

**OBJET : MISE EN ŒUVRE PAR L'OACI D'UN SERVICE MONDIAL DE RENSEIGNEMENTS DE METEOROLOGIE DE L'ESPACE A L'APPUI DE LA NAVIGATION AERIENNE INTERNATIONALE.**

### 1. INTRODUCTION :

L'objet de la présente circulaire d'information aéronautique est d'informer les usagers de l'espace aérien de l'entrée en vigueur le 7 novembre 2019, sous l'égide de l'OACI, d'un service mondial de renseignements de météorologie de l'espace à l'appui de la navigation aérienne internationale.

L'aviation civile peut être impactée par les phénomènes d'origine solaire, notamment en matière de communications HF, de navigation et surveillance fondées sur le GNSS, de communications par satellite et de radiations augmentées à bord des aéronefs.

L'OACI a donc organisé un service de météorologie de l'espace consistant en la diffusion par le Service Fixe Aéronautique (AFS), qui comprend le réseau du service fixe des télécommunications aéronautiques (AFTN) et l'Aeronautical (ou ATS) Message Handling System, de renseignements consultatifs en cas d'impacts modérés ou sévères sur les 4 domaines identifiés ci-dessus.

Les renseignements consultatifs seront produits par 3 centres mondiaux désignés par l'OACI (ACFJ, PECASUS, SWPC)<sup>1</sup>, opérant à tour de rôle selon une rotation.

### 2. LA NATURE DES PERTURBATIONS :

Les signaux HF sont « réfléchis » par une région autour de la Terre dénommée ionosphère, et les signaux GNSS et SATCOM traversent l'ionosphère. Des perturbations de l'ionosphère peuvent donc perturber, de façon plus ou moins sévère, la propagation des signaux HF, GNSS et SATCOM. L'ionosphère peut être perturbée :

- A- Lors d'émissions solaires éruptives (solar flare) de rayonnements X ou extrême UV (EUV),
- B- Par des arrivées de matériaux magnétiques solaires (éjections de masse coronale (CME), vent solaire rapide),
- C- Par des particules solaires à haute énergie (principalement protons).

Par ailleurs, les particules solaires, lorsque leur énergie est exceptionnellement élevée, peuvent aussi, par interaction avec les particules de l'atmosphère, créer des cascades de particules secondaires ionisantes, qui augmentent les radiations à bord des aéronefs.

Tandis que les rayons X et EUV affectent la face éclairée de la Terre, les matériaux magnétiques et les protons à haute énergie affectent d'abord les hautes latitudes nord et sud, y compris la nuit, mais peuvent s'étendre à des latitudes moyennes en cas de forts événements solaires.

Le passage entre le jour et la nuit est également susceptible d'engendrer des perturbations de l'ionosphère pouvant affecter les régions équatoriales ou proches de l'équateur.

Enfin, la fréquence et l'intensité des phénomènes solaires varient selon un cycle de 11 ans. 2019 correspond à un minimum solaire, et donc à une période de faible activité, même si des événements significatifs ne peuvent être exclus.

<sup>1</sup> ACFJ (Australie, Canada, France, Japon) – PECASUS (Allemagne, Autriche, Belgique, Chypre, Finlande (chef de file), Italie, Pays-Bas, Pologne, Royaume-Uni) – Etats-Unis)

### 3. LES RENSEIGNEMENTS CONSULTATIFS DU SERVICE OACI DE METEOROLOGIE DE L'ESPACE :

L'intensité des phénomènes de météorologie de l'espace dans les renseignements consultatifs peut être modérée (MOD) ou sévère (SEV).

Les effets peuvent concerner les radio communications HF (HF COM), les communications par satellite (SATCOM), la navigation et surveillance basées sur le GNSS (GNSS), et les rayonnements aux niveaux de vol (RADIATION).

Ils concernent des impacts observés (OBS) ou prévus (FCST) aux temps T, T+6, T+12, T+24 heures (sauf si les prévisions ne sont pas disponibles).

Les renseignements consultatifs sont mis à jour aussi souvent que nécessaire mais au moins toutes les 6 heures, jusqu'à ce que de tels phénomènes ne soient plus détectés et/ou que l'on ne s'attende plus à ce qu'ils aient des incidences (NO SWX EXP).

Les zones géographiques impactées sont repérées par leurs latitudes et longitudes, en ajoutant les niveaux de vol (ABV FL) pour ce qui concerne les radiations. Des abréviations sont aussi utilisées :

- Hautes latitudes de l'hémisphère nord (N9000 - N6000): HNH
- Moyennes latitudes de l'hémisphère nord (N6000 - N3000) : MNH
- Latitudes équatoriales de l'hémisphère nord (N3000 - N0000) : EQN
- Latitudes équatoriales de l'hémisphère sud (S0000 - S3000) : EQS
- Moyennes latitudes de l'hémisphère sud (S3000 - S6000) : MSH
- Hautes latitudes hémisphère sud (S6000 - S9000): HSH

Des renseignements consultatifs peuvent également concerner la totalité de la face éclairée de la Terre (daylight side).

Des renseignements consultatifs de test ou d'exercice peuvent être diffusés.

Les renseignements consultatifs sur les phénomènes de météorologie de l'espace concernant l'ensemble de la route seront fournis aux exploitants et aux membres d'équipage de conduite au titre de l'information météorologique.

NB: Il est reconnu que les résolutions horizontale, verticale et temporelle des renseignements consultatifs sont très grossières. L'utilisation de bandes de latitude de 30 degrés, de pas de longitude de 15 degrés, de pas verticaux de 3000 pieds (pour les radiations), et de périodes de 6 heures pourra parfois résulter dans des surestimations de l'espace affecté. De plus, tandis qu'une bande de latitude entière peut être prévue pour des phénomènes MOD ou SEV, il y aura souvent des cas où les effets ne couvriront pas la totalité de la bande ou seront intermittents ou temporaires. Les utilisateurs devraient se référer à la section remarque du renseignement consultatif pour des informations complémentaires.

#### 4. LE MESSAGE DE RENSEIGNEMENT CONSULTATIF:

Un message de renseignement consultatif de météorologie de l'espace a le format suivant :

- (1) En-tête OMM (FNXX01, indicateur d'emplacement OMM, jour-heure UTC d'émission du message)
- (2) SWX ADVISORY (type de message)
- (3) STATUT (indicateur de test (TEST) or d'exercice (EXER), en tant que de besoin)
- (4) DTG (temps d'origine - année/mois/jour/heure UTC)
- (5) SWXC (nom du centre de météorologie de l'espace)
- (6) ADVISORY NR (numéro du message de renseignements consultatifs; séquence unique pour chaque effet de météorologie de l'espace: HFCOM, GNSS, RADIATION, SATCOM)
- (7) NR RPLC (numéro du message de renseignements consultatifs qui est remplacé)
- (8) SWX EFFECT (nature et intensité de l'effet du phénomène de météorologie de l'espace)
- (9) OBS (ou FCST) SWX (jour et heure (UTC) et description de l'étendue horizontale observée ou prévue du phénomène de météorologie de l'espace)
- (10) FCST SWX +6HR (jour et heure (UTC) de l'étendue prévue du phénomène de météorologie de l'espace)
- (11) FCST SWX +12HR (comme ci-dessus)
- (12) FCST SWX +18HR (comme ci-dessus)
- (13) FCST SWX +24HR (comme ci-dessus)
- (14) RMK (NIL or texte libre)
- (15) NXT ADVISORY (Année/moi/jour/heure (UTC) du prochain message ou NO FURTHER ADVISORIES)

L'intensité du phénomène de météorologie de l'espace (champ 8, SWX EFFECT) est fondé sur les paramètres et seuils suivants, listés dans la première édition, 2019, du manuel OACI sur la fourniture de renseignements de météorologie de l'espace à l'appui de la navigation aérienne internationale (Doc 10100):

Effet	Sous-effet	Paramètre utilisé	MOD	SEV
GNSS	Scintillation affectant l'amplitude	S4 (sans dimension)	0.5	0.8
GNSS	Scintillation affectant la phase	Sigma-phi (radians)	0.4	0.7
GNSS	Vertical Total Electron Content (TEC)	Unités TEC	125	175
RAYONNEMENT		Dose efficace (microsieverts/heure)*	30	80
HF	Absorption Aurorale (AA)	Kp index	8	9
HF COM	Absorption au-dessus de la calotte polaire (PCA)	dB à partir de données de riomètre 30 MHz	2	5
HF COM	Rayons X solaires (SWF)	Rayons X solaires (0.1-0.8 nm) ( $W\cdot m^{-2}$ )	$1 \times 10^{-4}$ (X1)	$1 \times 10^{-3}$ (X10)
HF COM	Dépression post-tempête	Maximum usable frequency (MUF)**	30%	50%
SATCOM	Pas de seuil établi pour cet effet			

\* Les messages MOD ne seront émis que lorsque la valeur seuil MOD sera atteinte au FL460 ou à un niveau inférieur. Les messages SEV seront émis lorsque la valeur seuil SEV sera atteinte à n'importe quel FL.

\*\* Par rapport à une médiane mobile sur 30 jours de la fréquence critique de la couche F2 (foF2).

## 5. EXEMPLES DE RENSEIGNEMENTS CONSULTATIFS :

FNXX01 YMMC 020100  
 SWX ADVISORY  
 DTG: 20190502/0054Z  
 SWXC: ACFJ  
 ADVISORY NR: 2019/319  
 SWX EFFECT: HF COM MOD  
 OBS SWX: 02/0054Z DAYLIGHT SIDE  
 FCST SWX + 6 HR: 02/0700Z DAYLIGHT SIDE  
 FCST SWX + 12 HR: 02/1300Z DAYLIGHT SIDE  
 FCST SWX + 18 HR: 02/1900Z NOT AVBL  
 FCST SWX + 24 HR: 03/0100Z NOT AVBL  
 RMK: SOLAR FLARE EVENT IN PROGRESS IMPACTING HF COM ON  
 DAYLIGHT SIDE. PERIODIC LOSS OF HF COM ON DAYLIGHT SIDE POSSIBLE NXT 12HRS.  
 NXT ADVISORY: WILL BE ISSUED BY 20190502/0654Z=

FNXX01 EFKL 190300  
 SWX ADVISORY  
 DTG: 20190219/0300Z  
 SWXC: PECASUS  
 ADVISORY NR: 2019/20  
 SWX EFFECT: RADIATION MOD  
 OBS SWX: 19/0300Z HNH HSH E18000-W18000 ABV FL370  
 FCST SWX + 6 HR: 19/0900Z NO SWX EXP  
 FCST SWX + 12 HR: 19/1500Z NO SWX EXP  
 FCST SWX + 18 HR: 19/2100Z NO SWX EXP  
 FCST SWX + 24 HR: 20/0300Z NO SWX EXP  
 RMK: RADIATION AT AIRCRAFT ALTITUDES ELEVATED  
 BY SMALL ENHANCEMENT JUST ABOVE PRESCRIBED  
 THRESHHOLD. DURATION TO BE SHORT-LIVED  
 NXT ADVISORY: NO FURTHER ADVISORIES=

FNXX01 KWNP 020100  
 SWX ADVISORY  
 DTG: 20190502/0100Z  
 SWXC: SWPC  
 ADVISORY NR: 2019/59  
 NR RPLC: 2019/58  
 SWX EFFECT: GNSS MOD  
 OBS SWX: 02/0100Z HNH HSH E18000-W18000  
 FCST SWX + 6 HR: 02/0700Z HNH HSH E18000-W18000  
 FCST SWX + 12 HR: 02/1300Z HNH HSH E18000-W18000  
 FCST SWX + 18 HR: 02/1900Z NO SWX EXP  
 FCST SWX + 24 HR: 03/0100Z NO SWX EXP  
 RMK: IONOSPHERIC STORM CONTINUES TO CAUSE LOSS-OF-LOCK  
 OF GNSS IN AURORAL ZONE. THIS ACTIVITY IS  
 EXPECTED TO SUBSIDE IN THE FORECAST PERIOD  
 NXT ADVISORY: 20190502/0700Z=

## 6. REPONSES OPERATIONNELLES AUX RENSEIGNEMENTS CONSULTATIFS :

Le service OACI ne définit pas les réponses opérationnelles aux phénomènes de météorologie de l'espace. Ces réponses sont de la responsabilité des exploitants d'aéronefs/membres d'équipage de conduite, qui peuvent choisir d'adopter des procédures opérationnelles pour être prêts en cas de phénomène de météorologie de l'espace.

Les lignes directrices générales suivantes peuvent toutefois être données :

En fonction de l'intensité des phénomènes, les exploitants d'aéronefs/membres d'équipage de conduite peuvent choisir des routes moins exposées, ou retarder leur vol jusqu'à la diminution des phénomènes.

Ils peuvent aussi choisir d'utiliser des moyens alternatifs de communication ou de navigation.

Les absorptions HF sur la face éclairée de la Terre (perturbation A du paragraphe 2, durée de minutes à heures), dans les zones aurorales (perturbation B du paragraphe 2, durée de minutes à heures) et dans les zones polaires (perturbation C du paragraphe 2, durée d'heures à jours) tendent à affecter les plus basses fréquences de la bande HF. La partie haute de bande HF pourrait être moins affectée.

L'arrivée de matériaux magnétiques (perturbation B du paragraphe 2) peut engendrer des processus physiques qui peuvent impacter la partie haute de la bande HF pendant des heures ou des jours (dépression de la fréquence maximum utilisable). Dans ce cas, les fréquences HF les plus basses pourraient être moins affectées.

Les perturbations du GNSS peuvent conduire à une réduction de la disponibilité de services GNSS spécifiques. Cela peut nécessiter, lors de rares événements particulièrement forts, l'utilisation d'autres moyens de navigation que des approches avec guidage vertical GNSS SBAS ou GNSS GBAS (c'est-à-dire pour des approches aux instruments 3D jusqu'aux minima LPV ou GLS). Pour les phases de vol en route, terminal, et les approches aux instruments 2D, il est peu probable que les erreurs de positionnement induites par la météorologie de l'espace excèdent les marges du guidage latéral GNSS.

Voler à plus basse altitude ou latitude diminue les radiations à bord des aéronefs. Il est à noter toutefois que les événements solaires qui sont capables d'accélérer les particules suffisamment pour résulter en une augmentation significative des radiations aux altitudes des aéronefs sont rares. Depuis 2000, les 4 événements de radiation ayant conduit à une augmentation significative des doses aux altitudes de vol se sont produits les 14 juillet 2000, 15 avril 2001, 20 janvier 2005, et 13 décembre 2006. Pendant ces événements, il est estimé que la dose reçue pour un vol long-courrier passant par de hautes latitudes était équivalente à celle reçue habituellement (du rayonnement cosmique galactique) pendant quelques vols long-courriers du même type.