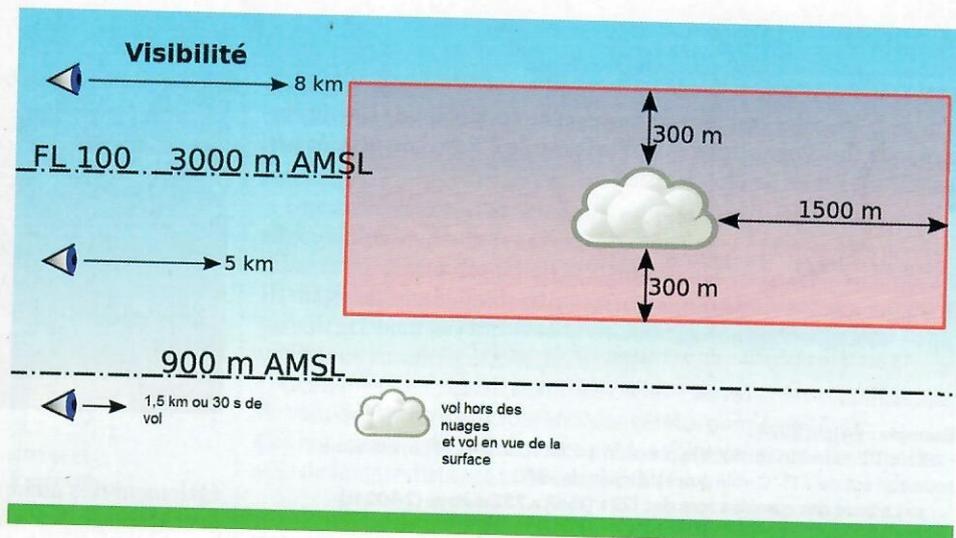


**Figure 3.** Schéma de séparation avec les nuages, conditions de VMC ou "Visual Meteorological Conditions".



**Les risques :** la densité des gouttelettes qui composent ces nuages provoque une réduction importante de la visibilité. Les obstacles tels que les éoliennes, les lignes à haute tension, les antennes radioélectriques et les reliefs deviennent invisibles au sein de ces nuages bas et sont un danger permanent pour le VFR (*figure 4*).



**Figure 4.** Relief noyé par des stratus.

Au sein d'un système perturbé et/ou poussés par le vent, ces nuages peuvent circuler rapidement d'un endroit à un autre (advection). C'est souvent le cas des entrées maritimes le long des côtes, ou des brouillards d'advection sur le continent. Ils recouvrent et bouchent le ciel en quelques minutes (*figure 5*). Le vol devient impossible et dangereux.



**Figure 5.** Advection (déplacement) rapide de stratus.

Même si parfois, il est possible de voler au-dessus de ces nuages bas dans le cas d'un vol "on top", il faut être sûr d'avoir préparé un déroutement ou d'avoir prévu de faire demi-tour (cas des stratus de vallée). Le meilleur des cas est de s'assurer qu'en vol l'arrière de la couche et le terrain de destination sont dégagés ou en vue.

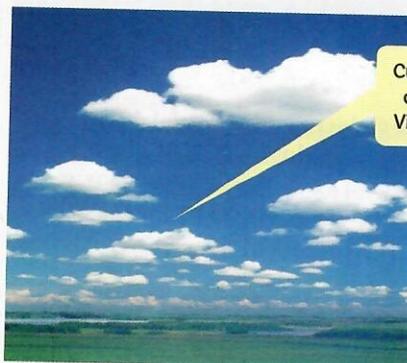
Ces conditions délicates pour le VFR se rencontrent surtout en automne et en hiver au passage du front chaud et du secteur chaud d'une perturbation.

On les repère également souvent plutôt en été autour des orages. Ils forment une couronne de basse couche sous les Cb(s), lieu où les mouvements rotatifs et tourbillonnants sont violents. Les courants de densité et les cisaillements de vent génèrent une turbulence sévère jusqu'à plus de 10 nautiques (env. 20 km) autour du système nuageux.

• **Les cumulus :**

Ce sont des nuages instables par définition. Ils sont de deux types : les cumulus de beau temps et les cumulus pré-orageux de type TCU ("Tower Cumulus").

- **Les cumulus de beau temps** (*figure 6*) se forment et évoluent dans des conditions de beau temps principalement par situation anticyclonique. Ils se forment généralement au printemps et en été après la dissipation des brumes et/ou brouillards matinaux. Leur forme est caractéristique (petite balle de coton) et leur base est nette et bien horizontale. Leur évolution dépend de la température sous abri et



**Figure 6.** Cumulus "humilis".

de la température du point de rosée. Ainsi, on peut calculer la hauteur de la base des cumulus en fonction de l'évolution de la température sous abri. Pour cela on utilise la **formule d'Espy** très utilisée par les vélivoles et les météorologistes.

**Formule d'Espy:**  $H = 122 (T - T_d)$

H est la hauteur en mètres de la base des cumulus au-dessus du sol,  
T est la température sous abri en degrés Celsius et  
Td est la température du point de rosée en degrés Celsius.

**Exemple : en juin 2024 :**

- A 8 h UTC du matin sur Auch la pression est de 1030 hPa, la température sous abri est de + 15 °C et le point de rosée de +9 °C.

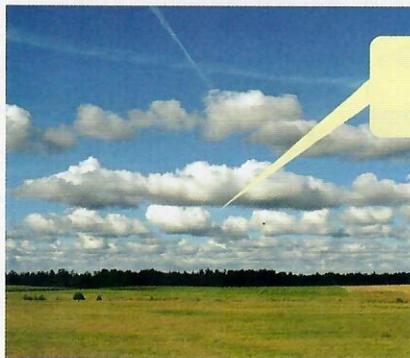
=> La base des cumulus sera de :  $122 \times (15 - 9) = 732$  mètres (2 402 ft)

- A 10 h UTC, la température sous abri est passée à +20 °C et le point de rosée est de +7 °C.

=> La base des cumulus sera passée à :  $122 \times (20 - 7) = 1586$  mètres (5 203 ft)

**Les risques :** Dans les conditions météorologiques estivales et anticycloniques, le vent est souvent à tendance nord (du nord-nord-ouest au nord-est) et transporte de l'air continental sec et chaud sur tout le pays. La visibilité est optimale et le vol VFR est excellent partout. La formation des petits cumulus marque la présence de quelques bulles de convection ou "pompes", très recherchées par les vélivoles. En général, en fin d'après-midi, la base des cumulus rattrape le sommet du nuage et celui-ci se dissipe. Le ciel redevient totalement clair.

Lorsque le vent est un peu plus soutenu au niveau de la formation des cumulus, il se forme souvent des "rues de nuages" (figure 7). Ces systèmes ne sont pas dangereux pour le VFR mais ils génèrent tout de même de la turbulence modérée. Mieux vaut passer très en dessous de ces nuages ou suffisamment au-dessus.



Organisation des cumulus en "rue de nuages"

Figure 7. Cumulus "médiocris" en "rue de nuages".

- **Les cumulus pré-orageux ou les cumulus de ciel de traîne (cumulus médiocris et "Tower Cumulus" – TCU).** Ces nuages instables sont assez gênants pour le VFR. Ils se forment dans une atmosphère chaotique, instable et turbulente. Ils évoluent très rapidement pour devenir des TCU ("Tower Cumulus") (figure 8).

**Les risques :** Ces nuages sont souvent accompagnés de fortes précipitations, d'orages et parfois de grêle ou du grésil entre le printemps et l'été. On les rencontre aussi en été par grande chaleur. Ils sont



Déclenchement de la convection modérée. La base et le sommet des nuages évoluent très rapidement

Figure 8. Cumulus TCU ("Tower Cumulus").

également très nombreux dans le ciel de traîne des perturbations. Seul avantage, la visibilité est en général assez bonne autour de ces nuages. Elle est très mauvaise en dessous de ceux-ci et à leur passage. Le vol VFR est assez délicat dans ces conditions instables et demande beaucoup de préparation et d'analyse de la part du pilote. Couplés au passage d'un front, ces nuages rendent impossible le vol VFR. En revanche, dans une traîne peu active, le contournement de ces nuages est tout à fait possible en toute sécurité, à distance de ceux-ci et s'ils ne sont pas trop nombreux. La visibilité est en général excellente et les plafonds s'élèvent nettement au fil des heures.

• **Les stratocumulus :**

Ce sont des nuages de l'étage inférieur avec des bases comprises entre la surface et 2 000/2 500 m de hauteur souvent associés à des conditions météorologiques stables. Cependant, leur stabilité dépend des conditions atmosphériques spécifiques. Ils sont généralement étalés horizontalement, souvent en couches et sans développement vertical significatif (figure 9).



Couche peu épaisse de stratocumulus avec des trouées de ciel clair.

Figure 9. Stratocumulus "stratiformis".

Dans certaines conditions, les stratocumulus peuvent être soumis à une légère instabilité locale. Le blocage du sommet des nuages par une inversion de température (couche d'air chaud au-dessus d'une couche d'air plus froid) limite les mouvements verticaux. Ces mouvements verticaux restent généralement limités, ce qui empêche ces nuages de devenir des cumulus ou des cumulonimbus (nuages typiques d'une instabilité marquée).

En résumé, les stratocumulus sont principalement associés à une atmosphère stable, mais des éléments locaux peuvent introduire une instabilité légère sans transformation en nuages plus convectifs.

**Les risques:** ces nuages stables dans la majorité des cas ne sont pas dangereux pour le VFR. Tout au plus, ils couvrent le ciel d'une grisaille persistante sous laquelle l'humidité peut devenir gênante pour la visibilité oblique en vol (figure 10). Dans le cas d'un vol "on top", il faut bien analyser la situation pour ne pas se confronter à une couche uniforme, compacte et bien soudée lors des phases de décollage et d'atterrissage. Les précipitations sont en général faibles, mais par températures négatives le givrage cellule peut intervenir à tout moment.



Couche uniforme et grise de stratocumulus.

Figure 10. Stratocumulus opacus.

### B) Les nuages de l'étage moyen

Ce sont des nuages dont la base évolue dans nos régions tempérées entre 2 000 et 6 000 mètres maximum au-dessus du niveau de la mer. Cette plage varie légèrement en fonction des latitudes, de 2 000 et 8 000 mètres dans les régions tropicales, de 2 000 et 4 000 mètres dans les régions polaires (les bases sont plus basses en raison des températures basses).

Parmi ceux-ci on trouve les **altocumulus** et les **altostratus**.

#### • Les altocumulus:

Ce sont en général des nuages assez petits, blancs ou gris précurseurs de l'arrivée d'une perturbation. On les observe sous forme fragmentée ou en petites "boules cotonneuses", mais également en couches uniformes.

**Les risques:** ces nuages ne sont pas dangereux pour le vol VFR, mais peuvent être précurseurs de l'arrivée d'une perturbation dans les heures à venir. Ils signalent également en été une atmosphère potentiellement instable et apparaissent sous forme de petites "balles nuageuses". En dessous de celles-ci, apparaissent des traînées qui n'atteignent pas le sol (figure 11). Ce sont des virgas, c'est-à-dire des précipitations qui s'évaporent lors de leur chute sans atteindre le sol. Souvent ce sont des cristaux de glace et parfois quelques



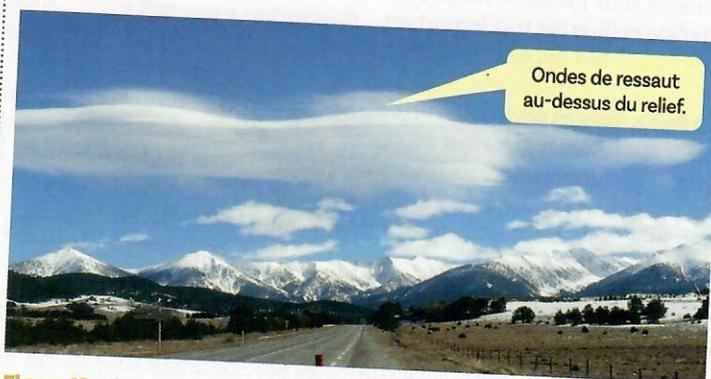
Virga sous les altocumulus.

Figure 11. Altocumulus "flocus" avec les "virgas".

flocons de neige en hiver. Le risque de givrage cellule est réel dans ces conditions mais il est très faible et peu durable. Une diminution d'altitude vers de l'air plus chaud suffit à faire disparaître ce givrage léger.

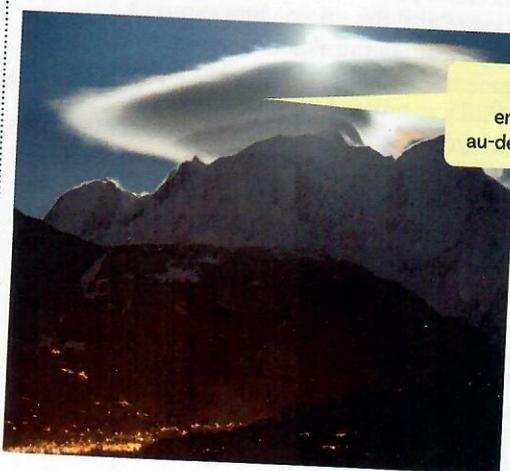
Une autre variété d'altocumulus est plus dangereuse. Ce sont les altocumulus lenticulaires (lenticularis) (figures 12 et 13). Ils apparaissent au-dessus des reliefs et signalent des vents forts en altitude. Ils matérialisent les ondes de ressaut sur les reliefs et les zones où la turbulence peut devenir sévère. Ils sont accompagnés également de nombreux rotors sous le vent du relief.

Ces zones sont signalées sur les cartes TEMSI et les cisaillements de vent qui s'y forment sont très dangereux pour le vol VFR. Ces zones sont très recherchées par les vélivoles pour effectuer des vols de longue distance et de longue durée.



Ondes de ressaut au-dessus du relief.

Figure 12. Altocumulus lenticulaire "lenticularis".



Altocumulus en "pile d'assiettes" au-dessus du mont Blanc.

Figure 13. Altocumulus lenticulaire sur le mont Blanc.

#### • Les altostratus:

Ce sont des nuages stables, gris ou bleutés qui couvrent souvent une grande partie du ciel, voire le ciel en totalité, laissant passer le soleil comme à travers un verre dépoli (disque lumineux pâle) (figure 14).

Ils sont composés de gouttelettes d'eau ou de cristaux de glace suivant les altitudes et les températures basses.

**Les risques:** les altostratus sont liés aux perturbations. Leur observation indique l'arrivée prochaine de la pluie ou de la neige continue. La base du nuage s'abaisse et s'épaissit au cœur d'un système

Vue du soleil  
au travers de la grisaille  
du nuage.



**Figure 14.**  
Altostratus (soleil visible comme au travers d'un verre dépoli).

perturbé, provoquant une réduction très nette des plafonds et de la visibilité oblique (en vol). En hiver, les précipitations se produisent sous forme de neige ou de pluie verglaçante. Le risque de givrage cellule est très important.

**C) Deux nuages particuliers: le nimbostratus et le cumulonimbus**

Ce sont deux nuages qui occupent la plupart du temps tous les étages de l'atmosphère de l'étage bas jusqu'à l'étage haut. Ainsi on peut observer des bases de ces nuages près de la surface et des sommets dépassant les 12 000 mètres suivant la saison et la latitude du lieu.

• **Le nimbostratus:**

Ce nuage est associé à une couverture nuageuse uniforme, grise et très épaisse. Il est accompagné de fortes précipitations sous forme de pluie ou de neige suivant la saison. Ces conditions peuvent avoir des implications importantes pour le vol à vue.

**Les risques:** les précipitations continues sous le nimbostratus réduisent dangereusement la visibilité, ce qui pose un problème majeur pour les vols VFR.

La base de ces nuages, généralement basse (entre 1000 et 3000 ft et parfois nettement plus bas) ne permet pas de réaliser des navigations VFR en toute sécurité. Dans ces conditions, il est difficile de rester hors des nuages surtout en montagne. Mieux vaut différer le vol.

Le nimbostratus étant un nuage de type stable, il n'y a pas de turbulence. Par contre, en hiver et aux intersaisons, les zones à températures négatives provoquent du givrage cellule, ce qui est très dangereux pour les petits aéronefs. Si les nimbostratus couvrent une large zone, il est préférable d'envisager de différer le vol ou de passer au vol aux instruments (IFR) si le pilote et l'aéronef sont qualifiés pour cela. En cas de conditions dégradées, mieux vaut se diriger vers un aéroport sûr.

• **Le cumulonimbus:**

C'est le nuage le plus dangereux pour le VFR. Il cumule tous les dangers des autres nuages. C'est un nuage de grande extension verticale souvent associé à des orages (figure 15). Les cumulonimbus (Cb(s)) sont des nuages puissants dont les trajectoires sont difficiles à prévoir. Ils doivent être pris très au sérieux par les pilotes VFR.

**Les risques:** les phénomènes météo associés au cumulonimbus sont de plusieurs catégories:

- les turbulences autour et à proximité du nuage sont fortes à sévères

- jusqu'à 10 nautiques (20 km) de distance (microburst et macroburst)\*;
- les courants ascendants et descendants sont puissants;
- les précipitations sont intenses avec de la pluie forte, parfois de la grêle ou du grésil (giboulées de mars ou orages d'été);
- ce sont les éclairs, le tonnerre, les orages, les rafales descendantes (microburst ou macroburst) qui accompagnent ces nuages;
- les cisaillements de vent en phase d'approche ou de décollage génèrent souvent des accidents graves.



Tête d'un cumulonimbus  
vue d'avion  
(en forme d'enclume).

**Figure 15.** Cumulonimbus "capillatus".

**Conseil:** un pilote VFR doit éviter à tout prix ces nuages car voler à proximité ou en dessous de celui-ci est extrêmement risqué, même pour les avions avec une instrumentation IFR. Il ne faut jamais tenter de forcer le passage sous un cumulonimbus en vol VFR car le danger est important (visibilité réduite, turbulences sévères, etc.) et le vol devient impraticable\*.

\* Un microburst est un phénomène météorologique dangereux où des courants descendants intenses se produisent sous un cumulonimbus. La distance d'influence d'un microburst autour d'un cumulonimbus peut varier mais, généralement, les effets peuvent être ressentis jusqu'à plusieurs kilomètres autour du nuage. Les vents descendants violents peuvent causer des rafales soudaines et extrêmement puissantes près du sol (150 à 180 km/h), affectant la sécurité des avions et des structures terrestres dans la zone touchée.

**III) Conclusion**

Les nuages font partie intégrale de la troisième dimension dans laquelle nous évoluons en vol VFR. Certains comme les stratus peuvent limiter la visibilité et créer une couche uniforme dont la pénétration est interdite. D'autres comme les cumulus peuvent provoquer des turbulences et des précipitations sous forme d'averses fortes. Et enfin les plus actifs, comme les cumulonimbus doivent être évités à tout prix, car ils sont associés à des conditions dangereuses (orage, rafale, foudre, grêle, cisaillement).

A l'inverse de ce qui précède, les cirrus, les altostratus, les cumulus et les stratocumulus sont des nuages nettement plus propices au vol VFR avec du plafond, de la visibilité et peu de turbulence.

En conséquence, le VFR exige une bonne connaissance des différents types de nuages. Ils donnent une indication sur la hauteur des bases nuageuses nécessaires à la navigation en plaine ou en montagne. ●