



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
Brume &
Brouillard
Givre
Services météo

Frontologie – Les fronts chauds

Evolution des paramètres météo au passage d'un front chaud:

FRONT CHAUD			
Paramètre	Avant	Pendant	Après
Vent	Sud ou sud-ouest forcissant	Sud-ouest stable ou forcissant	Direction changeant un peu. Reste fort
Température	En augmentation	En augmentation	Stationnaire
Pression	Baisse rapide	Stationnaire	Baisse possible
Nébulosité	Ci, Cs, As, Ns	As, Ns, Sc	St, Sc
Précipitations	Pluie continue	Pluie	Bruine, averses possibles
Visibilité	Mauvaise	En amélioration	Assez mauvaise

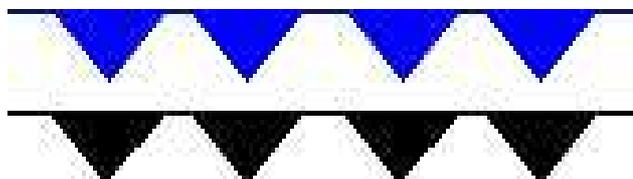


Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
Brume &
Brouillard
Givre
Services météo

Frontologie – Les fronts froids

- Le **front froid** est la surface de séparation entre une masse d'air chaud et une masse d'air froid le repoussant
- Il y a un **front froid** à la fin d'une perturbation
- Le front est incliné vers l'arrière dans le sens de déplacement de la perturbation
- Le front froid avance rapidement et son étalement horizontal est donc assez limité mais il est souvent très actif
- Sur les cartes météo il est représenté par un trait sur lequel sont dessinés des triangles pointant dans le sens de progression du front. Si la carte est en couleur, le **trait et les triangles sont bleus**



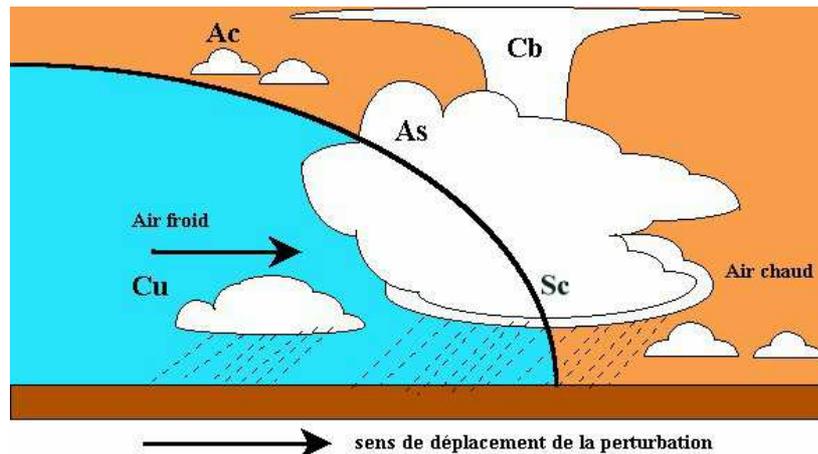


Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
Brume &
Brouillard
Givre
Services météo

Frontologie – Les fronts froids

- L'arrivée du front froid est marquée par une reprise de la convection.
- Lorsque le front avance, on voit se développer des **altocumulus**, **altostratus** et des **cumulus congestus** ou des **cumulonimbus** si le front est très actif.
- Des précipitations apparaissent avec parfois des orages. Des stratocumulus et des stratus complètent les nuages dans l'étage inférieur.
- Lorsque la trace au sol est passée, nous sommes dans la traîne de la perturbation



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
Brume &
Brouillard
Givre
Services météo

Frontologie – Les fronts froids

Evolution des paramètres météo au passage d'un front froid:

FRONT FROID		
Paramètre	Pendant	Après
Vent	Passé Ouest ou Nord-Ouest en rafales	Passé au Nord en faiblissant
Température	Baisse rapide	Stationnaire ou baisse
Pression	Augmente rapidement	Augmente lentement
Nébulosité	St, Cu, Sc, Cb	Cu
Précipitations	Averses et orages	Averses



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.

Température

Humidité de l'air

Vent

Nuages

Masses d'air

Frontologies

Turbulences

Orages

Brume &
Brouillard

Givre

Services météo

Frontologie – L'occlusion

- **L'occlusion** est une zone où le front froid rejoint le front chaud
- Elle marque le début de la désagrégation de la perturbation car la dépression se comble alors
- Le temps est perturbé à plus longue échéance qu'avec un front
- Il existe des occlusion à caractère froid (le front froid passe sous le front chaud) ou à caractère chaud (le front froid passe au dessus du front chaud dans son élan)
- Elles se représentent comme indiqué ci-dessous sur les cartes météo :



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.

Température

Humidité de l'air

Vent

Nuages

Masses d'air

Frontologie

Turbulences

Orages

Brume &
Brouillard

Givre

Services météo

Les turbulences

- Dans les cumulonimbus, les courants de convections sont si violents que les aéronefs peuvent être soumis à des contraintes dépassant leurs limites.
 - De violentes turbulences peuvent être rencontrées lorsqu'un vent aborde des reliefs. Dans les rotors les turbulences peuvent engendrer une perte de contrôle.
 - Il est possible de rencontrer des turbulences en air clair : **CAT** (Clear Air Turbulence) survenant en haute altitude dans des zones de fort gradient de température et de pression
 - **Les grains (fortes averses)** : obligent le pilote à voler très bas avec une visibilité médiocre. Risques de collision avec le sol ou des obstacles élevés.
 - **Les averses de neige** : même problème, il peut s'ajouter un risque de givrage (accumulation de glace en certains endroits de la cellule ou des moteurs).
 - **Le verglas** : gros risques de fort givrage
- ➔ **Le pilote doit toujours s'informer de l'évolution de la météo pour contourner les zones dangereuses et s'il le faut, en cas d'aggravation, se dérouter ou faire demi-tour**

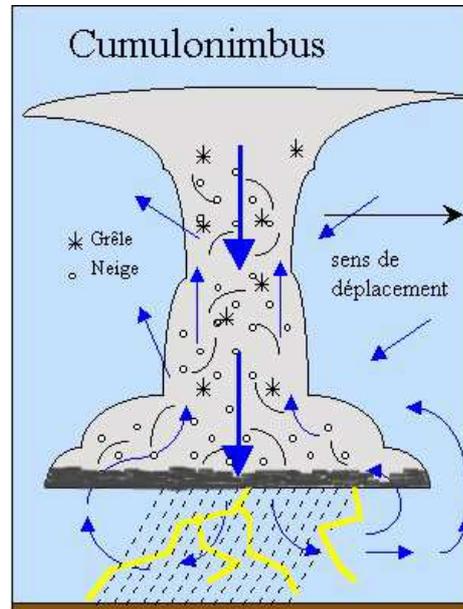


Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
Brume &
Brouillard
Givre
Services météo

Les orages

- Les orages se forment au sein des **cumulonimbus**
- Ces nuages à très grand développement vertical résultent de mouvements de convection très puissants



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
Brume &
Brouillard
Givre
Services météo

Les orages

- Ils peuvent se développer sous le fait d'un très grand échauffement du sol les journées d'été. Ils sont alors **isolés** et éclatent **en fin d'après-midi** la plupart du temps
- Ils peuvent également se former dans les fronts **froids** des perturbations lorsque l'air chaud et humide est fortement soulevé par l'air froid qui le pousse. Ils forment dans ce cas une **barrière** de cumulonimbus noyée dans la masse
- Leur force et leur fréquence diminuent lorsque l'on se déplace de l'équateur vers les pôles
- Ils y sont d'ailleurs inexistants car il n'y a ni la chaleur ni l'humidité nécessaire au développement des cumulonimbus
- **En fin d'orage, le cumulonimbus se désagrège**
- C'est un système si puissant qu'il est impossible de le régénérer comme dans le cas des autres nuages donnant lieu à des précipitations
- Leur durée va de **quelques minutes à quelques dizaines de minutes** mais les précipitations qui les accompagnent sont très violentes et très dangereuses pour les aéronefs



Préparation au
BIA-CAEA

- Pression Ath.
- Température
- Humidité de l'air
- Vent
- Nuages
- Masses d'air
- Frontologie
- Turbulences
- Orages**
- Brume & Brouillard
- Givre
- Services météo

Les orages

- D'autre part au **sein du nuage** lui même, on rencontre non seulement de la **pluie** mais aussi de la **neige** et de la **grêle**
- Il est possible de rencontrer des grêlons de plusieurs dizaines voire centaines de grammes. Le record enregistré atteint le kilogramme !
- De tels **météores** font autant de dégâts sur un aéronef que des projectiles de DCA de petit calibre...
- Le **bas du nuage** se charge **négativement** tandis que le **haut** se charge **positivement**
- **Quand les charges sont très importantes, il se produit une décharge violente accompagné d'un phénomène lumineux (éclair ou foudre) et d'un phénomène acoustique (tonnerre)**
- Cette décharge peut avoir lieu entre la base du nuage et le sol (éclair de trait) ou entre la base et le sommet du nuage (éclair de masse).
- Un avion atteint par la foudre peut voir certaines parties de sa structure endommagées ou certains de ces instruments et circuits électriques mis hors service
- **Il est donc primordial de ne pas voler dans ou sous les cumulonimbus pour éviter tous les risques liés à l'orage**



Préparation au
BIA-CAEA

- Pression Ath.
- Température
- Humidité de l'air
- Vent
- Nuages
- Masses d'air
- Frontologie
- Turbulences
- Orages
- Brume & Brouillard**
- Givre
- Services météo

Brumes & Brouillards

- Le **brouillard** est une **suspension de fines gouttelettes d'eau** réduisant la visibilité à moins d'1 Km. La **brume**, moins intense, laisse une visibilité réduite à moins de 5km, mais supérieure à 1 Km.
 - Les conditions favorables à la formation de brouillard sont :
 - ✓ **pression élevée**
 - ✓ **température en rapide diminution le soir**
 - ✓ **forte humidité**
 - ✓ **pas ou peu de vent**
- 

Brume



Brouillard
- La **brume** peut se former en pleine journée s'il fait très chaud et très humide. De l'eau se condense en faible quantité sur de grandes étendues et donne une impression de voile.
 - La visibilité est alors réduite, parfois de façon importante. Bien qu'il fasse beau depuis le sol, les conditions en vol ne sont pas très favorables en basse altitude.
 - Il existe une **brume sèche**, avec des poussières en suspension
 - Ils se notent par deux ou trois traits horizontaux sur les cartes météo



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.

Température

Humidité de l'air

Vent

Nuages

Masses d'air

Frontologie

Turbulences

Orages

**Brume &
Brouillard**

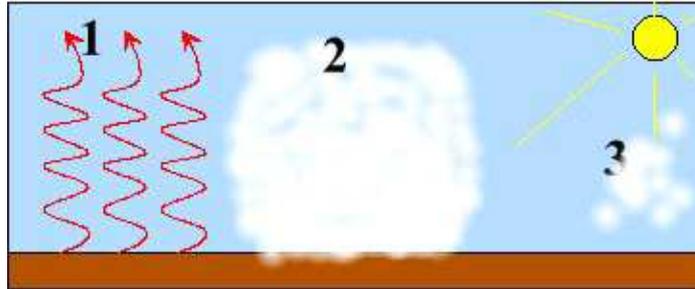
Givre

Services météo

Les types de brouillards

Le brouillard de radiation:

- apparaît la nuit lorsque l'air est très **humide**, qu'il n'y a pas **de vent** et que **la température** chute rapidement.
- En se dissipant, il peut donner naissance à des stratus



1. Si le ciel est dégagé, le sol perd rapidement la chaleur qu'il a emmagasinée dans la journée par radiation
2. Cela entraîne une diminution rapide de la température de l'air humide. On atteint alors le point de rosée et des gouttelettes d'eau se condensent en formant un brouillard au niveau du sol
3. Dans la matinée, le soleil réchauffe le sol et l'air à son contact se réchauffe à son tour. Le brouillard se dissipe



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.

Température

Humidité de l'air

Vent

Nuages

Masses d'air

Frontologie

Turbulences

Orages

**Brume &
Brouillard**

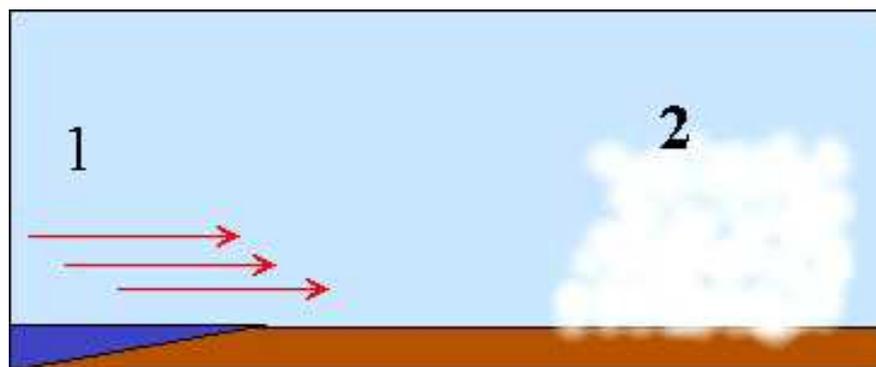
Givre

Services météo

Les types de brouillards

Le brouillard d'advection:

- se forme lorsqu'une masse d'air chaud et humide est poussée par un vent faible sur un sol plus froid (1)
- Dans son déplacement l'air se refroidit et finit par atteindre son point de rosée (2).
- Il y a alors condensation d'un brouillard qui se déplace avec le vent
- Ce type de brouillard apparaît suite à des entrées maritimes en hiver ou au printemps.





Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.

Température

Humidité de l'air

Vent

Nuages

Masses d'air

Frontologie

Turbulences

Orages

**Brume &
Brouillard**

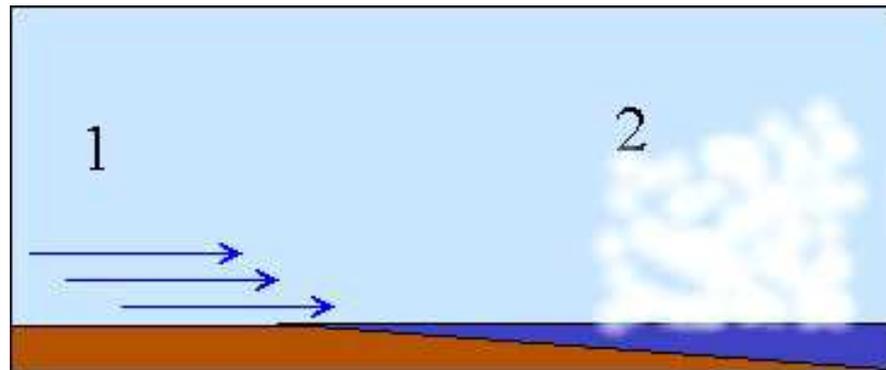
Givre

Services météo

Les types de brouillards

Le brouillard d'évaporation:

- se forme sur les grandes étendues d'eau avec un vent faible mais froid soufflant depuis la terre vers la mer
- Un vent faible mais froid souffle depuis la terre vers la mer (1). Cet air froid et sec se charge en humidité par **évaporation** de l'eau au-dessus de laquelle il passe
- Il atteint alors la **saturation** (point de rosée) et des gouttelettes d'eau se condensent au-dessus de la mer (2)



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.

Température

Humidité de l'air

Vent

Nuages

Masses d'air

Frontologie

Turbulences

Orages

**Brume &
Brouillard**

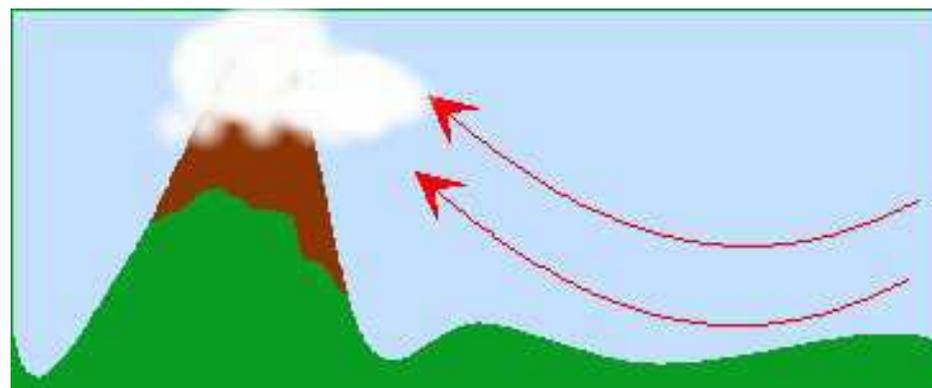
Givre

Services météo

Les types de brouillards

Le brouillard de pente

- Dans les régions présentant un relief marqué, il se forme le long des pentes et laissant la vallée dégagée
- Cela se produit lorsqu'un vent faible pousse de l'air chaud et humide provenant de la vallée à l'assaut du relief
- En s'élevant l'air se refroidit par détente adiabatique et atteint son point de condensation
- Un brouillard se condense alors le long de la pente





Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
**Brume &
Brouillard**
Givre
Services météo

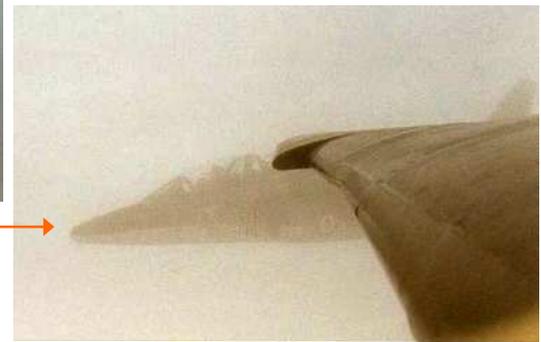
Les dangers du brouillard

Les dangers du brouillard

- La réduction de visibilité empêche tout vol à vue.
- Le sol n'est pas toujours visible et les obstacles de grandes dimensions verticales ne sont aperçus que trop tard pour être évités.
- En cas de brume, le vol IFR est possible, le VFR parfois (mais dangereux).
- Si le brouillard est givrant, on ajoute les risques liés au givre.



Alphajet en finale sur le terrain
de TOURS par temps brumeux



Alphajet en finale sur le terrain
de TOURS par temps brouillard



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
Brume &
Brouillard
Givre
Services météo

Le givre

- Le givre est un dépôt de glace qui se forme à la surface du sol ou des objets.
- Il peut être **transparent** ou **opaque**
- Sur les aéronefs il se formera en priorité sur les parties exposées au vent relatif et les éléments pointus
- Les risques de givrage sont notés sur les cartes météo. Ils sont évalués en fonction de leur intensité (faible, modéré ou fort) :



Faible

Modéré

Fort

- Les conditions de givrage faible se rencontrent dans les nuages **stables** et les **brouillards peu denses**.
- Celles de givrage modéré dans les nuages **instables** et les **brouillards denses**.
- Le givrage fort n'apparaît quasiment que dans les nuages **très instables** et avec les précipitations surfondues



Préparation au BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
Brume & Brouillard
Givre
Services météo

Le givre

Formation du givre

- Le givre qui peut se former sur un aéronef peut avoir plusieurs origines :
 - ✓ **solidification** d'eau présente sur l'aéronef au sol
 - ✓ dépôt sur les parties froides par **condensation solide** de la vapeur d'eau contenue dans l'air
 - ✓ solidification des gouttelettes d'eau formant **les nuages**

Les effets du givrage:

- conséquences sur la cellule et sur les moteurs :
 - ✓ **givrage faible** : pas de réel danger si on prend les mesures pour éviter qu'il ne s'aggrave
 - ✓ **givrage modéré** : contrôlé par les dispositifs antigivrage des aéronefs
 - ✓ **givrage fort** : danger !



Préparation au BIA-CAEA

Pression Ath.
Température
Humidité de l'air
Vent
Nuages
Masses d'air
Frontologie
Turbulences
Orages
Brume & Brouillard
Givre
Services météo

Les types de givre

Classification du givre : le givre est classé selon deux critères : **son intensité et son aspect**. Les deux étant souvent liés.

- **La gelée blanche**
 - ✓ condensation directe de l'état **gazeux** à l'état solide
 - ✓ survient au sol ou en vol hors nuage
 - ✓ givrage faible gênant la visibilité à travers le pare-brise
- **Le givre blanc**
 - ✓ solidification rapide de gouttelettes en **surfusion**
 - ✓ survient en milieu nuageux instable et le dépôt peut être rapidement important
- **Le givre transparent**
 - ✓ solidification lente de gouttelettes en surfusion
 - ✓ survient en milieu nuageux généralement **instable** (entre **0 et -15°C**).
 - ✓ formation lente avec étalement du dépôt
 - ✓ très dangereux car transparent (détection **tardive**)
- **Le verglas**
 - ✓ congélation d'une pluie ou d'une brume surfondue à l'impact avec le sol ou un obstacle
 - ✓ dépôt transparent se formant très rapidement sur **toute la surface** de l'avion
 - ✓ L'**épaisseur** peut très vite être importante



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.

Température

Humidité de l'air

Vent

Nuages

Masses d'air

Frontologie

Turbulences

Orages

Brume &

Brouillard

Givre

Services météo

Les effets du givre

➤ Les effets sur la cellule :

- ✓ augmentation de la masse de l'appareil
- ✓ déformation du profil aérodynamique par le dépôt de givre (diminution des performances)
- ✓ mise hors service des instruments par givrage des sondes (tube de Pitot, prises statiques,...)
- ✓ perturbation des moyens radionav par givrage des antennes
- ✓ risques de blocage des parties mobiles (gouvernes, volets, becs, train d'atterrissage)
- ✓ visibilité nulle à travers le pare-brise

➤ Les effets sur les moteurs :

- ✓ givrage carburateur sur les moteurs à pistons (baisse de puissance ou arrêt moteur)
- ✓ baisse de rendement de l'hélice
- ✓ givrage des entrées d'air des réacteurs (baisse de rendement)
- ✓ passage de glace dans les réacteurs (détachement dans l'entrée d'air puis aspiration par le moteur. Dommages possible au compresseurs ou extinction due à la glace dans la chambre de combustion)



Préparation au
BIA-CAEA

Pression Ath.

Température

Humidité de l'air

Vent

Nuages

Masses d'air

Frontologie

Turbulences

Orages

Brume &

Brouillard

Givre

Services météo

Les effets du givre

- Pour lutter contre le givrage, la meilleure solution est **d'essayer de l'éviter** en évoluant le moins possible en conditions givrantes
- Pour éviter de givrer l'appareil dans les nuages, il existe des dispositifs permettant de dégivrer les bords d'attaque des ailes, de réchauffer les sondes de mesure ou les antennes et les pare-brises