**CHAPITRE 2 : Antériorité de l’utilisation de la stratégie de coupage d’un modèle numérique météorologique à un module électromagnétique pour les hautes latitudes**

Le premier chapitre a introduit les caractéristiques climatiques observées dans les régions polaires qui ont un impact sur la propagation radio, ainsi que les différents modèles d'atténuation disponibles dans les recommandation ITU pour prédire le comportement statistique du canal de propagation radio. Comme expliqué, le manque de données expérimentales dans de telles régions pose problème à la fois pour valider les modèles d'atténuation couramment utilisés (généralement développés à partir de données de propagation aux latitudes moyennes) et pour développer des modèles plus adaptés. Comme mentionné dans l'introduction, l'utilisation des modèles de Prévision Numérique Météorologique (PNM) dans les études de propagation est une nouvelle tendance qui semble très prometteuse pour produire des données de propagation synthétiques partout dans le monde tout en tenant compte de la climatologie locale, ce qui pourrait contribuer à pallier le manque de données expérimentales dans toutes les régions. Par conséquent, dans ce chapitre, nous allons étudier la stratégie de couplage entre un modèle météorologique et un module électromagnétique, déployée pour calculer avec précision l'atténuation troposphérique subie par les ondes électromagnétiques. Dans un premier temps, nous plongerons dans les détails des simulations météorologiques en présentant le modèle numérique WR. Ce modèle est largement utilisé pour tous types d’applications nécessitant des détails sur les conditions atmosphériques du milieu et a les avantages d’être open source et d’avoir une communauté active. Par la suite, la seconde partie du chapitre décortiquera le module électromagnétique (EMM) utilisé pour transformer les données météorologiques en informations d’atténuations. Enfin, la troisième partie présentera la comparaison des données en atténuations obtenus par l’application de la stratégie de couplage du modèle numérique météorologique WRF avec le module électromagnétique (EMM) et celles issue de la campagne expérimentale sur l’archipel des Svalbard présenté dans le chapitre 1. Cette exploration nous aidera à mieux comprendre comment les conditions atmosphériques affectent les ondes radio, mais aussi de mettre en avant les spécificités des régions polaires liées à cette étude.

# Weather Research and Forecasting (WRF)

Le modèle weather Research and Forecasting (WRF) est un système de simulation atmosphérique convenant à une utilisation sur des échelles allant de quelques mètres à des milliers de kilomètres, pour un large éventail d'applications.

PLAN

## Le système de préprocessing de WRF (WPS)

Le Système de Prétraitement WRF (WPS) est un ensemble de trois programmes dont le rôle collectif est de préparer les données d'entrée pour le programme "real" lors de simulations avec des données réelles. Chaque programme effectue une étape de la préparation : Geogrid définit les domaines du modèle et interpole les données géographiques statiques sur les grilles ; Ungrib extrait les champs météorologiques à partir de fichiers au format GRIB ; Metgrid interpole horizontalement les champs météorologiques extraits par Ungrib sur les grilles du modèle définies par Geogrid.

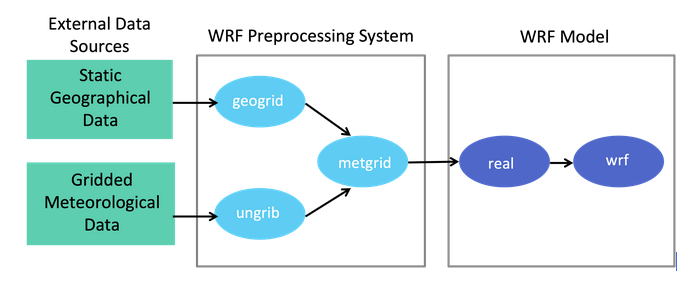
Le travail consistant à interpoler verticalement les champs météorologiques aux niveaux d'altitude de WRF est effectué à l'intérieur du programme Real.

Figure 2.1 – Flux de données entre les programmes WPS

Le flux de données entre les programmes WPS est illustré dans la figure 2.1. Chaque programme lit les paramètres à partir d'un fichier de namelist commun (namelist.wps), qui contient des enregistrements namelist distincts représentant chacun des programmes, ainsi qu'un enregistrement namelist partagé qui définit les paramètres utilisés par plusieurs programmes WPS.

### Le programme Geogrid

Geogrid est le programme du système WRF qui définit les domaines de simulation et interpole divers ensembles de données terrestres sur les grilles du modèle. Il calcule des informations telles que la latitude, la longitude et les facteurs d'échelle de la carte pour chaque point de la grille. Il interpole également des données comme les catégories de sol, l'utilisation des terres, la hauteur du terrain, la température du sol, la fraction végétale, l'albédo, et d'autres paramètres sur les grilles du modèle. Ces données sont fournies par l'utilisateur dans le fichier de configuration namelist.wps. Geogrid peut également interpoler de nouveaux ensembles de données en utilisant le fichier de table GEOGRID.TBL.

### Le programme Ungrib

Le programme Ungrib du système WRF lit les fichiers GRIB contenant des champs météorologiques variables dans le temps. Il extrait ces données et les convertit dans un format simple appelé "format intermédiaire". Ces fichiers GRIB proviennent généralement d'autres modèles météorologiques régionaux ou mondiaux tels que NAM ou GFS de NCEP.

Les fichiers GRIB contiennent souvent plus de données que nécessaire pour initialiser WRF. Ungrib utilise des tables de codes appelées "Vtables" pour définir les champs à extraire du fichier GRIB et les convertir dans le format intermédiaire. Il existe des Vtables prédéfinies pour différents modèles GRIB. Les utilisateurs peuvent également créer leurs propres Vtables pour d'autres modèles.

Ungrib peut convertir les données dans trois formats au choix : WPS (contenant des informations supplémentaires), SI (un format intermédiaire plus ancien) et le format MM5. Ces formats peuvent être utilisés par WPS pour initialiser WRF, le format WPS étant le plus recommandé.

### Le programme Metgrid

Le programme Metgrid effectue l'interpolation horizontale des données météorologiques au format intermédiaire extraites par le programme Ungrib sur les domaines de simulation définis par le programme Geogrid. Les données interpolées de Metgrid peuvent ensuite être utilisées par le programme Real. Comme le travail du programme Metgrid, tout comme celui du programme Ungrib, dépend du temps, Metgrid est exécuté à chaque initialisation d'une nouvelle simulation.

La sortie de Metgrid est écrite dans le format WRF I/O API, mais il peut également l’écrire en netCDF pour une visualisation facile en utilisant des logiciels externes.

## Initialisation des simulations WRF

Le modèle WRF offre deux classes de simulations : celles avec une initialisation idéale et celles utilisant des données réelles. Les simulations idéalisées génèrent généralement un fichier de conditions initiales à partir d'un sondeur existant en 1D ou 2D et supposent une orographie analytique simplifiée. Les cas avec des données réelles nécessitent généralement un prétraitement à travers les programmes WPS, qui fournissent chaque champ atmosphérique et statique avec une fidélité appropriée à la résolution de grille choisie pour le modèle. Bien que l'exécutable du modèle WRF (wrf.exe) ne dépende pas de l'option d'initialisation choisie (idéale ou réelle), les préprocesseurs du modèle WRF (real.exe et ideal.exe) sont spécifiquement construits en fonction du choix de l'utilisateur.