



République du Niger

-----0-----

Ministère des Transports

-----0-----

Direction de la Météorologie Nationale



National Research Council of Italy

-----0-----

Institute of BioEconomy

-----0-----

Rapport

Opérationnalisation du modèle Weather Research and Forecasting (WRF-Niger) et renforcement des capacités du personnel de la Direction de la Météorologie Nationale en Prévision Numérique du Temps (PNT)

Table des matières

Introduction.....	1
I. Déroulement de la formation.....	1
1. Activités du 1 ^{er} jour :.....	2
2. Activités du 2 ^{ème} jour :.....	2
3. Activités du 3 ^{ème} jour	3
4. Activités du 4 ^{ème} jour	4
5. Activités du 5 ^{ème} jour	5
Programmation du Test pre-opérationnel et validation de WRF Niger	6
Conclusion et recommandations.....	7
II. Annexes	I
1. Annexe 1 : programmation des activités.....	II
2. Annexe 2 : matrice de répartition des tâches	III
3. Annexe 3 : Caractéristiques du calculateur	IV
4. Annexe 4 : liens utiles.....	VI

Introduction

Dans le cadre de son initiative de modernisation, la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) a entrepris entre autres, l'opérationnalisation de son centre de calcul. Aussi, un accord de collaboration, PROT.292, signé le 21 février 2022 entre l'Institut de Bioéconomie d'Italie (IBE) du Centre National de Recherche (CNR) et la Direction de la Météorologie Nationale (DMN) relevant du Ministère des Transports de la République du Niger. Ce protocole d'accord a permis de répondre à la requête formulée par la DMN de l'aide à rendre opérationnel le modèle à air limité WRF et former ses agents sur ce modèle en vue de son exploitation. L'IBE a mis à la disposition de la DMN trois experts pour animer l'atelier de formation :

- Monsieur Vieri TARCHIANI, Coordonnateur projet Anadia 2 ;
- Monsieur Valerio Capecchi, prévisionniste et expert en modélisation ;
- Monsieur Francesco Pasi, expert en modèle WRF

L'équipe de la DMN à la formation étendue à l'Université de Niamey et du Centre Régional AGRHYMET est constituée de M. Adamou Sayri Younoussa, M. Omar Farouk, M. Alabé Adam, M. Ismaël Ouattara, Mme GOUNGA Aichatou Ali, M. TOUNE Nazirou, Mme Abdoul Razak Nadia Bassirou, M. Saadou Moussa, Docteurs Ibrah Seidou Sanda du CRA et Docteur Saidou Chaibou Abdoul Aziz de l'UAM.

L'objectif de l'activité :

Opérationnaliser le Centre de calcul de la DMN.

I. Déroulement de la formation

Les travaux de cette formation se sont déroulés du 27 février au 3 mars 2023 sous la présidence de Monsieur Katiellou Gaptia Lawan, Directeur de la Météorologie Nationale. Dans son allocution d'ouverture, le Président a tout d'abord souhaité la bienvenue aux experts italiens en charge de la formation, remercié les experts de l'AGRHYMET et de l'Université Abdoul Moumouni (UAM) pour les efforts d'accompagnement dans ce processus. Il a aussi attiré l'attention des agents de la DMN pour s'y mettre en vue de tirer la meilleure partie des échanges qui vont suivre pour une meilleure exploitation du modèle WRF. Ensuite la parole a été donnée aux chefs des divisions prévisions météorologiques et réseaux observations météorologiques qui ont encouragés cette initiative et féliciter les experts présents pour la circonstance.

Monsieur Vieri Tarchiani de l'IBE a fait un bref historique de la parfaite collaboration entre l'Italie et le Niger et s'est réjoui de la continuité des activités entre l'Institut BioEconomie (IBE) et la DMN. Il a surtout mis l'accent sur la présente activité sans aucun financement préalable, ce qui témoigne de l'excellente collaboration entre les deux institutions. Il a aussi fait un récapitulatif des travaux préalables effectués en ligne et qui ont abouti à la présente rencontre. Enfin, il a tenu à remercier et à féliciter les engagements de Dr Ibra SAIDOU du Centre Régionale AGRHYMET (CRA) et de Dr Saidou Chaibou Abdoul Aziz de l'UAM.

Pour une meilleure coordination de l'activité des rapports journaliers ont été élaborés par l'ensemble des participants en raison de deux rapporteurs par jour et le rapport général compilé par le chef de la Division des Observations Météorologiques par intérim.

1. Activités du 1^{er} jour :

La formation a débuté par une présentation animée par Monsieur Valerio, prévisionnistes et expert en modélisation et Monsieur Francesco, expert en modèle WRF du Laboratoire de Météorologie et de Modélisation environnementale (LaMMA) d'Italie qui a permis de donner un aperçu de l'architecture générale et des potentialités offertes par le modèle WRF qui est aussi utilisé chez eux.

De façon spécifique, il a été présenté l'interface de la page web de LaMMA, les produits élaborés, l'accès aux données, la résolution des différents modèles, les échéances et les limites de ces modèles en termes de prévision.

Le but de cette présentation est de partager leur expérience et aussi donner un aperçu aux techniciens de la DMN des potentialités de WRF.

Des discussions ouvertes ont fait suite à cette présentation, qui ont permis de clarifier les zones d'ombre de la présentation et de faire le point sur les attentes de la DMN sur le modèle WRF. A l'issue de cette discussion une répartition des attributions et des tâches des membres de la future équipe de gestion et d'exploitation du modèle a été faite en vue d'une meilleure responsabilisation et appropriation du dispositif de prévision numérique du temps. Pour ce faire, les formateurs ont demandé aux participants leur background concernant les commandes linux étant donné que toutes les manipulations de cet outil sont exclusivement faites via ce système d'exploitation. (Voir en annexe la matrice de répartition des tâches).

Afin de mieux apprécier les attentes de la DMN et le développement du WRF-Niger, le chef DPM a suggéré une visite de la salle de prévision et du centre de calcul afin que les experts italiens aient une idée de l'existant.

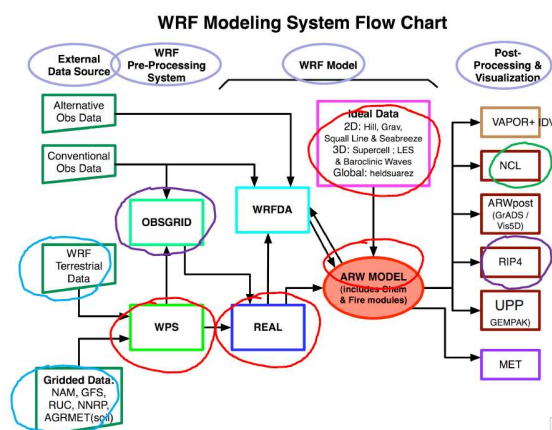
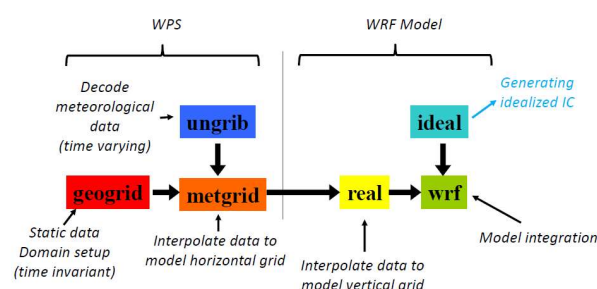
Une deuxième présentation a porté sur les détails techniques du modèle WRF tels les domaines et les résolutions en vue d'examiner la faisabilité d'une configuration résultant d'un compromis optimal entre les ambitions ou les attentes de la DMN (les besoins en produits météo de qualité) et les capacités du calculateur (voir les caractéristiques du calculateur en annexe).

2. Activités du 2^{ème} jour :

Elles ont porté sur la présentation du schéma d'architecture du système du model WRF et des exercices pratiques avec l'équipe des modélisateurs leur ayant permis de manipuler les fichiers de configuration système et de tourner le modèle.

La présentation de l'architecture du système de modélisation du modèle WRF a été faite via un schéma illustrant les organes fonctionnels du modèle (les éléments en entrée, l'analyseur et le concepteur du modèle numérique et la sortie) et ainsi que le flux de données systèmes.

WPS and WRF Program Flow



Il ressort de cette présentation que la fiabilité du modèle local est tributaire du modèle global dont les sorties sont utilisées en entrée. Aussi, le principe de fonctionnement du modèle WRF qui consiste à faire une interpolation sur un domaine donnée en utilisant des données géographiques, des données atmosphériques des modèles globaux et démarrer le traitement en utilisant un ensemble de programme du modèle et d'afficher les sorties du traitement à l'aide des logiciels de visualisation a été exposé.

Des séances pratiques à l'endroit des participants qui se sont connectés à tour de rôle sur le ordinateur, ont permis de :

- Exécuter des sous programmes du modèle WRF (GEOGRID.exe, UNGRID.exe, METGRID.exe, REAL.exe, ARWPOST.exe) ;
- Visualiser et d'éditer des fichiers de configuration (namelist.wps, namelist.input) à l'aide de commandes linux (Vim, Vi, nano) ;
- Lancer la simulation de notre modelé locale à partir des modelés globaux de 00 h à 03 h à partir des données du 10 février 2023 ;
- Visualiser les sorties des modelés globaux de 00 h à 03 h à partir des données du 10 février 2023.

A l'issue des travaux de cette journée quelques cartes de paramètres météorologiques ont été produites sur le domaine du Niger.

3. Activités du 3^{ème} jour

Au cours de cette troisième journée de formation, la première activité a consisté à se connecter au serveur, depuis la salle de réunion de la DMN où se tient la formation, via un compte administrateur « ssh root@41.138.60.157 » avec un mot de passe administrateur qui a permis de connecter la séance sur le nœud maître (Nodehead). C'est à partir de cet environnement que la commande « su wrf » permet ainsi de changer d'utilisateur et basculer sur le compte de l'utilisateur wrf.

Cependant, pour des raisons de sécurité, il a été créé, séance tenante, un autre compte directement "user" sans passer par le compte administrateur. Le nouveau compte user_wrf est désormais « ssh wrf@41.138.60.157 » et un mot de passe « wrfghj ».

De cette connexion, la commande « cd /home/wrf » donne accès à l'environnement du modèle wrf où tout le process va se passer (build, data, log, scripts, rcs). Pour appeler les codes de téléchargement et de process des données, il est nécessaire de se connecter au répertoire « scripts » par « cd scripts/ » qui contient des sous répertoires (getdata, grads, wrf). Dans le dossier getdata un script du nom de « MAIN_GETDATA.sh » dédié au téléchargement des données du GFS suivant le domaine défini au préalable et qui peut être visualisé avec la commande « more MAIN_GETDATA.sh » ou édité si besoin est par « Vi/ViMAIN_GETDATA.sh ». En plus de l'édition, pour lancer un script dans ubuntu, le nom du script est précédé par « ./ ». concernant le lancement du script MAIN_GETDATA.sh : « ./MAIN_GETDATA.sh ».

Les données du GFS téléchargées sont stockées dans le répertoire « wrf/data/input ». Il a été souligné que les données téléchargées à une date « t » écrase celles de la date « t-1 ».

Il faut noter un script particulièrement important « MAIN_wrf.sh » qui est chargé de gérer toutes les étapes de l'exécution du modèle : « RUN_prewrf.sh, RUN_wrf.sh, RUN_postwrf.sh ». C'est ainsi que l'exécution du « ./MAIN_wrf.sh 00 48 3 » gère le process de geogrid, ungrid et metgrid (qui sont des pre-processing sur les données statiques avec 00h UTC comme heure d'initialisation du GFS, pour une prévision sur les 48h à venir avec un pas de temps de 3h) qui sont tous dans le répertoire « preproc ». Ensuite le script « run_wrf.sh 00 48 3 » exécute le wrf.exe et real.exe et permet aussi de définir la puissance du calcul liée au HPC.

Vers la fin des travaux les formateurs ont fait un récapitulatif de toutes les étapes expliquées précédemment. C'est après cette séance sous forme de discussion, qu'il a démontré que le script « ./MAIN_wrf.sh 06 48 3 » gère l'exécution automatique de geogrid, ungrid, metgrid, wrf.exe, real.exe (real.exe qui gère les conditions aux limites).

La commande « squeue » permet de voir dans le HPC les tâches (jobs) en cours et les tâches (jobs) en attentes d'exécution. Après cela, s'il y a nécessité d'interrompre un des jobs, on fait appelle à la commande « scancel suivi de l'identifiant du job ».

4. Activités du 4^{ème} jour

Cette journée a été consacrée au lancement de simulation du modèle WRF au run de 00h pour les 48 h à venir avec une résolution de 15 Km. Une fois le modèle tourné, l'équipe est passé à la visualisation des paramètres prévus tels que la température, les nuages, etc.

L'outil GRADS a été utilisé comme interface de visualisation des paramètres grâce à différentes commandes linux utilisées. Mr Valério a également tenu à préciser que les couleurs de sortie peuvent être changés selon le besoin.

Tout d'abord, l'observation du modèle a été visualisée. Coté température et nuage, les prévisionnistes ont confirmé l'observation du modèle WRF. Cette étape validée, l'équipe a

procédé à la visualisation des paramètres prévus. La page INTRANET du calculateur DMN NIGER (<http://41.138.60.157/img/wrf/>) est utilisée pour cela. En plus du modèle WRF, il existe les sorties des modèles de grands centres tels que le GFS, ECMWF, etc. Les formateurs ont expliqué que les onglets "affichage des cartes" du WRF sur le Niger ne fonctionnent pas pour l'instant due au fait que le modèle n'est pas encore en marche.

Monsieur Francesco a rappelé l'importance de la connaissance de quelques commandes linux tels que :

- ls pour lister ;
- whoami pour connaitre de quoi il s'agit ;
- rm pour supprimer ;
- cd pour aller dans un répertoire.

Après cette première phase, les formateurs ont montré comment on peut changer de domaine. Monsieur Ismaël a été désigné pour cet exercice.

Pour changer de domaine, il faut :

- Télécharger les données de GFS ;
- Démarrer le processing MetGrid et Geogrid ;
- Vérifier le script du wrf existant pour vérifier que tout est ok ;
- Tourner le modèle selon le run et l'échéance ;
- Aller dans le répertoire domaine du fichier de sortie du WRF ;
- Procéder à la modification du fichier namelist avec la commande vi.

Pour cette étape, on joue principalement sur les longitudes et latitudes, la forme de la projection et le point centrale de la grille.

Une simulation a été faite sur le Niger, sous la supervision des prévisionnistes afin de déterminer le domaine utile à la prévision du Niger.

Discussion

Dans l'après-midi, il a été question de discuter sur les paramètres à considérer dans la prévision du modèle WRF et les exécutions possibles. Sous la supervision du chef de Division prévision météorologique, l'équipe a fait le tour des 33 paramètres suggérés pour voir lesquels sont disponibles et facile d'utilisation. Parmi ces paramètres on peut citer : la coupe verticale de l'atmosphère, les vents à différents niveaux, les flux, la pression mer et la pluie. Les discussions ont abouti à la conclusion que le modèle WRF utilise les données du modèle GFS, il faut tourner le modèle à 06h et à 18h, soit deux fois par jours.

5. Activités du 5^{ème} jour

Initialement, il était prévu de consacrer le cinquième jour à la :

- création des scripts d'automatisation du fonctionnement du modèle WRF ;

- finalisation de la documentation technique de gestion et d'exploitation du modèle WRF (guide de l'utilisateur, documentation linux et WRF) ;
- mise en exploitation du modèle WRF et l'organisation des équipes de travail via une programmation des activités, l'assignation des tâches et les échéances pour chacun des membres de l'équipe.

Mais depuis l'après-midi du quatrième jour à la matinée du cinquième jour, le ordinateur s'est planté à trois reprises : toutes les interfaces de communication (clavier, souris, écran et même console en réseau via SSH) se sont bloqués.

Face à cette situation, les experts de WRF ont jugé utile de faire appel à un administrateur système qui a l'expérience et la formation pour gérer les HPC. La Direction a fait appel à Monsieur Ali Abani, Administrateur Système de l'ACMAD qui gère un ordinateur HPC opérationnel de 13 nœuds sur lequel le modèle WRF est installé. A son arrivé, il a lancé plusieurs diagnostics pendant lesquels, une coupure du secteur est intervenue et a conduit à l'arrêt brusque du ordinateur en moins de 2 minutes malgré la présence de l'onduleur de 10KVA. La conclusion tirée est que les causes du plantage du ordinateur sont d'origine électrique.

A la fin de la journée, l'équipe a dessinée un programme pour tester le modèle WRF sur le Niger et préparé dans un [répertoire partagé](#) les outils nécessaires à collecter les retours dans l'utilisation du modèle et les données observées pour sa validation. Le répertoire « WRF Niger » sur Google Drive contient :

- [Documentation](#) : répertoire avec fichiers utiles comme la guide utilisateur, des liens utiles, les paramètres demandés par la DMN, etc.
- Le fichier [Programmation WRF Niger.docx](#) qui détaille les activités à réaliser
- Le fichier [Checklist.xls](#) qui contient une maquette pour collecter les retours de chaque run du modèle
- Le fichier [Observations.xls](#) à compléter pour chaque station synoptique avec les données observées pour la validation du modèle
- Le fichier [GUIDE UTILISATEUR WRF.docx](#) qui détaille schématiquement les passages pour tourner le modèle WRF Niger

Programmation du Test pre-opérationnel et validation de WRF Niger

1 Test pre-opérationnel de WRF

A partir du 1er d'Avril

- Chaque jour les prévisionnistes contrôlent sur la page web <http://41.138.60.157/img/wrf> s'il y a les images de la RUN de 6h et de 12h
- Sur un tableau reportant les jours de chaque moi noter "OUI" ou "NON" des RUNS
- Dans le cas ou il y a un "non" les prévisionnistes doivent alerter par email les modélistes
- Dans ce cas les modélistes doivent contrôler qu'est-ce qui s'est passé dans les fichiers logs du modèle
- Les modélistes doivent signaler le problème qu'il y a eu et l'erreur dans le tableau

- On va à utiliser le google sheet : https://docs.google.com/spreadsheets/d/11N_p2XBkVmyNp59wxtaUbezBtykzUVd4s1ulBThWns/edit?usp=share_link.

2 Validation de WRF

A partir du 1er d'Avril au 31 Octobre: Validation des paramètres au sol de la RUN de 12h sur les stations synoptiques

- Un script va extraire automatiquement les paramètres de la validation et chaque mois ils sont partagés dans le répertoire Google Drive WRF Niger https://drive.google.com/drive/folders/1ZEq2aZR-OdBo6SQanSCdXGJPus7WWL7l?usp=share_link .
- L'équipe des prévisionnistes compilent un fichier partagé avec les données observées pour chaque station synoptique (https://docs.google.com/spreadsheets/d/1_1xMO8obPvPr7ey3mAAbnWKRz_SChABmzlgb-Fv1lus/edit?usp=share_link)
- A chaque fin de mois les données prévues et observées seront comparées visuellement et analysées avec corrélation bias RSE, standard déviation et diagramme de Taylor

3 Tuning du modèle après la saison

Session participative avec l'équipe à Niamey pour présentation des résultats de l'évaluation de la performance et mise au point du modèle.

Une mission de l'équipe de IBE/LaMMA sera organisée à Niamey dès que l'évaluation sera terminée. Dans cette occasion une deuxième formation pour l'équipe de la DMN sera fournie.

Conclusion et recommandations

Durant cet atelier ayant permis de générer quelques produits météorologiques à l'aide de ce modèle WRF, les participants ont appris des notions de modélisation. Malheureusement, la panne du ordinateur lors du processus d'automatisation n'a pas permis de continuer la formation jusqu'à l'utilisation pratique du modèle pour les tâches de routine.

À la lumière de tous les éléments développés plus haut, il a été recommandé de :

1. arrêter le ordinateur, jusqu'à la résolution du problème électrique qui est à la base du plantage du ordinateur ;
2. remplacer l'onduleur de 10 KVA par un onduleur de 20 KVA à l'image de l'onduleur du ordinateur de de l'ACMAD pour sécuriser le ordinateur de la DMN ;
3. faire appel à un électricien professionnel pour diagnostiquer et reprendre le câblage électrique de la salle des serveurs de la DMN ;
4. refaire le câblage du réseau informatique de la salle du ordinateur.
5. utiliser le ordinateur du Centre Régional AGRHYMET pour la suite du programme d'opérationnalisation de modèle WRF, le temps de permettre à la DMN de résoudre les problèmes électriques constatés par les experts de l'ACMAD ;
6. prospecter l'hypothèse d'un dysfonctionnement lié au script d'automatisation du process ;

7. procéder à l'acquisition des accessoires (cartes d'extension et fibre optique de connexion) pour l'exploitation du switch infini Band pour l'optimisation des performance du calculateur ;
8. identifier un prestataire de services ou un administrateur système qui a l'expérience et la formation pour gérer les HPC qui puisse supporter l'équipe de la DMN à la demande pour tous les problèmes du cluster qui sont au-delà de l'ordinaire ;
9. mettre en sécurité le serveur par rapport à d'éventuels attaques hacker.

II. Annexes

1. Annexe 1 : programmation des activités

A) Activités réalisées :

- 1) Essayes d'accès à distance au serveur avec les paramètres réseau fournis qui ont donné résultat positif.
- 2) Test de connexion et téléchargement des données GFS pour tester la vitesse du réseau. Sur la base du test effectué, nous pensons qu'il est possible de télécharger les données nécessaires dans un délai adéquat (ceci était avant la fin de l'abonnement).
- 3) Téléchargement des données statiques nécessaires au modèle (Land cover, DEM,...) qui a permis de stocker efficacement ces données sur le serveur
- 4) Contrôle du système d'exploitation serveur : OK

B) Choses à faire avant la mission :

- 1) rétablir connexion internet avec au-moins le même débit que on avait jusqu'à décembre.
- 2) Installer un nouveau module avec dernière version de WRF 4.4.1 (l'installation comme module permet de garder aussi l'autre version installée par Docteur Ibrah)
- 3) Contrôler les librairies
- 4) Télécharger sur le serveur les scripts opérationnels et les adapter au modèle Niger
- 5) Test en manuel à distance du fonctionnement du modèle, ce qui permettra aussi de vérifier la vitesse de connexion entre les nœuds (souci infiniband vs ethernet)

C) Mission de Valerio et Francesco à Niamey:

Objectif: renforcement des compétences, test opérationnel et personnalisation WRF Niger

Proposition de programme:

- 1) Session introductive de mise à niveau de l'équipe (jour 1)
 - 2) Présentation de l'architecture du système et des séquences opérationnelles (jour 2)
 - 3) Test opérationnel WRF Niger (jour 3)
 - 4) Personnalisation participative avec l'équipe du système (jour 4 et 5 matin)
 - 5) Programmation des activités suivantes, assignation des tâches et échéances (jour 5 après-midi)
- 1) la connexion internet est rétablie dans l'immédiat pour réaliser les opérations préalables (lettre B)
 - 2) l'équipe nigérienne est disponible pour cette semaine (Prof Sanda et Dr Ibrah non nécessairement tous les jours mais au-moins le jeudi 2 mars).

2. Annexe 2 : matrice de répartition des tâches

Nom et Prénom	Rôle	/Tâches	Email	Contact
Valério Capecchi	Appui /support	Model update,	capecchi@lamma.toscana.it	
Francesco Pasi		Reflection sur nouvelle model (wrf hydro, wrf_chem)	pasi@lamma.rete.toscana.it	
Ibrah Seidou Sanda			ibrahs@gmail.com	96 64 79 00
SAIDOU CHAIBOU ABDOUL AZIZ			abdoulaziz.saidou@yahoo.fr	
Alabe Adam	Modélisateur	Gestion du Script : Suivi de l'exécution des modèles création de nouveaux scripts pour le output Gestion des archives	Kondoma_2014@yahoo.fr	94978772
Adamou Sayri Younoussa			Sayouyouyou2282@gmail.com	86060047
Ismael Ouattara			watta522@gmail.com	92022636
Ousman Baoua	Prévisionniste	Réflexion sur les paramètres et produits météo à prendre en compte dans le développement du WRF, output analysis (verification resultat)	ousmanebaoua@yahoo.fr	96592328
Mme Aminou Nafissa			Nafissadignon85@gmail.com	91411781
Mme Abdoul Razak Nadia			Nadiaamadou616@gmail.com	88265158
Omar Farouk			Farouko73@yahoo.com	94615474
Moussa Saadou	Administrateur système	Infrastructure & maintenance Gestion réseau Gestion des alertes automatiques Système d'exploitation Gestion des utilisateurs	S11doumouss1@yahoo.fr	97737723
Mme Gounga Aichatou			gounga.aichatoua@yahoo.fr	96 82 70 27
Omar Yahaya			omaryahaya89@gmail.com	98361308
Mohamed Issifou Badjé			mohamedbadjé@gmail.com	89315217

Superviseurs Messieurs : Katiellou Gaptia Lawan

Ousman Baoua

Moussa Saadou

3. Annexe 3 : Caractéristiques du calculateur

Catégorie de serveur (Cluster)		Processeurs				Mémoire RAM (Go)	Disque dur (To)
Nbre	Désignation équipement	Nbre	Modèle	Nom	Nbre de cœur		
Front							
Nœud maitre	PowerEdge R930	2	6-4F-1	Intel® Xéon® CPU E7-8890 v4 @ 2,20GHz	48	64	2
Nœuds de traitement							
Nœud de traitement 1	PowerEdge R930	4	6-4F-1	Intel® Xéon® CPU E7-8894 v4 @ 2,40GHz	96	256	2
Nœud de traitement 2	PowerEdge R930	4	6-4F-1	Intel® Xéon® CPU E7-8894 v4 @ 2,40GHz	96	256	2
Nœud de traitement 3	PowerEdge R930	4	6-4F-1	Intel® Xéon® CPU E7-8894 v4 @ 2,40GHz	96	256	2
Sous total					288	768	6
Nœud de Stockage							
Nœud de Stockage 1	PowerEdge R930	2	6-4F-1	Intel® Xéon® CPU E7-8891 v4 @ 2,80GHz	20	32	48
Nœud de Stockage 2	PowerEdge R930	2	6-4F-1	Intel® Xéon® CPU E7-8891 v4 @ 2,80GHz	20	32	48
Sous total					40	64	96
Total					376	896	104
Équipements support et réseau							
	Armoire Rack						
	Kits de Console KVM						

Catégorie de serveur (Cluster)	Désignation équipement	Processeurs				Mémoire RAM (Go)	Disque dur (To)
		Nbre	Modèle	Nom	Nbre de cœur		
	pour armoire Rack et commutateur KVM						
	switchfast Ethernet						
	Firewall						
	Switch InfiniBand						

4. Annexe 4 : liens utiles

Voici le lien du répertoire partagé : https://drive.google.com/drive/folders/1ZEq2aZR-OdBo6SQanSCdXGJPus7WWL7?usp=share_link ou vous trouvez :

- 1) la guide utilisateur
- 2) La programmation des activités de vérification et validation
- 3) les fichiers xls de vérification et de validation
- 4) la documentation sur LINUX et WRF

[WRF Tutorial Material \(ucar.edu\)](#)

https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/tutorial/tutorial_presentations_2021.htm