



**FORMAT NETCDF MULTICANAUX DES SATELLITES
GEOSTATIONNAIRES DE METEOROLOGIE**

	Nom et Sigle	Date et Visa
Rédigé par	Olivier Péron Météo France Bruno Six Université de Lille	
Accepté par		
Application Autorisée par		



DIFFUSION

NOM	SIGLE/SOCIETE	NB	NOM	SIGLE/SOCIETE	NB
Disponible en ligne sur :					
https://www.aeris-data.fr/?locale=fr					



Documents de référence

Référence	Titre du document
DXX	SUIVI DE PROJET

Documents applicables

Titre du document		Référence
DA1	Open MTP Format	https://www.eumetsat.int/website/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_FILE&dDocName=PDF_FG01_BASIC-IMAGERY&Re
DA2	MSG Ground Segment LRIT HRIT Mission Specific Implementation	https://www.eumetsat.int/website/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_FILE&dDocName=PDF_TEN_05057_SPE_MSG_LRIT
DA3	Document de référence du format GSD	en annexe
DA4	JMA HRIT Mission Specific Implementation	https://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/operation/type/HRIT/JMA_HRIT_Issue1.2.pdf
DA5	FIS, description succincte	http://climserv.ipsl.polytechnique.fr/fr/documentation/le-format-fis/description-du-format-fis/download.html
DA6	MSG Level 1,5 Image Data Format Description	https://www.eumetsat.int/website/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_FILE&dDocName=PDF_TEN_05105_MSG_IMG_DAT
DA7	Himawari-8/9 Himawari Standard Data User's Guide	http://www.data.jma.go.jp/mscweb/en/himawari89/space_segment/hsd_sample/HS_D_users_guide_en_v12.pdf



DA8	GOES R series Product definition and Users' Guide	https://www.goes-r.gov/users/docs/PUG-L1b-vol3.pdf
DA9	Conversion from radiances to reflectances for SEVIRI warm channels	https://www.eumetsat.int/website/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_FILE&dDocName=PDF_MSG_SEVIRI_RAD2REFL&RevisionSe
DA10	The Conversion from Effective Radiances to Equivalent Brightness Temperatures	https://www.eumetsat.int/website/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_FILE&dDocName=PDF_EFFECT_RAD_TO_BRIGHTNESS&Rev
DA11	LRIT/HRIT Global Specification	http://www.cgms-info.org/documents/cgms-lrit-hrit-global-specification-(v2-8-of-30-oct-2013).pdf



Termes, définitions et abréviations

Sigle / abréviation	Définition
CMS	Centre de Météorologie Spatiale
NetCDF	network Common Data Form
CF	Climate and Forecast
MFG	Meteosat First Generation
MSG	Meteosat Second Generation
HRIT	High Rate Information Transmission (format Eumetsat)
PUG	Product Definition and User's Guide



SOMMAIRE

1. Table des matières

Généralités	9
2.1. PRINCIPES	9
2.2. NAVIGATION	9
2.3. DATATION	10
2.4. CALIBRATION	10
3.1. MFG (METEOSAT FIRST GENERATION)	10
3.2. MSG (METEOSAT SECOND GENERATION)	11
3.2.1. Format antérieur au NetCDF	11
3.2.2. Navigation pour les NetCDF	11
3.2.2.1. Description des sources HRIT	11
3.2.2.2. Description des multicanaux NetCDF	12
3.2.3. Calibration pour les NetCDF	13
3.3. HIMAWARI 8 ET 9	13
3.3.1. Format antérieur au NetCDF	13
3.3.2. Navigation pour les NetCDF	13
3.3.3. Calibration pour les NetCDF	13
3.4. GOES\geq16	13
3.4.1. Format antérieur au NetCDF	13
3.4.2. NAVIGATION POUR les NetCDF	14
3.4.3. Calibration pour les NetCDF	14
3.5. GOES$<$16	14
3.5.1. Format antérieur au NetCDF	14
3.5.2. NAVIGATION POUR les NetCDF	14
3.5.3. CALIBRATION POUR les NetCDF	15
3.6. MTSAT	15
3.6.1. Format antérieur au NetCDF	15
3.6.2. Navigation pour les NetCDF	15
3.6.3. Calibration pour les NetCDF	15



Introduction

L'objectif de ce document est de décrire les fichiers de données satellitaires produits par le Centre de Météorologie Spatiale (CMS) de Météo-France et mis à disposition du pôle AERIS dans le cadre du SATMOS. Cette description comprend la définition du format, mais également les spécificités de navigation, calibration, datation.

Cette description est valable à la date du document, mais elle évolue pour suivre les modifications de fichiers concernés, qu'elles soient imposées par les agences à l'origine de la donnée source, ou proposées par le CMS. L'historique des modifications est tracé dans le document.

Le document est géré par le CMS, qui le met à jour et à disposition pour publication (à compléter ...).

Toute remarque ou demande d'évolution du document peut être formulée à l'adresse :

Le Centre de Météorologie Spatiale de Météo-France a pour mission de recevoir, traiter et mettre à la disposition des utilisateurs les données des satellites météorologiques.

Les données des principaux satellites météorologiques géostationnaires sont reçues à Lannion, par divers moyens de réception (directe, internet, réception Eumetcast), et sous différents formats. Afin de faciliter l'utilisation des produits issus des différents modes de réception, les fichiers reçus sont transformés pour respecter un format homogène, ne dépendant plus de l'origine de la donnée.

Le pôle AERIS est un des principaux utilisateurs de ces données transformées, et a pour mission de les archiver.

A partir de 2013, le CMS a commencé à diffuser les fichiers au format NetCDF (network Common Data Form), en version 4, tel que défini par Unidata. Bien que les fichiers NetCDF soient auto-décrits, il apparaît nécessaire, en complément de la définition générique du format NetCDF, de tracer certaines spécificités (concernant navigation, calibration, datation...). C'est l'objet du présent document.

L'alimentation de l'archive AERIS ayant débuté avant la généralisation du NetCDF, sous différents formats, dépendant des plateformes satellite, des rappels sur ces différents formats sont également inclus dans le document.



2. Format NetCDF4

GENERALITES

Depuis 2013, le CMS a opté pour le NetCDF (network Common Data Form), version 4, en tant que format de référence. Ce format est utilisé pour les échanges de données en interne, et pour les données transmises et archivées dans le cadre de la mission AERIS.

Dans ces généralités, on liste les principes valables pour l'ensemble des satellites traités.

2.1. PRINCIPES

Les NetCDF produits pas le CMS respectent les principes suivants :

- Ce sont des fichiers « multicanaux », constitués à la fréquence d'acquisition des satellites et pour chacun des géostationnaires. Si plusieurs résolutions sont disponibles, on a un fichier par résolution.
- Le format NetCDF est un format conçu pour être auto-décrit, cependant le respect de la norme CF (Climate and Forecast), en version 1.5 jusqu'à GOES16, et 1.7 pour GOES16 et les satellites suivants, améliore la compréhension de la donnée.
- À chaque canal correspond un tableau de dimension NC*NL. Le fichier multicanaux comprend également un tableau de datation, dont les dimensions peuvent être inférieures.
- Les colonnes et lignes du tableau portent les respectivement indices 0 à NC-1 et 0 à NL-1.

2.2. NAVIGATION

- Les éléments d'indice [0:0] des NetCDF multicanaux correspondent au point nord-ouest de la projection.
- Plusieurs variables permettent la navigation des données :
 - la variable GeosCoordinateSystem telle que défini par le format NetCDF, et ses attributs spatial_ref, GeoTransform, _CoordinateAxes, et _CoordinateTransforms
 - la variable ImageNavigation et ses attributs COFF, LOFF, CFAC et LFAC.

Les COFF, LOFF, CFAC et LFAC respectent la définition du document du Coordination Group of Meteorological Satellites «LRIT/HRIT Global Specification»*[ref DA11]*. Ils permettent de relier les coordonnées image (« image coordinates ») d'un pixel [c:l] aux coordonnées angulaires (« intermediate coordinates ») de ce pixel (x,y), sous lesquelles le pixel est vu depuis le satellite.

$$c = \text{COFF} + \text{nint}(x \cdot 2^{-16} \cdot \text{CFAC}) \text{ (avec } c \text{ allant de } 1 \text{ à } \text{NC})$$

$$l = \text{LOFF} + \text{nint}(y \cdot 2^{-16} \cdot \text{LFAC}) \text{ (avec } l \text{ allant de } 1 \text{ à } \text{NL})$$

Remarque importante : avec cette définition, si le nombre de lignes (resp. de colonnes) de la grille est pair, le fait que le paramètre LOFF (resp. COFF) soit entier et égal à la moitié du nombre de



lignes (resp. colonnes) entraîne une dissymétrie de la grille puisque les pixels de la ligne $l=LOFF$ (resp. colonne $c=COFF$) ont pour latitude 0 (resp. longitude 0).

2.3. DATATION

Les NetCDF comprennent une plan $ttime$, qui permet de dater chaque pixel par rapport au temps de référence (variable « $ttime$ ») du fichier. Cet offset peut être positif ou négatif.

2.4. CALIBRATION

L'origine des paramètres de calibration varie selon les satellites. Ils peuvent être lus dynamiquement dans les sources, ou définis à partir d'informations fournies par les opérateurs des satellites. Dans tous les cas, il y a moyen de revenir aux valeurs des données d'origine.

Les NetCDF comprennent pour chaque canal les paramètres :

- nuc , $alpha$ et $beta$: utilisées pour la conversion des radiances vers les températures de brillance, en respectant $tempe=(C2 * nuc / \text{math.log}((C1 * (nuc ** 3.) / \text{radiance}) + 1.) - beta) / alpha$, où $C1=1.1910427e-05$, $C2=1.4387752$, radiance en $w / (cm)^3 / Sr / Hz$, $tempe$ en k .
- $slope$ et $offset$: utilisés pour passer des comptes numériques aux températures de brillance, en respectant : $\text{radiance}=\text{offset}+CN*slope$
- $bandfactor$: pour la conversion des radiances en réflectance
- $Temp_to_Native_count$: pour repasser aux comptes numériques d'origine à partir des températures et appliquer une autre calibration.
- $Albedo_to_Native_count$: pour repasser aux comptes numériques d'origine à partir des réflectances et appliquer une autre calibration.

3. Particularités des fichiers issus des plateformes satellites

3.1. MFG (METEOSAT FIRST GENERATION)

Les données de Meteosat première génération n'ont jamais été diffusées au format NetCDF (le dernier Meteosat de première génération, Meteosat 7 a été remplacé en février 2017). Les données MFG mises à disposition par le CMS étaient au format **OpenMTP** distribué par Eumetsat et défini dans le document « Open MTP Format » [ref DA1]

- Calibration : les coefficients de calibration étaient donnés pour l'infra-rouge ($slope$ et $offset$), mais pas pour le visible.
 - Pour le visible, la pente a et l'offset b sont calculés de la manière suivante [MFG03]



b est estimée comme la moyenne des offsets des 2 détecteurs du canal VIS : $b_1 = 4.61$, $b_2 = 5.05$
-> $b \approx 4.84$

a est évalué à la date t par la formule $a(t) = a_0 + D_f * N_t$ où :

a_0 : pente de calibration au lancement ($W.m^{-2}.sr^{-1}/CNT$)

D_f : dérive quotidienne ($W.m^{-2}.sr^{-1}/CNT.jour^{-1}$)

N_t : nombre de jours écoulés depuis le lancement

3.2. MSG (METEOSAT SECOND GENERATION)

3.2.1. FORMAT ANTERIEUR AU NETCDF

Avant la distribution des données au format NetCDF, les données Meteosat Second Generation étaient mises à disposition au format **HRIT** distribué par Eumetsat et dans le document « MSG Level 1,5 Image Data Format Description » [ref DA6]

- Calibration : 2 coefficients de calibration (pente a et offset b) y sont fournis pour obtenir la radiance spectrale R_λ à partir du compte numérique : $R_\lambda = a * CNT + b$.

3.2.2. NAVIGATION POUR LES NETCDF

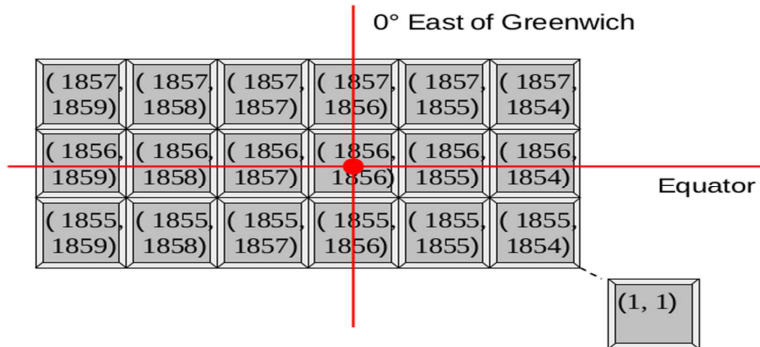
La navigation de MSG étant particulière, il apparaît nécessaire de procéder à la description des sources utilisées pour les fabriquer, avant de décrire les NetCDF eux-mêmes.

3.2.2.1. DESCRIPTION DES SOURCES HRIT

Les sources utilisées pour la création des NetCDF multi-canaux sont au format HRIT tel, que décrit dans le document « MSG Ground Segment LRIT HRIT Mission Specific Implementation » [ref DA2]. Dans ces sources (HRIT), la ligne l=1 est la première ligne en partant du sud de la projection, la colonne c=1 est la première colonne en partant de l'est de la projection (ce qui se traduit par des coefficients CFAC et LFAC **négatifs**). NC et NL sont les nombres de colonnes et de lignes de l'image.

- Cas des canaux à résolution 3 km (non HRV) :

On trouve la description du format dans le document « MSG Level 1,5 Image Data Format Description » [ref DA6], et notamment l'illustration suivante (figure 7 du document) :



Le sous-point du satellite du satellite MSG 0° est au centre du pixel de coordonnées [1856,1856].

Pour rappel, par définition :

$$c = \text{COFF} + \text{nint}(x \cdot 2^{-16} \cdot \text{CFAC})$$

$$l = \text{LOFF} + \text{nint}(y \cdot 2^{-16} \cdot \text{LFAC})$$

avec x et y les coordonnées angulaires sous lesquelles est vu le satellite, nulles au sous point du satellite.

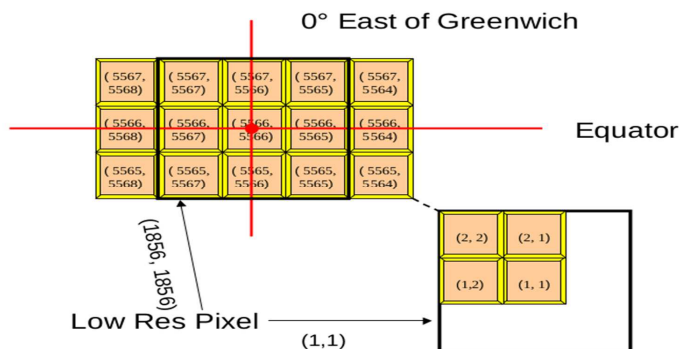
On a donc COFF=1856, LOFF=1856. Ces valeurs sont lues dans les sources HRIT.

Mis en forme : Français (France)

Mis en forme : Anglais (États-Unis)

- Cas du canal à résolution 1km (HRV) :

On trouve dans la description du format (document «MSG Level 1,5 Image Data Format Description » [ref DA 6]) l'illustration suivante (figure 8 du document) :





Le sous-point du satellite MSG 0° est au centre du pixel de coordonnées [5566,5566].

Pour rappel, par définition :

$c = \text{COFF} + \text{nint}(x^2 - 16 * \text{CFAC})$ et $l = \text{LOFF} + \text{nint}(y^2 - 16 * \text{LFAC})$

avec x et y les coordonnées angulaires sous lesquelles est vu le satellite, nulles au sous point du satellite.

On a donc $\text{COFF}=5566$, $\text{LOFF}=5566$. Ces valeurs sont lues dans les sources HRIT.

Mis en forme : Anglais (États-Unis)

3.2.2.2. DESCRIPTION DES MULTICANAUX NETCDF

Pour que l'ensemble des NetCDF multicanaux produits par le CMS soient présentés de la même façon, c'est-à-dire avec le premier pixel (première ligne/première colonne) correspondant au coin nord-ouest de l'image, l'indexation des fichiers HRIT d'origine a été inversée.

Ainsi, dans les NetCDF, un pixel qui avait pour coordonnées [c:l] dans la source HRIT, a pour nouvelles coordonnées [NC-c+1:NL-l+1] (toujours en considérant une numérotation à partir de 1 des lignes et colonnes).

Conséquences de cette nouvelle indexation :

- le sous-point du satellite a pour coordonnées en ligne et pixel :
 - pour le non HRV : [3712-1856+1:3712-1856+1]=[1857:1857].
 - pour le HRV : [11136-5566+1:11236-5566+1]=[5571:5571]
- les CFAC et LFAC sont positifs.

3.2.3. CALIBRATION POUR LES NETCDF

Issues des documents de référence Eumetsat : « Conversion from radiances to reflectances for SEVIRI warm channels » [ref DA9] et « The Conversion from Effective Radiances to Equivalent Brightness Temperatures » [ref DA10]

3.3. HIMAWARI 8 ET 9

3.3.1. FORMAT ANTERIEUR AU NETCDF

Sans objet

3.3.2. NAVIGATION POUR LES NETCDF



Les sources utilisées sont définies dans le document «Himawari-8/9 Himawari Standard Data User's Guide» [ref DA7]:

NetCDF : CFAC et LFAC sont positifs : le premier pixel est le pixel NW.

Les COFF et les LOFF sont des demi-entiers, $NC/2+0,5$ et $NL/2+0,5$: Le sous-point du satellite est à l'intersection de 4 pixel. L'image est symétrique par rapport au sous-point.

3.3.3. CALIBRATION POUR LES NETCDF

Pour les données issues d'Himawari cloud (production des NetCDF multicanaux depuis décembre 2015), les paramètres de calibration (nuc, alpha, béta, facteur de bande, offset et gain sur la radiance) sont calculés à partir de valeurs lues dans les sources.

A partir de janvier 2019, les multicanaux à résolution 2km sont réalisés en utilisant des données diffusées par Eumetcast. Le passage des comptes de numériques aux températures de brillance ou albédo utilise une table de correspondance lue dans le premier segment des sources HRIT.

L'origine des sources et les différentes méthodes de calibration n'ont pas d'impact.

3.4. GOES \geq 16

3.4.1. FORMAT ANTERIEUR AU NETCDF

Sans objet

3.4.2. NAVIGATION POUR LES NETCDF

Les sources utilisées sont définies dans le « GOES R series Product definition and Users' Guide » [ref DA8]

Le schéma « Figure 5.1.2.2-2 » montre la symétrie de l'image par rapport au sous-point.

On en déduit $COFF=NC/2+0,5$ et $LOFF= NL/2+0,5$. Ce sont les valeurs que l'on trouve dans les NetCDF multicanaux, avec respectivement 2750.5, 5500.5, et 11000.5 pour les résolutions 2km, 1km et 500m.

A noter l'attribut `sweep_angle_axis` (qui prend la valeur x) dans le NetCDF multicanaux. Il permet d'identifier la projection spécifique induite par la configuration de l'imageur (cf §5.1.2.8.1 dans le User's Guide référencé ci-dessus).

3.4.3. CALIBRATION POUR LES NETCDF

Les données de calibration sont lues dans les sources (format NetCDF défini dans le « GOES R series Product definition and Users' Guide »[ref DA8])

3.5. GOES $<$ 16

3.5.1. FORMAT ANTERIEUR AU NETCDF



Avant le passage au NetCDF, les données étaient diffusées à Icare au format FIS (« FIS, description succincte » [ref DA5]). Les données de GOES13 et GOES15 étaient reçues à un format GOS (par le biais d'une liaison spécialisée avec la nesdis), ou GVAR (réception directe). Ces données subissent un sur-échantillonnage, en respectant le processus suivant :

- Parcours de la grille d'arrivée.
- Calcul des coordonnées en lat et lon.
- Recherche du numéro de ligne et colonne correspondant dans l'image non rectifiée, en s'appuyant sur un programme, à l'origine en fortran et fourni par la NASA, et réécrit en java au moment du passage aux NetCDF, avec un principe de remplissage de la grille rectifiée qui est donc resté identique.

Sur les canaux à 4 km de résolution, le nombre de lignes et colonnes avant rectification est de 5209 x 2706, et les lignes de scans ne sont pas toutes horizontales. Le nombre après rectification passe à 2806 x 2806.

- Calibration : l'infrarouge IR est fourni en température de brillance et le visible en réflectance, avec un facteur d'échelle de 100 (TB (ou REFL) = CNT*0.01)

navigation : l'image était symétrique, à résolution 4 km, et centrée.

3.5.2. NAVIGATION POUR LES NETCDF

Il y a re-projection de la source originale (GVAR ou GOS), et la navigation est fixée par le CMS. Elle a changé au moment du passage au NetCDF.

NetCDF :

4km : COFF=LOFF=1403

1km : COFF=LOFF=5609,5 (la résolution 1km ne concerne que GOES13, GOES15 n'étant disponible en métropole qu'à la résolution 4 km).

3.5.3. CALIBRATION POUR LES NETCDF

Les données de calibration ne sont pas lues dans les sources. La NOAA préconise l'application d'un coefficient d'atténuation. Ces préconisations ne sont pas appliquées dans la création des multicanaux (mais dans les traitements d'imagerie en aval). On peut les retrouver ici : https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/spb/fwu/homepage/GOES_Imager_Vis_OpCal.php

3.6. MTSAT

3.6.1. FORMAT ANTERIEUR AU NETCDF

Les données des satellites de la Japanese Meteorological Agency MTSAT étaient distribuées au format **GSD** avant le 20/04/2009 (« Document de référence du format GSD » en annexe [ref DA3]), ou, après le 20/04/2009 au format JMA-HRIT (Document « JMA HRIT Mission Specific Implementation » [ref DA4])



- Calibration : Que ce soit au format GSD ou au format JMA-HRIT [MTSAT01], les données MTSAT étaient fournies en température de brillance pour l'infra-rouge et en réflectance pour le visible, accompagnée d'une table de calibration CALTAB (complète en GSD, partielle et complétée par interpolation en HRIT). TB (ou REFL) = CALTAB[CNT]

3.6.2. NAVIGATION POUR LES NETCDF

Dans la documentation de référence : « JMA HRIT Mission Specific Implementation » [ref DA 4] le COFF est défini comme un entier (page12 du document). Les valeurs de COFF et LOFF des NetCDF sont NC/2 et NL/2 (1375 et 5500 pour les deux résolutions disponibles).

3.6.3. CALIBRATION POUR LES NETCDF

Les valeurs de calibration sont lues dans les sources. Le premier segment des fichiers sources (hrit) comprend une table de correspondance en 1024 comptes et des températures de brillance ou des albédos.

FIN DU DOCUMENT