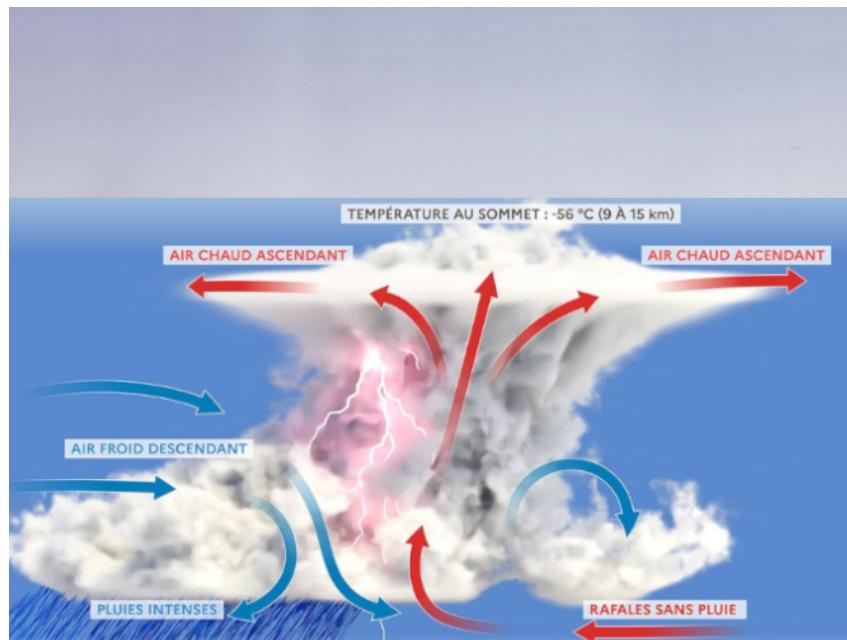


### 3.3. Cumulonimbus

Le \_\_\_\_\_ est le nuage le plus dangereux pour l'aviation (y compris pour les gros avions de ligne qui les évitent la plupart du temps). Il se forme dans les fronts froids toute l'année ou après un fort échauffement du sol au printemps et en été. Celui-ci provoque :

1. du vent violent pouvant changer brusquement de vitesse (de 0 à 40 kt) et de direction ;
2. des grains, qui sont du vent violent mélangés à une pluie intense ;
3. des averses de pluie très denses pouvant occulter la visibilité ;
4. de la turbulence avec des vent verticaux dépassant les 30 kt ;
5. de la grêle et de la foudre qui peuvent endommager l'avion de façon brutale.



**Figure 26 – Phénomènes dans un cumulonimbus**

### 3.4. Ondes orographiques et turbulences

Une onde \_\_\_\_\_ (ou onde de ressaut) est une forme d'onde de gravité atmosphérique qui se produit lorsqu'une masse d'air est forcée en altitude par son déplacement au-dessus d'un relief montagneux. Si l'environnement est stable, la masse d'air redescendra du côté aval de l'obstacle et entrera en oscillation autour d'une hauteur égale ou inférieure au sommet de celui-ci. Par contre, si l'air est instable, l'air continuera de s'élever, avec ou sans oscillation. L'onde orographique est aussi connue sous les noms d'« onde de relief » et d'« onde de montagne ». Ces ondes peuvent être dangereuses pour l'aviation car elles résultent en de grandes variations d'altitude au passage d'une montagne.

La \_\_\_\_\_ consiste en des mouvements d'air plus ou moins violent et peut se former sous certains nuages instables (cumulus et cumulonimbus en particulier) ainsi qu'au contact de deux masses d'air (turbulence en air clair) et lorsqu'il y a présence de forts gradients de vent, de température ou de pression. Généralement sans danger mais provoquant l'inconfort des passagers d'un avion, elles peuvent devenir dangereuses lorsque les passagers ne sont pas correctement attachés à bord.

## 4. Phénomènes météorologiques locaux

### 4.1. Effet de Fœhn

L'effet de \_\_\_\_\_ est un phénomène, spécifique aux régions montagneuses, qui explique le temps privilégié de certaines régions (Languedoc Roussillon, Alpes du sud, Alsace) ainsi que le temps humide d'autres régions (Limousin, Vosges). Il s'agit du franchissement d'un obstacle (généralement une montagne) par de l'air humide. L'air humide est soulevé par le relief, se détend et se refroidit jusqu'à la saturation induisant la formation de nuages et jusqu'à la formation de pluies ou de neiges. De l'autre côté du relief, l'air descendant s'est déchargé de toute son humidité. Sa descente a alors pour effet de le réchauffer. Le passage du relief assèche et réchauffe la masse d'air.

### 4.2. Brise de mer, brise de terre et vents locaux

Les \_\_\_\_\_ sont des vents locaux régulier qui s'établissent près des lacs, de la mer, des montagnes et dans les vallées. Ces vents sont provoqués par les différences de températures entre les masses d'air dans les basses couches de la troposphère et ils suivent un cycle jour/nuit.

La brise en région côtière est due au fait que la variation de la température de l'eau est plus faible et moins rapide que celle de la surface de la terre. Ceci provoque :

- de la brise de mer (du milieu de matinée jusqu'en fin d'après-midi) lorsque sous l'effet du rayonnement solaire, la surface de la terre se réchauffe plus vite que la masse d'eau : l'air, au contact du sol s'élève en faisant place à une dépression qui aspire l'air plus froid situé au-dessus de la mer ;
- de la brise de terre en fin soirée lorsque la masse d'air, en contact avec le sol, se refroidit plus rapidement que celle en contact avec la mer et provoque un anticyclone qui chasse l'air vers le large.

Brises de terre et de mer sont deux phénomènes en quelque sorte inverses.

On peut aussi rencontrer des brises en région montagneuse qui sont des brises de pente : de jour, l'air, au contact des versants ensoleillés s'échauffe et s'élève le long des pentes. Pour compenser l'air emprunté au fond de la vallée, un vent s'établit, remontant la vallée. En soirée et de nuit, le phénomène inverse se produit.

Il existe également des vents se produisant localement. Ce qu'on appelle un vent régional est un vent local, sur une zone plus ou moins étendue, et non simplement la dénomination régionale du vent de grande échelle. On donne les principaux sur l'illustration suivante :

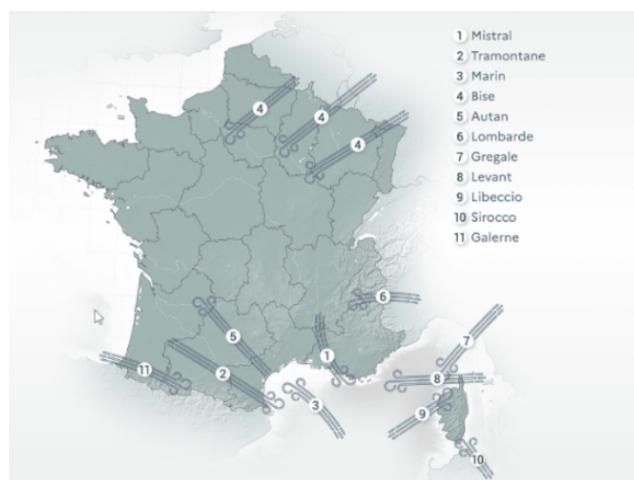


Figure 27 – Vents locaux.

### 4.3. Courants jet

Le courant \_\_\_\_\_ ou jet stream est un courant d'air très rapide de quelques centaines de km de large, et de seulement quelques km d'épaisseur, situé à environ 10 km d'altitude. Il entoure le globe terrestre, et souffle d'Ouest en Est selon la rotation de la terre. Il se situe au niveau de la tropopause, à la jonction des cellules de convection. La vitesse des vents à l'intérieur est d'environ 200 à 300 km/h. Les pilotes de ligne l'utilisent pour économiser du carburant.

## 5. Information météorologique

Les informations météorologiques à destination des pilotes se découpent en trois types :

- des cartes, décrivant l'état prévisionnel de différents paramètres météorologiques (pression, température, vent, nébulosité, etc.) sur un vaste territoire géographique ;
- des images, correspondant à des photographies actuelles prise par satellite ou à des images radar relevées à partir de station au sol et couvrant un vaste territoire géographique ;
- des messages, décrivant de manière textuelle les paramètres météorologiques observés ou prévus en un endroit précis.

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons essentiellement aux cartes et messages météorologiques et nous verrons les éléments permettant d'interpréter les informations que ces documents contiennent.

### 5.1. Les cartes météorologiques

#### 5.1.1. La carte de temps significatif

La carte \_\_\_\_\_ est une carte du **TEMps SIgnificatif prévu** à heure fixe, sur laquelle sont portés les phénomènes intéressant l'aéronautique et les masses nuageuses.

Sur la carte TEMSI France, toutes les masses nuageuses sont décrites. Les bases et sommets des masses nuageuses sont donnés par rapport au niveau moyen de la mer (altitude).

La carte TEMSI France est éditée toutes les 3 heures de 0600z à 0000z et est mise à disposition 2 heures avant l'heure de validité.

Ces cartes sont établies essentiellement à l'aide de données fournies par des satellites qui sont analysées et utilisées dans des modèles mathématiques de prévisions mais également à l'aide de ballons-sondes.



(a) Satellite météorologique (Meteosat-12)



(b) Ballon-sonde

**Figure 28 – Outils pour établir les cartes TEMSI**

Un exemple de carte TEMSI est donné sur la figure 29.

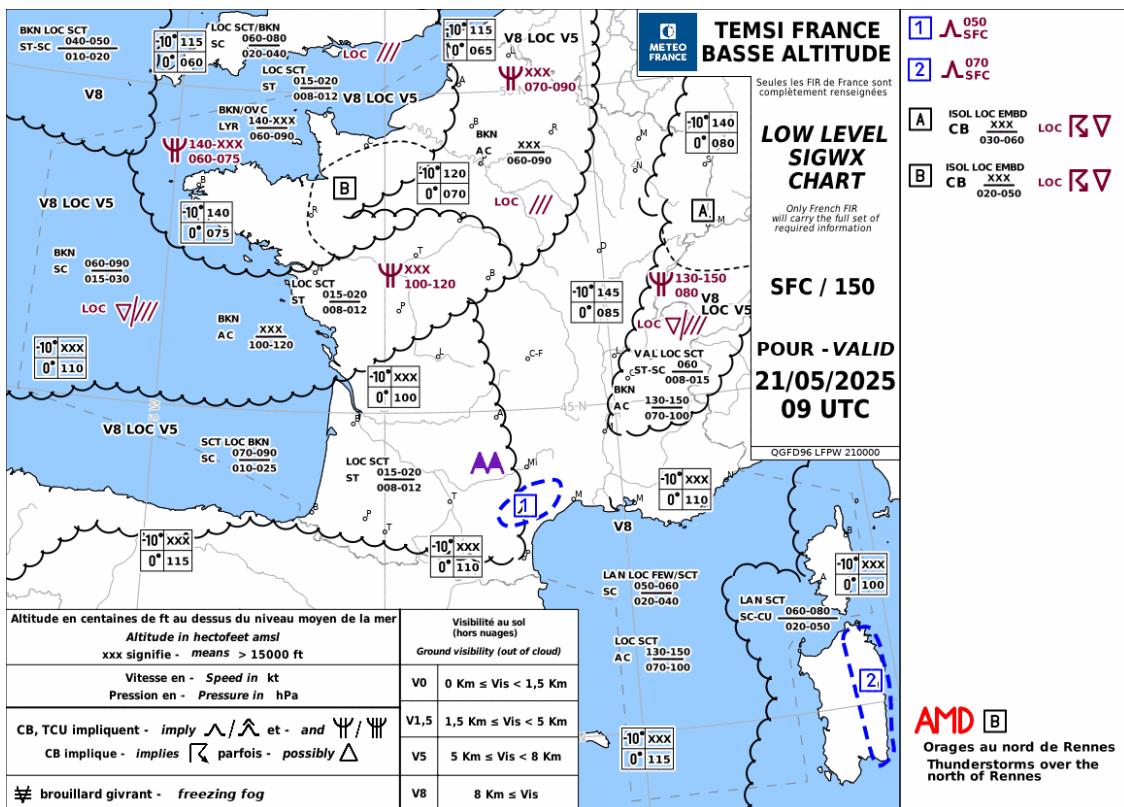


Figure 29 – Carte du temps significatif du mercredi 21 mai 2025 à 9 heures UTC.

### Délimitation des zones



Les lignes festonnées décrivent les limites des zones de temps significatif



Les lignes fines discontinues décrivent les limites des sous zones à l'intérieur d'une zone festonnée



Les lignes épaisses discontinues décrivent les limites des zones de turbulence ou les limites des zones de grande étendue de vent supérieur à 30 kt



Une lettre entourée d'un carré renvoie aux conditions qui règnent dans la sous zone (en plus de celles déjà décrites dans la zone festonnée directement)



Un chiffre entouré d'un carré peut renvoyer à une légende indiquant les caractéristiques de la zone de turbulence et/ou de la zone de grande étendue de vent supérieur à 30 kt

### Isotherme 0 °C et –10 °C

-10°	115
0°	060

Les isothermes 0 °C et –10 °C sont décrites sur la carte TEMSI. Elles sont données en centaines de pieds au dessus du niveau moyen de la mer.

Si la température au sol est déjà négative, l'isotherme 0 °C est notée au niveau de la surface avec l'abréviation SFC. Si les isothermes sont situées à un niveau supérieur à la couverture verticale de la carte, elles sont indiquées avec l'abréviation XXX.

*Abréviations pour cumulonimbus et tower cumulus*

**ISOL** : les CB ou TCU sont séparés de la couche et la couche présente une couverture spatiale maximale inférieure à 50 % de la zone concernée.

**OCNL** : les CB ou TCU sont occasionnels et la couche présente une couverture spatiale maximale comprise entre 50 et 75 % de la zone concernée.

**FRQ** : les CB ou TCU sont fréquents et la couche présente une couverture spatiale maximale supérieure à 75 % de la zone concernée.

**EMBD** : les CB sont noyé(s) dans la masse nuageuse. Cette abréviation n'est pas utilisée pour les TCU.

*Abréviations de la quantité de nuages (autres que CB et TCU)*

**FEW** : peu de nuages, 1 à 2 octas

**SCT** : nuages épars (scattered), 3 à 4 octas

**BKN** : nuages morcelés (broken), 5 à 7 octas

**OVC** : ciel couvert (overcast), 8 octas

**LYR** : nuages en couche ; abréviation utilisée lorsque deux ou plusieurs types de nuages stratiformes s'étagent à des niveaux différents entre la base et le sommet de la couche décrite.

*Symboles et localisation du temps significatif*

///	Pluie	~~~~	Fumée de grande étendue
,	Bruine		Givrage modéré
∞	Pluie se congelant		Givrage fort
*	Neige	~~~	Turbulences modérées
▽	Averses	~~~~~	Turbulences fortes
△	Grêle	~~~~~	Ligne de grains forts
==	Brume	↖	Orages
=====	Brouillard de grande étendue	○	Onde orographique
=====	Brouillard givrant	▲▲	Obscurcissement des montagnes

Figure 30 – Symboles du temps significatif.

**COT** : sur la côte  
**LAN** : à l'intérieur de terres  
**LOC** : localement  
**MAR** : en mer

**MON** : au-dessus des montagnes  
**SFC** : en surface  
**VAL** : dans les vallées

Figure 31 – Localisation du temps significatif.

*Visibilité de surface*

**V0** : visibilité inférieure à 1,5 km

**V1,5** : visibilité comprise entre 1,5 et 5 km

**V5** : visibilité comprise entre 5 et 8 km

**V8** : visibilité supérieure à 8 km

### Représentation des fronts et des vents forts de surface

- Front froid en surface
- Front chaud en surface
- Projection en surface du front occlus
- Front quasi-stationnaire
- La flèche indique le sens de déplacement du front
- Déplacement lent
- Le chiffre donne la vitesse de déplacement du front en kt
- Vent de surface fort de grande étendue (vitesse supérieure à 30 kt)

### 5.1.2. La carte des vents

La carte \_\_\_\_\_ est une carte de prévision de vent (**WIND**) et de températures (**TEM**perature) pour divers niveaux de vol (FL) : 20, 50 et 100 pour la carte WINTEM FRANCE.

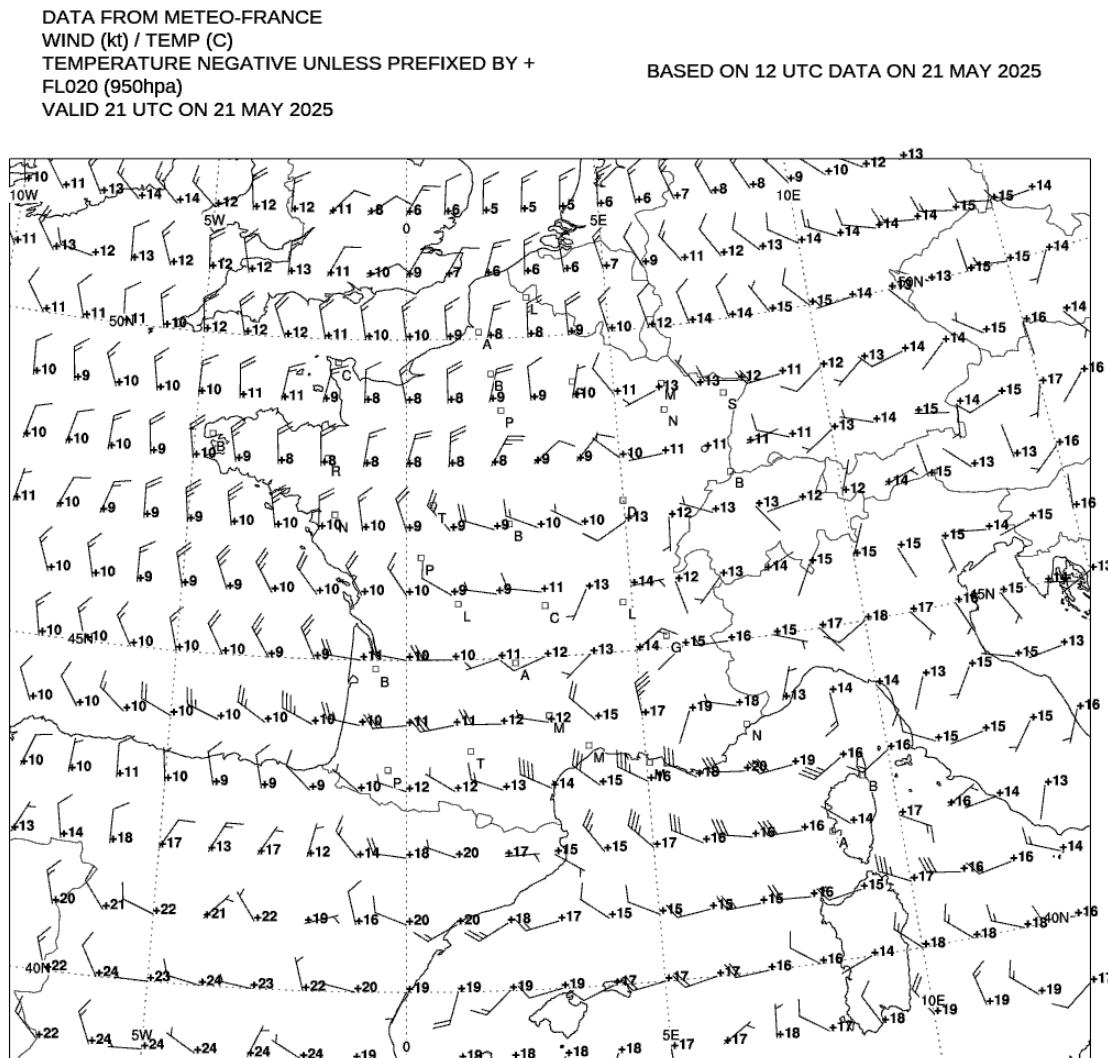
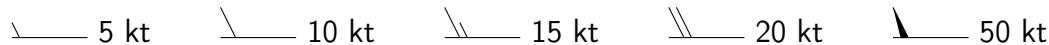


Figure 32 – Extrait de la carte WINTEM du mercredi 21 mai 2025 à 21 h UTC.

La carte WINTEM est éditée toutes les trois heures à partir de 0000z.

Comme son nom l'indique, cette carte contient deux informations :

- la température exprimée en degrés Celsius, avec le signe + devant les températures positives ;
- le vent en nœud, pour lequel la hampe indique la direction d'où vient le vent et les barbules indiquent la vitesse en nœud selon le code suivant :



## 5.2. Les messages météorologiques

Les messages météorologiques sont de deux types :

- les messages \_\_\_\_\_ sont des messages d'observation décrivant le temps présent aux abords d'un aérodrome ;
- les messages \_\_\_\_\_ sont des messages de prévision du temps aux abords d'un aérodrome (**Terminal Area Forecast**).

Ces messages ont toujours une structure identique que nous allons décrire dans les parties suivantes.

Ils sont généralement établis à l'aide de station météorologiques placées sur les aérodromes comme la figure suivante :



**Figure 33 – Station météorologique**

### 5.2.1. Les messages METAR

Les messages METAR, de l'anglais **MET**eorological **Aerodrome R**eport, décrivent le temps présent au voisinage d'un aérodrome. On donne ci-dessous un exemple de message METAR :

METAR: LFPO 101300Z 27010KT 5000 +SHRA SCT005 11/10 Q1015 NOSIG=

Leur structure est toujours identique et comporte les éléments suivants :

**METAR** : l'identification du type de message ;

**LFPO** : l'identification de la station, ici Paris Charles de Gaulle ;

**101300Z** : l'heure de l'observation, ici le 21 à 22 h 30 UTC ;

**27010KT** : la provenance et la vitesse du vent, ici vent du 280° pour 6 kt ;

**5000** : la visibilité exprimée en m, ici 5 km ; 9999 étant utilisé pour indiquer une visibilité supérieure à 10 km ;

**+SHRA** : le temps présent, ici des averses de forte pluie ; les autres éléments étant décrits dans la table 1 ;

**SCT005** : la nébulosité dont la hauteur de la base est donnée en centaine de pieds, ici des nuages épars dont la base est à une hauteur de 500 ft ; éventuellement répété si plusieurs couches sont présentes ;

**11/10** : les températures de l'air et du point de rosée, ici une température de 11 °C et un point de rosée de 10 °C ;

**Q1015** : la pression atmosphérique en hPa, ici 1015 hPa ;

**NOSIG** : les évolutions prévues dans les deux heures à venir, ici pas d'évolution prévue. Si une évolution est prévue, elle est introduite par le mot clé BECMG (becoming, devenant). Elle présente alors la même structure que le message principal, à savoir : provenance et vitesse du vent, visibilité, temps présent, nébulosité, températures (chaque groupe pouvant être omis s'il n'évolue pas).

**Table 1 – Temps présent**

Qualificatifs		Phénomènes météorologiques			
Intensité ou proximité	Description	Précipitations		Obscurcissement	
+ faible	<b>MI</b> mince	<b>DZ</b>	bruine	<b>BR</b>	brume
- forte	<b>BC</b> bancs	<b>RA</b>	pluie	<b>FG</b>	brouillard
<b>VC</b> au voisinage	<b>SH</b> averse	<b>SN</b>	neige	<b>FU</b>	fumée
	<b>TS</b> orage	<b>GR</b>	grêle	<b>DU</b>	poussières
	<b>FZ</b> se congelant	<b>CAVOK</b>		<b>SA</b>	sable
		visibilité supérieure à 10 km, pas de nuages en dessous de 5000 ft et pas de TCU, CB ni précipitations			

**Remarque :** L'ATIS (Automatic Terminal Information Service) est un système automatisé utilisé dans les aéroports pour transmettre en continu des informations essentielles aux pilotes, notamment les conditions météorologiques. Il diffuse les données METAR, qui sont des rapports d'observations météorologiques aéronautiques standardisées, contenant des informations sur la visibilité, la couverture nuageuse, la température, le vent, la pression atmosphérique, et d'autres phénomènes significatifs. Ces informations sont mises à jour régulièrement (généralement toutes les heures ou en cas de changement notable) et transmises via une fréquence radio VHF dédiée, ou parfois par liaison de données. En écoutant l'ATIS avant d'entrer en contact avec la tour de contrôle, les pilotes prennent connaissance des conditions actuelles, ce qui permet de réduire la charge de travail des contrôleurs aériens et de fluidifier les communications. L'identifiant de l'ATIS (une lettre de l'alphabet) change à chaque mise à jour pour assurer que les pilotes disposent bien de la dernière information disponible. L'ATIS sera abordé dans la partie réglementation.

### 5.2.2. Les messages TAF

Les messages TAF, de l'anglais **Terminal Area Forecast**, décrivent le temps prévu au voisinage d'un aérodrome. On donne ci-dessous un exemple de message TAF :

TAF: LFPO 160500Z 1606/1712 27010G25KT 4000 TSRA BKN030CB TXM01/1614Z  
TNM12/1707 PROB40 TEMPO 1705/1709 0500 FZFG=

Leur structure est toujours identique et comporte les éléments suivants :

**TAF** : l'identification du type de message ;

**LFPO** : l'identification de la station ;

**160500Z** : le jour et l'heure de la prévision, ici le 16 à 5 h UTC ;

**1606/1712** : la période de validité de la prévision, ici du 16 à 6 h UTC au 17 à 12 h UTC ;

**27010G25KT** : la provenance et la vitesse du vent, on ajoute ici par rapport à l'exemple donné dans le METAR l'information G25 correspondant à la vitesse des rafales (gust) ;

**4000** : la visibilité exprimée en m ;

**TSRA** : le temps présent, ici des orages avec pluie, conformément à la table 1 ;

**BKN030CB** : la nébulosité, ici une couche morcelée de cumulonimbus dont la base est à une hauteur de 3000 ft ;

**TXM01/1614Z** : la température maximale de  $-1^{\circ}\text{C}$  prévue le 16 à 14 h UTC ;

**TNM12/1707** : la température minimale de  $-12^{\circ}\text{C}$  prévue le 17 à 7 h UTC ;

**PROB40 TEMPO 1705/1709 0500 FZFG** : un groupe d'évolution indiquant les changements météorologiques à prévoir, ici une probabilité de 40 % d'avoir le 17 entre 5 h UTC et 9 h UTC une visibilité de 500 m et du brouillard givrant. Un message TAF peut contenir autant de groupes d'évolutions que nécessaire, chaque groupe d'évolution possède une structure similaire à la partie principale (les éléments pouvant être omis) à savoir, après l'identification de la période de validité du groupe d'évolution ; provenance et vitesse du vent, visibilité, temps présent, nébulosité.

#### Exercice 4

Interpréter les messages METAR et TAF proposées ci-dessous.

METAR LFPO 031100Z 18008KT 2000 BCFG BR OVC002 03/02 Q1022=

METAR LFMP 191900Z AUTO 04011KT 9999 FEW011 23/19 Q1016 BECMG OVC008=

TAF LFPG 251700Z 2518/2618 28008KT CAVOK BECMG 2600/2602 BKN012  
PROB30 TEMPO 2603/2608 BKN005=

TAF LFLY 251700Z 2518/2618 28008KT CAVOK TX22/2612Z TN10/2607Z=

### 5.2.3. Les messages SIGMET

Ce type de message est à la limite du programme du BIA.

Les SIGMET (SIGnificant METeorological information) sont des messages d'alerte météorologique destinés aux aéronefs en vol ou au sol. Émis par un Centre de Veille Météorologique (CVM) pour une région d'information de vol (FIR/UIR), ils signalent des phénomènes dangereux pour la sécurité aérienne comme les orages, la turbulence sévère, le givrage, les cendres volcaniques ou les cyclones tropicaux.

Il existe trois types de SIGMET :

- SIGMET WS pour les phénomènes météorologiques en route (CB, TS, TURB, ICE, etc.),
- SIGMET VA/WV pour les cendres volcaniques,
- SIGMET TC/WC pour les cyclones tropicaux.

Chaque SIGMET commence par une en-tête précisant la FIR concernée, la période de validité (max 4h pour WS, 6h pour WV/TC), et le centre émetteur. Le message indique si le phénomène est observé (OBS) ou prévu (FCST), ainsi que sa localisation (coordonnées ou repères géographiques), son altitude (niveau de vol ou couche), son mouvement (direction, vitesse) et son évolution (s'intensifie, faiblit ou stable).

Pour les SIGMET VA, on précise le nom du volcan (si connu), sa position (avec LOC), le nuage de cendres (VA CLD), son observation (source et heure) et sa répartition verticale et horizontale. Si le nuage affecte plusieurs FIR, plusieurs SIGMET doivent être émis.

Voici un exemple de SIGMET :

```
LFEE SIGMET 2 VALID 161400/161800 LFPW-
LFEE REIMS FIR/UIR SEV TURB FCST 0
E OF LINE N4630 E00500 - N4900 E00700 TOP FL280 STNR INTSF
```

Il s'agit du 2nd SIGMET du 16 du mois, pour la FIR de REIMS.

Il est prévu de la turbulence sévère à l'Est d'une ligne 46 degrés 30 minutes Nord , 5 degrés Est, et 49 degrés Nord, 7 degrés Est.

Le sommet de la zone de turbulence est prévu au niveau de vol 280 ; cette zone sera géographiquement stationnaire, et le phénomène s'intensifiera.

**Remarque :** La liaison Datalink est un système de communication numérique utilisé par les aéronefs de ligne pour échanger automatiquement des données avec les centres de contrôle aérien, les compagnies aériennes ou les stations météo, sans passer par la voix radio. Ce système permet notamment la réception de messages tels que les SIGMET, METAR, TAF, ou les climb/descent clearances, via des protocoles comme ACARS (Aircraft Communications Addressing and Reporting System) ou CPDLC (Controller-Pilot Data Link Communications). Il améliore la sécurité et l'efficacité des opérations en réduisant la charge de travail des pilotes et en assurant une transmission claire, rapide et sans erreur des informations critiques, même dans des zones à forte densité de trafic ou mal couvertes par la radio.



Figure 34 – Exemple de récepteur Datalink

Les aéronefs ne se contentent pas de recevoir des informations météo : ils en transmettent également. En vol, les équipages peuvent effectuer des signalements météorologiques (AIREP ou PIREP) pour rapporter des phénomènes observés tels que des turbulences, du givrage ou des orages. Ces rapports, transmis aux services de la circulation aérienne, sont essentiels pour affiner les prévisions et compléter les données issues des stations au sol ou des satellites.