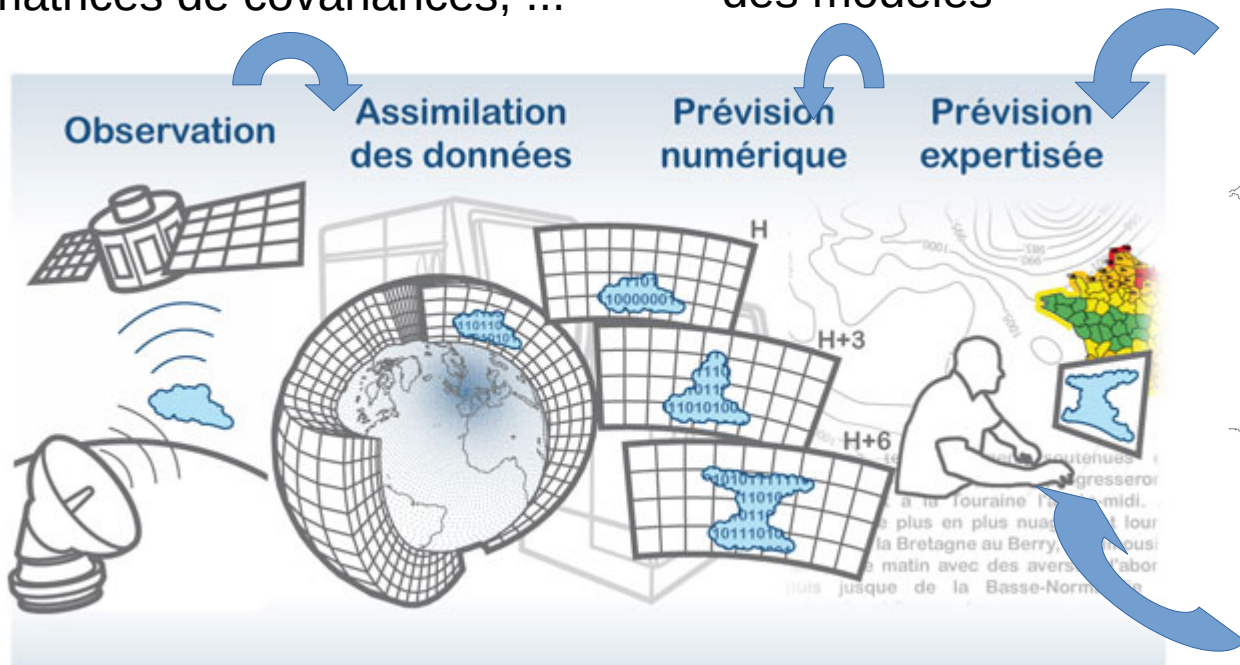
**Une nouvelle thématique de recherche à structurer avec des projets et ressources dédiées**

# Où mettre de l'IA dans la chaîne de PNT ?

**Obs et assim** Opérateurs d'observations, contrôle de qualité, IoT, détection d'objets, matrices de covariances, ...

**Coeur modèles PN**  
 - *Emulation physique*  
 - *Emulation complète des modèles*

**Produits de prévision/ aide à la décision**  
*Exploitation des ensembles*  
 → Reconnaissance d'objets, classification  
 → En test expérimental

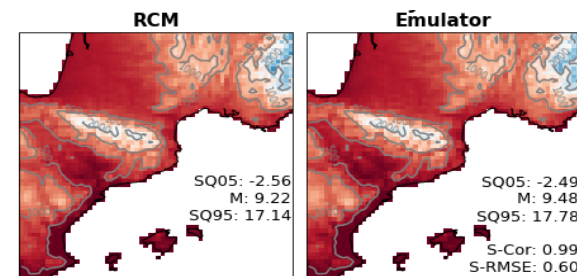


**Travaux en cours dans tous les groupes du CNRM**

- **Présentations** à suivre de V. Forcadell, J. Bernard, C. Brochet, B. Balogh, V. Chabot
- Compilation des premiers résultats dans le **rapport Recherche 2023**

**Post-traitement des prévisions**

- *Calibration (DIROP/COMPAS)*
- *Enrichissement des ensembles*
- *Descente d'échelle*



# La révolution des émulateurs de modèles ?

## GenCast: Diffusion-based ensemble forecasting for medium-range weather

Ilan Price<sup>\*,1</sup>, Alvaro Sanchez-Gonzalez<sup>\*,1</sup>, Ferran Alet<sup>1</sup>, Timo Ewalds<sup>1</sup>, Andrew El-Kadi<sup>2</sup>, Jacklynn Stott<sup>1</sup>, Shakir Mohamed<sup>1</sup>, Peter Battaglia<sup>1</sup>, Remi Lam<sup>1</sup> and Matthew Willson<sup>1</sup>

<sup>\*</sup>Equal contributions, <sup>1</sup>Google DeepMind, <sup>2</sup>Imperial College, London

Google, Huawei, NVIDIA, Microsoft, ECMWF

## GraphCast: Learning skillful medium-range global weather forecasting

Remi Lam<sup>\*,1</sup>, Alvaro Sanchez-Gonzalez<sup>\*,1</sup>, Matthew Willson<sup>\*,1</sup>, Peter Wirnsberger<sup>\*,1</sup>, Meire Fortunato<sup>\*,1</sup>, Jonathan Rosen<sup>1</sup>, Weihua Hu<sup>1</sup>, Alexander Merose<sup>2</sup>, Jacklynn Stott<sup>1</sup>, Alexander Pritzel<sup>1</sup>, Shakir Mohamed<sup>1</sup> and

## Pangu-Weather: A 3D High-Resolution System for Fast and Accurate Global Weather Forecast

Kaifeng Bi, Lingxi Xie, Hengheng Zhang, Xin Chen, Xiaotao Gu, and Qi Tian<sup>✉</sup>, *Fellow, IEEE*

ECMWF unveils alpha version of new ML model

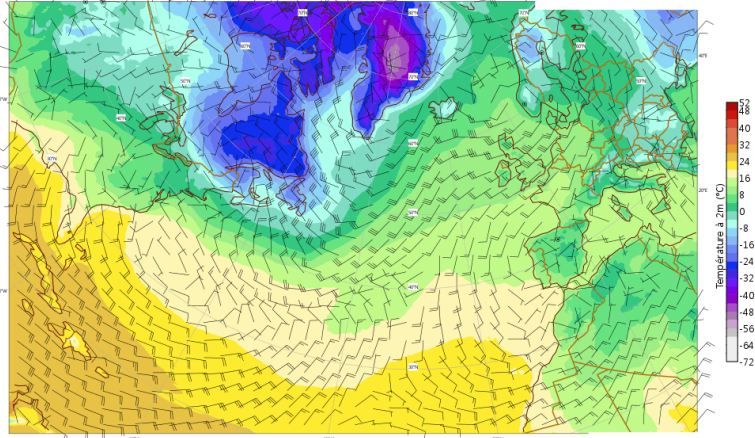
13 October 2023  
The AIFS team



# La révolution des émulateurs de modèles ?

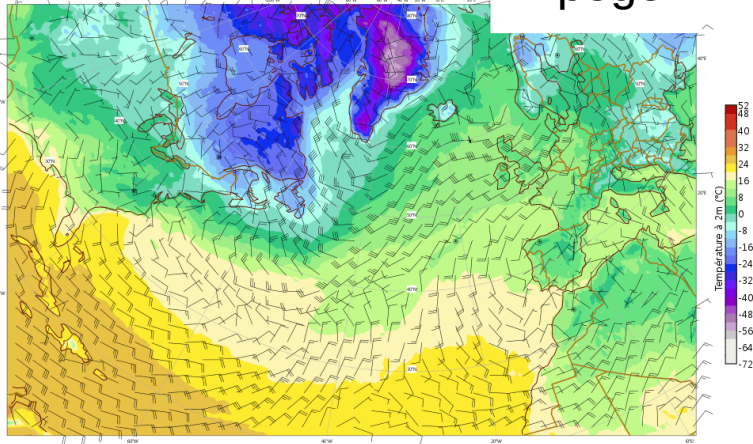
mardi 23 janvier 2024 06UTC Prévision PanguWeather init ARPEGE 24h: mercredi 24 janvi  
Température à 2m et vent à 10m

Pangu

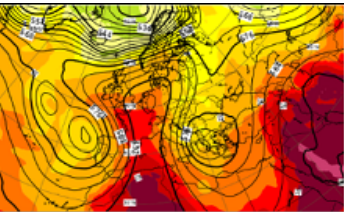
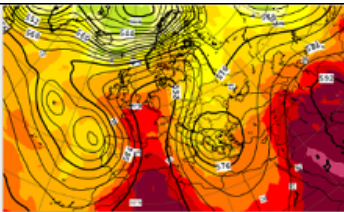
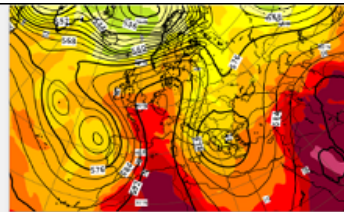
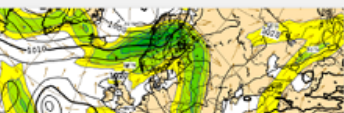
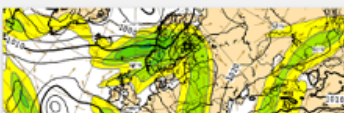
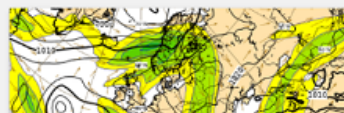


Température à 2m et vent à 10m

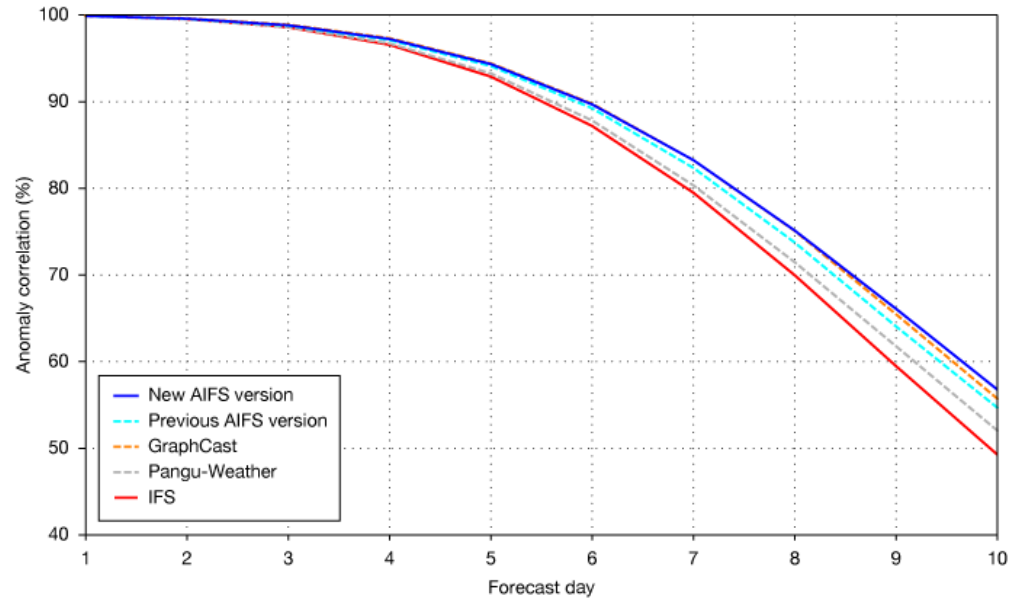
Arpège



<http://intra.cnrm.meteo.fr/visumodeles/IA>

 <p>Latest forecast</p> <p><b>(FourCastNet machine learning model: Experimental): 500 hPa geopotential height and 850 hPa temperature</b></p> <p>FourCastNet v2-small: a deep learning-based system developed by NVIDIA in collaboration with researchers at several US universities. It is initialised with ECMWF HRES analysis. FourCastNet operates at 0.25° resolution.</p>	 <p>Latest forecast</p> <p><b>(GraphCast machine learning model: Experimental): 500 hPa geopotential height and 850 hPa temperature</b></p> <p>GraphCast (Google Deepmind): a deep learning-based system developed by Google Deepmind. It is initialised with ECMWF HRES analysis. GraphCast operates at 0.25° resolution.</p>	 <p>Latest forecast</p> <p><b>(Pangu-Weather machine learning model: Experimental): 500 hPa geopotential height and 850 hPa temperature</b></p> <p>Pangu-Weather: a deep learning-based system developed by Huawei. It is initialised with ECMWF HRES analysis. Pangu-Weather operates at 0.25° resolution.</p>
		

<https://charts.ecmwf.int/>



# La révolution des émulateurs de modèles ?

- Un *nouveau paradigme* : démonstration du potentiel de l'IA pour la prévision à moyenne échéance entièrement basée sur les données, et pouvant être opérée en des temps records
- Mais ces émulateurs sont encore loin de (re)produire un état atmosphérique complet et cohérent à toutes les échelles spatio-temporelles

<b>Ce qu'ils savent faire</b>	<b>En cours</b>	<b>A venir ?</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>- Prévision globale déterministe moyenne échéance</li><li>- Apprentissage sur ERA5 (~30km), jeu de variables d'altitude et de surface réduit</li><li>- Performances comparables aux modèles physiques (scores)</li><li>- Prévision immédiate</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Prévision d'ensemble</li><li>- Précipitations et autres champs de 'temps sensible'</li><li>- Longue échéance (saisonnier à projections climatiques)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Prévision régionale haute résolution</li><li>- Apprentissage sur des observations ou des données multi-sources</li><li>- Cohérence physique améliorée / XAI</li><li>- Assimilation de données</li></ul>

# La révolution des émulateurs de modèles ?

- Un *nouveau paradigme* : démonstration du potentiel de l'IA pour la prévision à moyenne échéance entièrement basée sur les données, et pouvant être opérée en des temps records
- Mais ces émulateurs sont encore loin de (re)produire un état atmosphérique complet et cohérent à toutes les échelles spatio-temporelles

Ce qu'ils savent faire	En cours	A venir ?
<ul style="list-style-type: none"><li>- Prévision globale déterministe moyenne échéance</li><li>- Apprentissage sur ERA5 (~30km), jeu de variables d'altitude et de surface réduit</li><li>- Performances comparables aux modèles physiques (scores)</li><li>- Prévision immédiate</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Prévision d'ensemble</li><li>- Précipitations et autres champs de 'temps sensible'</li><li>- Longue échéance (saisonnier à projections climatiques)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- <b>Prévision régionale haute résolution</b></li><li>- Apprentissage sur des observations ou des données multi-sources</li><li>- Cohérence physique améliorée / XAI</li><li>- Assimilation de données</li></ul>

# Nos perspectives

---

- **Vers un émulateur (PE)Arome**
  - Développer une nouvelle activité sur les émulateurs, avec un focus sur la prévision régionale, probabiliste, haute résolution
  - Soutenue par des ressources propres, des collaborations et projets européens
  - En cours de structuration
  - Objectif d'une *première maquette* fin 2024
- Poursuivre tous les travaux engagés pour faire de l'IA un nouvel outil pour nos activités de recherche

