



PRESENTATION GENERALE

Ce fascicule est divisé en deux parties : la première décrit les phénomènes généraux qui composent le temps ,sans avoir la prétention d'être exhaustive .La deuxième s'attache surtout au codage et à l'utilisation de l'information météorologique dans un cadre d'activité qui est assez commun :l'aéronautique (Voyages ,loisirs) .

Contenu de la première section

- 1-La météo ,pour quoi faire ?**
- 2-Les Saisons**
- 3-La rotation de la Terre et ses conséquences**
- 4-Les couches atmosphériques**
- 5-L'atmosphère standard ,calages altimétriques**
- 6-Les éléments intervenants**
- 7-La température ,évolution sur une journée**
- 8-l'humidité**
- 9-Les masses d'air**
- 10-Les nébulosités**
- 11-Naissance ,vie et mort d'une perturbation**
- 12-Les météores**
- 13-L'orage**
- 14-Les courants marins**
- 15-Les vents locaux**
- 16-Météo marine et côtière**
- 17-Météo de montagne**
- 18-Cyclones et autres désagréments**

ANNEXES

1-La Météo ,pour quoi faire ?

Prévoir le temps a toujours été une des préoccupations majeures de l'humanité ,en effet ,sa survie dépend des caprices de la météo (bonnes ou mauvaises récoltes ,synonymes d'abondance ou de disette) .

Les sources :l'observation de la nature ,les interprétations physiques mécaniques et thermodynamiques des observations .D'une part ,pour l'interprétation de ce qui se passe ,d'autre part ,pour prévoir ce qui va se passer à plus ou moins court terme (la prévision) .
La prévision n'est pas une science divinatoire ,mais est basée sur des faits historiques des états ayant déjà existé dans le passé et ce qu'ils ont provoqué (statistiques) .

Météo et économie

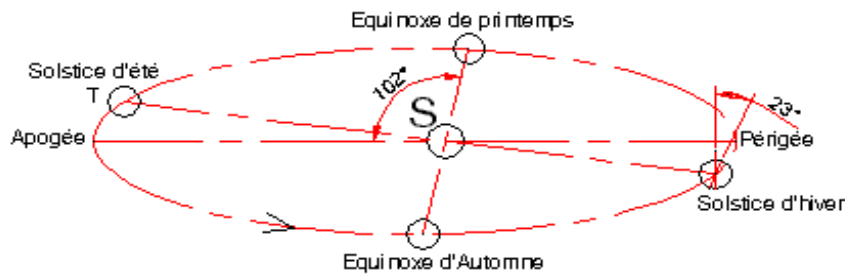
Les secteurs des activités commerciales et industrielles ayant besoin de la météo sont multiples ,pour n'en citer que quelques-uns :

- Les transports aériens et maritimes
- L'agriculture
- Les industries du tourisme et des loisirs
- Le bâtiment (Construction ,climatisation des locaux)
- La circulation automobile

2 -Position/Soleil ,Saisons

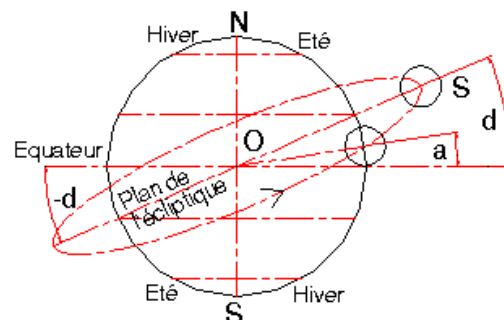
La terre décrit une orbite presque elliptique autour du Soleil .L'excentricité de l'ellipse est de **0,9916** ,la période est de **365,2422 jours** ,la vitesse tangentielle moyenne est de **29,8 km/s** ,la distance moyenne soleil/terre est de **149,6.10⁶ km** ,la masse du soleil est **330 000 fois** la masse de la terre .

L'axe de rotation de la terre autour d'elle-même fait un angle de **23°27'08"** par rapport à son plan de rotation autour du soleil .D'où ,la déclinaison du soleil +/- 23°27' .Celle-ci est nulle aux équinoxes ,à ces moments-là ,le jour égale la nuit ,soit 12 heures .Dans l'hémisphère Nord ,au solstice d'hiver ,la terre est au plus proche du soleil ,contrairement à ce que l'on pourrait croire .La Terre accomplit une révolution complète sur elle-même en 23 heures et 56 minutes .



2.1-Les saisons

Un observateur O ,placé au centre de la sphère ci-contre pourra observer ce qui suit :Au cours d'une année ,la terre parcourt 360° autour du soleil ,Son axe de rotation étant incliné par rapport à son plan de rotation autour du soleil (plan de l'écliptique) ,par rapport à l'équateur ,le soleil passe alternativement au-dessus et au-dessous de lui ,l'angle d ,variant au cours du temps est appelé déclinaison .Au cours de l'année ,d passe de sa valeur mini de -23°27' au solstice d'hiver à +23°27' au solstice d'été .Par rapport à un hémisphère ,en hiver ,la surface éclairée par un



même rayon ,est plus importante qu'en été ,donc la quantité d'énergie solaire par unité de surface est plus faible ,et la durée du jour est plus courte .

La déclinaison du soleil est la cause de la nuit complète et des journées sans nuit aux pôles .A l'équateur ,en revanche ,quelque soit la saison ,le jour dure 12 heures .En hiver ,le soleil est au-dessous de l'équateur ,d'où énergie reçue par unité de surface affaiblie ,donc températures basses .En été ,c'est l'inverse .

Autre conséquence :aux équinoxes d'Automne et de Printemps ,d étant nul ,les durées des jours et des nuits sont égales .

3-La rotation de la terre sur son axe ,conséquences

3.1-La Force de Coriolis

$\omega(0,0,\omega)$ Vecteur rotation de la terre dans (X,Y,Z)

$V(v_x, v_y, 0)$ dans (x ,y ,z) ,vitesse de déplacement

l :Latitude du lieu

$V = V \cdot \cos a \cdot X + V \cdot \sin a \cdot y$

$\omega = \omega \cdot \cos l \cdot y + \omega \cdot \sin l \cdot z$

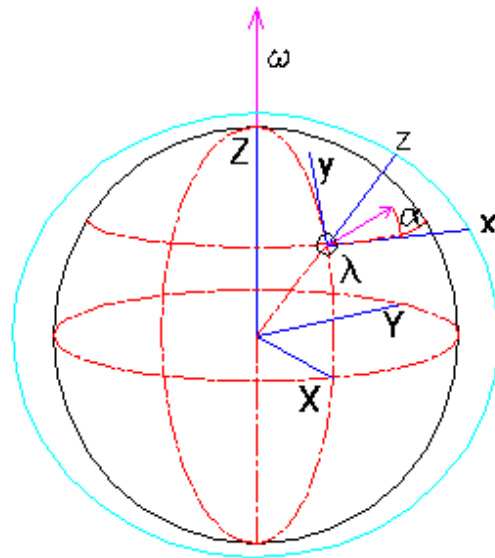
$G_c = 2\omega \times V$ Accélération complémentaire dans (x ,y ,z)

D'où ,les composantes du vecteur accélération :

$$G_{cx} = 2 \cdot v \cdot \omega \cdot \sin l \cdot \sin a$$

$$G_{cy} = -2 \cdot v \cdot \omega \cdot \sin l \cdot \cos a$$

$$G_{cz} = 2 \cdot v \cdot \omega \cdot \cos l \cdot \cos a$$



La force de Coriolis est toujours dirigée à droite du vecteur Vitesse ,et perpendiculaire à celui-ci . Cette force équilibre les forces de pression et centrifuges ,d'où ,la direction des vents est parallèle Aux isobares .

Lorsque ceux-ci sont curvilignes ,(la plupart du temps) ,soit C ,la force centripète , Fc la force de Coriolis et P ,la force de pression :

Dans un anticyclone , $F_c = P - C$

Dans une dépression , $F_c = P + C$,conséquence observable :les vents sont plus forts dans une dépression que dans un anticyclone .

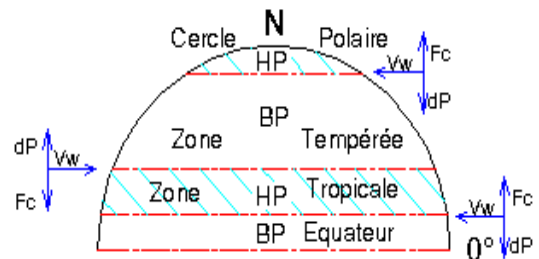
Ci-dessus ,le schéma montre dans l 'hémisphère Nord les secteurs de Hautes Pressions et de Basses Pressions ,à l'aide de ce qui a été énoncé précédemment ,on peut sans peine déduire les grands courants de la circulation générale atmosphérique (Vents dominants) :

Zone polaire :Flux général d'Est

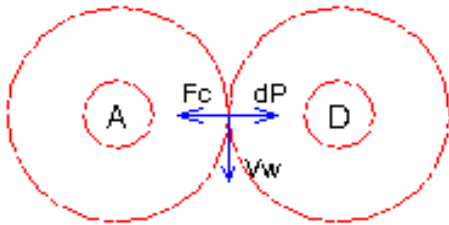
Zone tempérée :Flux général d'Ouest

Zone tropicale :Flux général d'Est (Alizés)

Zone Equatoriale :pas de direction privilégiée ,Flux verticaux ascendants



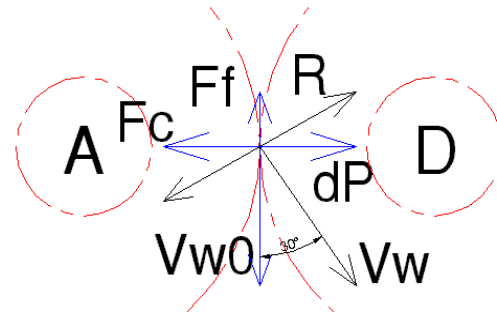
Autre conséquence de la force de Coriolis



Lorsqu'on se trouve face au vent, suivant la règle de la force de Coriolis, les dépressions se trouvent à notre droite, et les anticyclones à notre gauche. Dans les anticyclones, les vents tournent dans le sens des aiguilles d'une montre et dans les dépressions, dans le sens inverse.

3.2-Les effets du frottement

Sous l'effet des irrégularités de la surface de la Terre, une force de frottement naît dans les basses couches de l'atmosphère. Soit F_f la force de frottement, les relations vectorielles permettent d'écrire : $R = F_f + dP$, la force de Coriolis étant directement opposée et égale à cette résultante, la direction du vent est donc déviée. En conclusion, le vent tend à 'entrer' dans la dépression. La valeur de l'angle de frottement est voisine de 30° par rapport à l'isobare (appréciable plus facilement en mer).



V_w : direction finale du vent après application du frottement F_f sur V_{w0}

3.3-La force centrifuge

Le deuxième effet de la rotation de la terre sur son axe est la force centrifuge. Si la terre était immobile, la couche d'air qui l'enveloppe aurait en tous points une épaisseur constante. La force centrifuge, variant en intensité avec le rayon du cercle décrit par le mobile ($C = m \cdot \omega^2 \cdot R$), la couche atmosphérique est plus épaisse à l'équateur qu'aux pôles. Bien entendu, les influences de la température sont aussi importantes pour la hauteur de la troposphère.

4-Les couches atmosphériques

Globalement, l'atmosphère qui intéresse le domaine de la météorologie peut être divisée en trois couches d'inégales épaisseurs :

- 1- La couche limite : du niveau de la mer à quelques centaines de mètres
- 2- La troposphère : jusqu'à environ 7 km aux pôles et 15 km à l'équateur
Ces deux zones contiennent à elles seules environ 80% de la masse atmosphérique totale, et 90% de l'eau atmosphérique. Elles sont aussi les zones d'évolution de l'aéronautique.
- 3- La stratosphère : jusqu'à 50 km, contient la couche d'ozone. Siège de variations de températures spectaculaires, et de vents très violents

5-L'atmosphère standard, calages altimétriques

L'atmosphère étant un élément très remuant, pour étalonner les différents instruments de mesure (Altimètres, Baromètres), il a été nécessaire d'élaborer une base moyenne de l'atmosphère, d'où le concept d'atmosphère Standard.



Le niveau de la mer : en France ,le niveau 0 est déterminé par rapport au niveau moyen de la mer dans le port de Marseille .Le niveau 0 ,dans le monde peut varier jusqu'à 200 m (mesures par satellites)

Les bases de l'atmosphère standard sont les suivantes :

Au niveau 0 ,la pression standard est de 1013.25 hpa ,la température Standard est de 15°C ,l'humidité relative de 0% .La masse volumique de l'air sec est donc de 1.225 kg/m³ .La température décroît de 0,65 °C par cent mètres d'altitude et la pression suivant une loi un peu plus complexe .

5.1-Evolution de la pression avec l'altitude

Soit P_0 ,la pression au niveau de la mer , z ,l'altitude du point considéré en mètres

$$P = P_0 \cdot [(288,15 - 0,0065 \cdot z) / 288,15]^{5,255874}$$

5.2-Evolution de la température avec l'altitude

$$T_{\text{std}}(^{\circ}\text{C}) = 15 - 0,0065 \cdot z$$

Ou encore ,connaissant la température T à l'altitude z_0 ,la température T_1 à z sera

$$T_1 = T - 0,0065 \cdot (z - z_0)$$

Bien souvent ,il arrive qu'on connaisse l'altitude topographique du lieu de mesure ,ainsi que les pressions et températures qui y règnent .Afin d'avoir des données comparables entre plusieurs endroits différents au même moment ,nous avons besoin de ramener les données de pression sur une base commune :le niveau de la mer .

Dans les basses couches de l'atmosphère ,on peut utiliser la règle de décroissance de la pression suivante :1 hpa tous les 8.5 m d'altitude au-dessus du niveau de la mer ,(dans nos régions ,cette approximation est suffisante compte tenu des faibles altitudes) .Ou ,on peut aussi utiliser la relation suivante ,avec T ,la température locale ,en écrivant d'abord $t = T + 273,15$:

$$P_0 = P / [(t - 0,0065 \cdot z) / t]^{5,255874}$$

Malheureusement ,la pression au niveau de la mer n'est que rarement de 1013.25 hpa ,l'altitude où on rencontre cette valeur peut être soit en dessous du niveau de la mer (dépression) ,soit au dessus de celui-ci (anticyclone) .Dans certaines activités humaines (aéronautique) ,l'altitude à laquelle se trouve ces 1013.25 hpa ,peut être primordiale .on définit ainsi une grandeur nommée altitude-pression

L'altitude-pression Z_p est l'altitude à laquelle on se trouve par rapport à l'isobare 1013.25 hpa .Connaissant la pression P et la température T en ce lieu .,On peut donc écrire ,avec $t = T + 273,15$:

$$Z_p = [t \cdot (1 - (P/1013,25))^{0,19}] / 0,0065$$

Pratiquement ,si on cale un altimètre à la valeur de 1013.25 hpa ,l'altitude lue sera Z_p .Pour déterminer la pression au niveau de la mer ,il suffit de caler l'altimètre à l'altitude du point de mesure .Pour connaître la pression à ce même endroit ,l'altimètre sera calé à 0

6-Les éléments intervenants

L'air ,l'eau ,le feu (soleil)



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

6.1-Les grandeurs quantifiables

La température ,l'humidité relative ,le vent (force et direction) : valeurs 'sensibles'
L'homme est moins sensible aux variations de températures qu'à celles de l'humidité
La pression ,la pluviométrie et la visibilité .

6.2-Les unités utilisées

Pressions	Bars	hpa	Pouces de mercure
Températures	°C	°C	°Fahrenheit
Vitesse du vent	m/s	Km/h	Nœuds marins (kts)

Pour exprimer la vitesse du vent ,on utilise aussi l'échelle de Beaufort (Beaufort est un amiral britannique du 19^{ème} siècle) .Echelle utilisée dans les activités maritimes .En voici les termes :

Degré Beaufort	Descriptif	V (Nœuds) (kts)	V (m/s)	Hauteur des vagues (m)
0	Calme	<1	0-0,2	0
1	Très légère brise	1-2	0,3-1,5	0,1
2	Légère brise	4-6	1,6-3,3	0,2
3	Petite brise	7-10	3,4-5,4	0,6
4	Jolie brise	11-16	5,5-7,9	1-1,5
5	Bonne brise	17-21	8-10,7	2-2,5
6	Vent frais	22-27	10,8-13,8	3-4
7	Grand frais	28-33	13,9-17,1	4-5,5
8	Coup de vent	34-40	17,2-20,7	5,5-7,5
9	Fort coup de vent	41-47	10,8-24,4	7-10
10	Tempête	48-55	24,5-28,4	9-12,5
11	Violente tempête	56-63	28,5-32,6	12,6-14
12	Ouragan	64 et plus	32,7 et plus	>14

6.3-Les moyens de mesure

Capteurs de pression

Baromètres à mercure (instrument de laboratoire) ,fragile et encombrant
Capsule de Vidi ,moins précise (effet d'hystérésis) ,mais plus solide et compacte
instruments dérivés : Altimètres ,Badins ,Variomètres
Sondes piézo-électriques+chaîne de traitement

Capteurs de température

Thermomètre à mercure (instrument de laboratoire) ,fragile
Sonde thermorésistante (type PT100+chaîne de traitement)

Hygromètres

Hygromètre à cheveux (instrument de laboratoire)
Sonde capacitive + chaîne de traitement
Une brindille de sapin séchée (pour l'anecdote)

Le vent

La girouette (provenance du vent)
L'anémomètre (force du vent) :Turbine à air couplée à un générateur de courant ou de tension ,la valeur traitée est la valeur électrique proportionnelle à la vitesse de rotation de la turbine .
NB :la vitesse et la provenance du vent sont mesurées à 10m/sol
La manche à air :indication de force et provenance (autoroutes et aérodrômes) .
Un vent de force >15 kts (27 km/h) donne des rafales de +/-50% de sa force moyenne



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

En météorologie ,le vent est donné par sa force moyenne sur 10 minutes (vent synoptique) ,le vent aéronautique est lui ,moyenné sur 2 minutes .

Le pluviomètre

1 mm de hauteur=1 l d'eau/m² de surface au sol

L'héliographe

Mesure en heures de la durée d'ensoleillement journalière

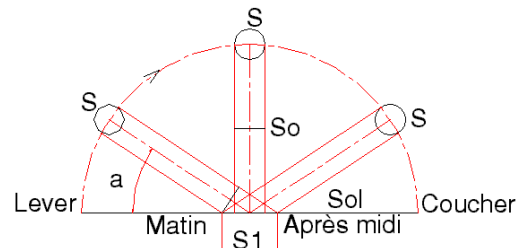
La station Météo

Les moyens lourds (Bouées captives ,Navires océanographiques ,ballons sondes ,Satellites)

7-La température ,évolution sur une journée

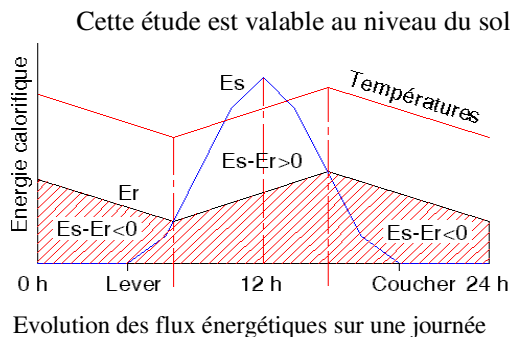
7.1-La course du soleil

L'énergie calorifique dispensée par le soleil est constante sur la surface S_0 ,en dehors de la verticale du point d'observation ,la projection des rayonnements du soleil est distribuée sur une surface $S_1 > S_0$,donc l'énergie par unité de surface est diminuée .Celle-ci varie comme le sinus de l'angle a



La course du soleil dans une journée

7.2-La répartition de l'énergie



Soient E_s ,l'énergie calorifique dispensée par le Soleil ,et E_r l'énergie calorifique rayonnée par le sol .Le ciel est clair ,sans nuages ni lune .

La nuit ,en l'absence du soleil ,le sol rayonne l'énergie emmagasinée durant le jour ,avec le temps ,la température baisse progressivement par perte d'énergie .

Au lever du jour ,le soleil commence à apporter son énergie ,mais tant que celle-ci ne compense pas au moins l'énergie E_r ,la température continue de baisser

Au-delà ,le bilan énergétique devient positif , $E_s > E_r$,la température monte et le sol emmagasine à nouveau de l'énergie calorifique tout en rayonnant .(lever +1 ou 2 heures)

Vers le milieu de l'après-midi (15-16h solaire) ,le bilan s'annule à nouveau pour repasser en négatif .

Lorsque le ciel est nuageux ,les phénomènes décrits existent ,mais beaucoup moins marqués du fait de l'effet de 'couvercle' des nuages .

8-L'Humidité

L'existence des océans ,et des courants sous-marins chauds ou froids ,ainsi que la présence de vents ,Les masses continentales chaudes ou froides ,sont les principales causes des variations de la quantité de vapeur d'eau présente dans l'atmosphère .



8.1-Température de rosée ,de condensation

8.1.1-Notion d'humidité relative

Soit P_s ,la pression de vapeur saturante de l'eau .Dans le domaine de pressions et de températures qui concerne la météo dans les zones tempérées ,on peut utiliser le modèle suivant pour la pression de vapeur saturante de l'eau :

En posant : $c=5460 \text{ K}$, $k=1/273.15$ et $t=T+273.15$,la pression de vapeur saturante de l'eau à 273 K étant de $4,579 \text{ mmHg}$.La pression de vapeur saturante ne dépend que de la température .

$$P_s=4,579.e^{c.(k-1/t)}$$

L'humidité relative est le rapport de la tension de vapeur effective à la tension de vapeur saturante ,elle s'exprime en pourcentage et est notée e_h dans la suite .

8.1.2-La Température de rosée

La température de rosée est la température pour laquelle la condensation de la vapeur va se produire à T et P donnés pour une humidité relative de 100% .Une humidité relative de 80% signifie que la tension de vapeur effective de l'eau dans l'air est égale à $0,8.P_s$.

Soient $M_a=28,966 \text{ g/mole}$ la masse molaire de l'air sec ,et $M_e=18,016 \text{ g/mole}$,celle de la vapeur d'eau . $k=M_e/M_a=0,622$,on peut calculer la masse d'eau X (kg/kg d'air sec) ,avec P ,la pression mesurée en hpa :

$$X(\text{kg/kg})= 0,01.k.e_h.P_s/[(0,75.P-0,01.e_h.P_s)]$$

D'où ,la température de rosée en °C ,en posant , $k'=\ln (0,75.P .X/(4,579.(0,622+X)))/5460$
Expression issue du remplacement de P_s par sa valeur littérale dans le calcul de X et avec $e_h=100 \%$,après développement ,on obtient :

$$T_r=1/(0.003661-k')-273,15$$

La masse molaire du mélange air-vapeur d'eau est donc :

$$M=(1+0,001.X)/[1/M_a+X/(1000.M_e)]$$

D'où ,la Masse volumique de l'air humide :

$$\rho (\text{kg/m}^3)=12,2.M.P/[1013.25.(T+273)]$$

Conclusion :Plus l'air est chargé en vapeur d'eau ,moins sa masse volumique est élevée .

L'enthalpie de l'air humide peut être calculée connaissant X et $C_{p,\text{air}}=1,005 \text{ kJ/kg}$,

$C_{p,\text{eau}}=1,862 \text{ kJ/kg}$ et $L_v=2497 \text{ kJ/kg}$,chaleur latente de vaporisation de l'eau à 0°C :

$$H(\text{kJ/kg})= 1,005.(T+273,15)+1,862.X.(T+273,15)+2497.X$$

La température de rosée est la température de saturation par refroidissement isobare ,la température de condensation est la température de saturation atteinte par détente .

8.2-Les gradients adiabatiques sec et saturé

Lors d'un soulèvement adiabatique (sans échange avec l'extérieur) dz ,une particule d'air non saturée subira une variation de pression $dp=-\rho .g.dz$.Avec C_{pa} ,Chaleur massique de l'air à pression constante , P_o et T_o ,les conditions initiales avant soulèvement et R_a ,la constante de gaz de l'air ,Soit ,après développement ,en écrivant $dU=dW= C_{pa}.dT$

$$dT=-g.dz/ C_{pa}$$



Avec $g=9.81 \text{ m/s}^2$, $C_{pa}=1005 \text{ J/kg}^\circ\text{C}$ et $dz=100 \text{ m}$, la valeur du gradient de température est : $dT=+/-0.977 \text{ }^\circ\text{C}/100\text{m}$

Ce gradient de température est calculé pour l'air sec, c'est le gradient adiabatique sec.

8.21-La Température virtuelle

C'est la température que devrait avoir l'air sec à la même pression que l'air humide pour avoir la même masse volumique. Avec $Me/Ma=0,622$, $r=0,622 \cdot e_h \cdot P_s / (P - e_h \cdot P_s)$, et T , la température de l'air humide, la température virtuelle s'écrit (relation simplifiée mais suffisante) :

$$T_v = T \cdot (1 + 0,608 \cdot r)$$

Le gradient adiabatique saturé peut être évalué de la façon suivante : $dT_h = +/- 0,981 \cdot (T + 273,15) / H$. Lorsque l'air est saturé en vapeur d'eau, dT devient plus faible en valeur absolue. Cette valeur de dT_h est le gradient adiabatique saturé, toujours inférieur au gradient adiabatique sec.

Il varie de $0,3$ à $0,9 \text{ }^\circ\text{C}/100\text{m}$, suivant la température de rosée.

Ces deux notions interviennent dans la formation des nébulosités ainsi que dans l'explication de l'effet de Föhn. Conclusion : lorsque l'air est à saturation, la décroissance de température avec l'altitude est plus faible qu'avec un air non saturé.

On constate également que ces gradients de température sont différents de celui adopté pour la définition de l'atmosphère standard. Ceci s'explique par le fait que le gradient de température adopté pour l'atmosphère standard est une valeur moyenne statistique.

8.3-Altitude de la base des nuages

En posant $H=R \cdot T / M \cdot g$, avec $R=8,314 \text{ J/mole}$ constante des gaz parfaits, $g=9,81 \text{ m/s}^2$ et M , la masse molaire du gaz, la température T étant en Kelvin. Dans les basses couches de l'atmosphère, les variations de pressions peuvent s'écrire : $P=Po[1-(Z/H)]$, avec Z l'altitude en mètres et Po , la pression au sol, avec $g=1,40$, le rapport de chaleurs massiques à pression constante et à volume constant.

Les phénomènes de détente adiabatique peuvent s'écrire $(P/Po)^g = (To/T)^{(1-g)}$, avec la constante suivante : $k=(g-1)/g$, soient e_{ho} et e_h , les humidités au sol et à l'altitude Z (l'humidité relative étant de 80%, par exemple, $e_{ho}=0,8$), Pso et Ps les pressions de vapeur saturantes au sol et à Z , T et T_1 , les températures en $^\circ\text{K}$ dans les mêmes conditions, la relation $Ps=Pso \cdot e^{c \cdot [(1/T)-(1/T_1)]}$, avec $c=5460$, nous conduit après développements à :

$$\ln(Ps/Pso) = c \cdot [1 - (T_1/T)] = -(k \cdot c \cdot Z) / (T_1 \cdot Ha)$$

$$\ln(e_h \cdot Ps/Pso) = \ln e_{ho} - (Z/He)$$

Lorsqu'il y a condensation, les deux expressions sont égales soit : $\ln e_{ho} - (Z/He) = -(k \cdot c \cdot Z) / (T_1 \cdot Ha)$ la valeur recherchée étant Z . Avec les constantes suivantes : $R/Ma \cdot g=29,3$, $Me/Ma=0,622$ et $k \cdot c=1560$, la valeur de Z_n est donc, en mètres :

$$Z_n = (29,3 \cdot T \cdot \ln e_{ho}) / [0,622 - (1560/T)]$$

Ce calcul d'altitude ne reste valable que dans une couche d'air de caractéristiques constantes, Par exemple, pour les Stratus (nuages à développement vertical faible, peu ou pas de courants verticaux).

8.4-Stabilité, instabilité de l'atmosphère

8.41-Air chaud, air froid

La notion de température virtuelle permet de préciser la température de l'air. On constate que lorsque celui-ci a une forte humidité, sa température virtuelle est supérieure à la température mesurée. La valeur qui détermine le concept d'air chaud ou froid est la température virtuelle, car elle tient compte des phénomènes de détente et de la chaleur latente de l'air humide. Les masses d'air sont ramenées à 1000 hpa par processus adiabatique pour être comparées par rapport à l'atmosphère standard.

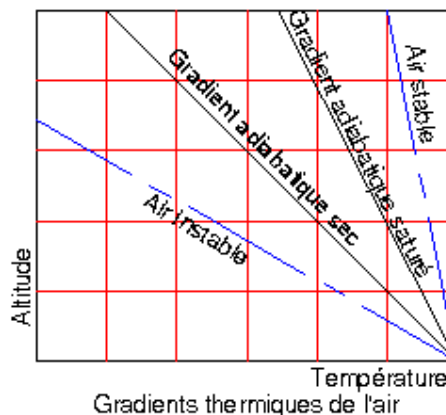
Si ,deux masses d'air de caractéristiques différentes ont des températures à 1000 hpa égales ,il n'y a pas de différence entre elles au sens de chaud ou froid .

8.42-Stabilité et instabilité

Dans la circulation générale et dans le constat statique ,le concept de stabilité se rattache aux notions de chaud et froid ,évoqué précédemment .En général ,une couche d'air froid et une couche d'air chaud se trouvent en présence .La cause essentielle des mouvements verticaux de l'air est la masse volumique de celui-ci ,donc son gradient vertical thermique .

Refroidi par le sommet ou réchauffé par la base ,l'air devient instable (naissance de courants verticaux) .A l'inverse ,réchauffé par le sommet ,ou refroidi par la base l'air devient stable .

L'air étant en général humide ,son gradient de température est situé entre le gradient adiabatique sec et le gradient adiabatique saturé .Lors de l'élévation d'une particule de cet air ,il y a détente donc refroidissement .A un moment donné la température de rosée est atteinte .A ce moment ,la condensation de la vapeur d'eau va commencer ,il y donc assèchement de la particule d'air par séparation partielle des phases du mélange air sec/vapeur d'eau .Son humidité diminue ,donc son gradient thermique augmente .En continuant de monter ,la particule refroidit plus rapidement ,il y a formation d'un 'couvercle' d'air froid ,donc l'air devient instable ,des courants verticaux naissent ,l'air plus froid cherchant à redescendre .



9-Les masses d'air

9.1-Définition

La terre étant recouverte d'océans et de continents ,l'air qui séjourne un certain temps au-dessus de ces différents milieux va finir par prendre des caractéristiques homogènes de température et d'humidité propres à cet environnement :Plutôt humide au-dessus des océans ,plutôt sec au-dessus des continents .En sus ,suivant les régions de séjour et les saisons ,sa température sera plus ou moins élevée .

Par exemple de l'air séjournant au-dessus de la Sibérie en hiver ,sera sec et froid ,sec et chaud en été .Au-dessus de l'atlantique sous les tropiques ,il sera humide et chaud .Cette quantité d'air à caractéristiques communes est appelée Masse d'air .

9.2-Classification

Suivant la région d'où proviennent ces masses d'air voyageuses ,on est amené à les classer de par leur provenance :

Air Continental	Caractéristiques	Air Océanique	Caractéristiques
Air arctique	Temps froid et très humide été comme hiver		
Air polaire Continental	Temps froid en hiver ,frais en été ,très humide	Air polaire Maritime	Temps froid et très humide
Air continental Zones tempérées	Temps sec ,ciel bleu ,Froid en hiver ,chaud en été	Air maritime Zones tempérées	Temps doux ,couvert et pluvieux En toutes saisons
Air tropical continental	Ciel bleu ,très sec et très chaud ,en été	Air tropical maritime	Chaud et humide ,vient des Açores ,en été
		Air de Mousson	Dans les zones tropicales ,chaud et très humide



Au cours de leurs déplacements dans l'atmosphère, ces masses d'air sont amenées à se rencontrer et à s'affronter. Ces masses d'air ne se mélangent pas. D'où, la notion de **Front**.

9.3-Front froid, Front chaud

Lorsqu'une masse d'air froid est amenée à affronter une masse d'air chaud en place, la trace au sol de la ligne de contact de ces deux masses d'air est nommée Front froid. Le profil vertical du plan de contact est assez abrupt, sa pente est voisine de 15° . Cette masse d'air s'enfonce en coin dans l'air chaud et rejette celui-ci en altitude. Sa direction de progression est Nord-Ouest/sud-est à une vitesse moyenne de 40 km/h.

A l'inverse, lorsqu'une masse d'air chaud vient à la rencontre d'une masse d'air froid, la trace au sol est nommée Front chaud. Cette air chaud va monter au-dessus de la masse froide. la pente du profil vertical du plan de contact est beaucoup plus faible (Pente de l'ordre de $1/200$). Vitesse de progression moyenne de 25 km/h. Direction générale sud/Nord.

Sous les latitudes tempérées Nord, le front Polaire, zone d'affrontement des masses d'air polaires et des masses d'air tropicales, se matérialise par l'anticyclone des Açores et la dépression d'Islande. Ces éléments déterminent en grande partie le temps dans nos régions, de par leur position en latitude.

10-Les nébulosités

10.1-Le brouillard de rayonnement

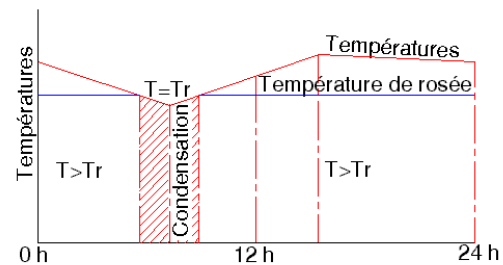
Ces brouillards se forment dans des masses d'air stables, au ras du sol, en fin de nuit, plus rarement en début de soirée, et se dissipent en cours de matinée, quand la température s'élève. En hiver, quand la température s'élève peu, ceux-ci peuvent toutefois persister toute la journée.

Nous avons vu que la température chutait au cours de la nuit par rayonnement. Lorsque l'humidité relative est suffisamment élevée, la température de rosée s'approche de la température ambiante, autour du lever du soleil, les courbes de température et de température de rosée se coupent, il y a saturation l'humidité relative augmente jusqu'à 100%, d'où la formation de brouillard.

La température de rosée suit l'évolution de la température ambiante.

L'épaisseur de ces brouillards dépasse rarement 500 m.

Evolution : Stratus, nuages de développement vertical faible, se dissipant avec l'altitude.



Formation du brouillard de rayonnement

10.2-Le brouillard d'advection

Lorsque le sol est froid, une arrivée d'une masse d'air chaud océanique, donc très humide et accompagnée de vent (d'Ouest, en général), provoque au contact du sol froid, la condensation de l'humidité présente dans l'air, ainsi qu'une bouteille sortie du réfrigérateur se couvre de buée.

D'autre part, la turbulence engendrée par le vent crée des mouvements verticaux conduisant à un refroidissement de l'air par convection.

Ces brouillards apparaissent en hiver, avec l'arrivée d'un front chaud, à n'importe quel moment de la journée, contrairement aux brouillards de rayonnement. Avec l'arrivée du front froid, donc plus sec, celui-ci disparaît. Leur épaisseur peut atteindre 1500 à 2000 m.

10.3-Les Nuages

Compte tenu de ce que nous avons vu précédemment, on peut considérer, dans un premier temps, deux sortes de nuages : les nuages de couches stables (en forme de 'Strates'), et les nuages de couches instables (mouvements verticaux importants, donc en forme de cumul : Cumulus et associés).

Cette classification très sommaire peut être affinée en fonction des altitudes auxquelles ces nuages apparaissent :



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

- **Etage Supérieur** (entre 5000 et 12 000 m) : Cirrus, Cirrostratus, Cirrocumulus
- **Etage moyen** (2000 – 5000 m) : Altostratus et Altopumulus
- **Etage inférieur** (0 à 2000 m) : Stratus, Strato-cumulus et Cumulus
- **Multi-étages** : Cumulonimbus et Nimbostratus

Table d'identification visuelle Annexe 1

10.31-Caractéristiques

Nuages d'instabilité :

Cumulus (Cu) : Nuages de beau temps, pas de précipitations

Cumulonimbus (CB) : Tendence orageuse, Violentes averses de pluie ou grêle, Vents violents et désordonnés en direction.

Nuages d'Instabilité limitée :

Cirrocumulus (Cc) : En forme de billes ou de galets, pas de précipitations

Altopumulus (Ac) : forme de galets, pas de précipitations

Strato-cumulus (Sc) : Nappes grises, donnent des bruines, parfois.

Nuages de Stabilité :

Cirrus (Ci) : forme filaire, cristaux de glace, dénote un vent très fort en altitude

Cirrostratus (Cs) : voile fin, succède aux Cirrus, pas de précipitations.

Altopstratus (As) : Voile plus épais, gris, parfois quelques gouttes

Nimbostratus (Ns) : Epais et gris sombre, précipitations continues

Stratus (St) : Bas, gris, issu des brouillards, Bruines ou neiges fines en hiver

10.4-Association Nuages-Fronts

Récapitulatif annexe 2

10.41-Fronts Froids

air stable : par altitude croissante :

Sur la ligne de front : Nimbostratus (Ns), Altopstratus (As)

A l'arrière du front : Strato-cumulus (Sc), Stratus (St)

Air Instable : par altitude croissante :

Sur la ligne de front : Nimbostratus (Ns) en basses couche, Cumulonimbus (CB)

A l'arrière de la ligne de front : Stratus (St), Altopumulus (Ac) et Cumulus (Cu)

10.42-Fronts chauds

Air stable : par altitude décroissante

Sur la ligne de front : Cirrus (Ci), Cirrocumulus (Cc) ou Cirrostratus (Cs), Altopstratus (As), Nimbostratus (Ns)

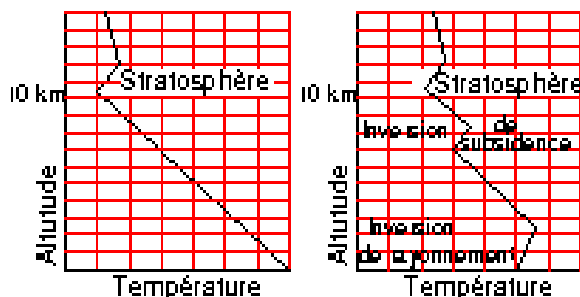
Sous, et en avant de la ligne : Stratus (St)

Air Instable : sur la ligne de front

Cirrus (Ci), Cc ou Cs, Altopumulus (Ac), Cumulonimbus (CB), Nimbostratus (Ns)

Stratus (St) sous la ligne de front

10.43-Evolution de la température avec l'altitude



Le graphique de gauche figure 1 'évolution de température de L'atmosphère. Au-dessus de 10 km /sol, début de la stratosphère sous nos latitudes, la température, au lieu de continuer de décroître, au contraire, se met à augmenter, c'est l'inversion stratosphérique.

Sur le graphique de droite, on constate qu'il peut exister d'autres types d'inversions :

- L'inversion de rayonnement : produite par le réchauffement du sol en cours de journée

- Une inversion de température en altitude ,(altitude très variable selon les jours) ,due soit à la présence d'une masse d'air chaud sur un autre d'air froid ,soit à une descente d'air froid vers le sol (situation anticyclonique) ,c'est l'inversion de subsidence .Dans cette couche ,l'air est stable ,et constitue une barrière pour les mouvements verticaux de celui-ci .C'est sa présence ,son importance ,ou son absence qui vont déterminer ou non le développement des orages .

11-Naissance ,vie et mort d'une perturbation

11.1-Anticyclones

Deux possibilités de genèse des anticyclones :

- Origine dynamique :Résultant du mouvement de haut en bas de l'air (Hautes pressions tropicales et polaires)
- Origine thermique :Résultant d'un refroidissement au contact d'un sol froid (anticyclone sibérien en hiver) .

L'anticyclone des Açores ,situé vers le 30^{ème} parallèle est à la fois d'origine dynamique et thermique ,car renforcé par le courant marin froid des Canaries .

11.2-Dépressions

Comme pour les anticyclones ,il peut y avoir deux possibilités de formation :

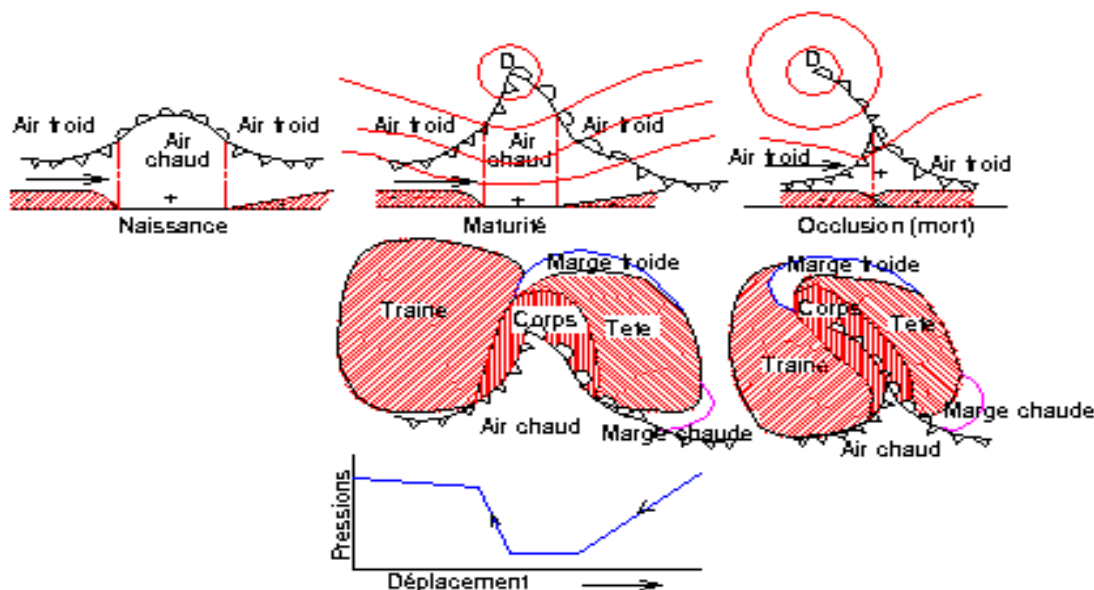
- Origine dynamique : Résultant d'une ascendance d'origine mécanique ,air froid ,(dépression du 50^{ème}/60^{ème} parallèle)
- Origine thermique :Résultant d'une différence de température entre deux masse d'air ,l'air y est donc chaud (p.ex ,Dépression du Nord-Ouest de l'Inde aspirant la mousson en été) .

La dépression d'Islande est d'origine dynamique située à la limite du cercle polaire .

Les positions respectives de cette dépression ,et de l'anticyclone des Açores ,sont en grande partie responsables du temps sur l'Europe de l'Ouest .

11.3-Perturbation

Lieu de naissance :sur une ligne de front .par ondulation de cette ligne .Sous nos latitudes ,les perturbations sont le résultat de la confrontation due aux masses d'air polaires et aux masses d'air tropicales .Leur sens de déplacement est d'Ouest vers l'Est .



Ciel de tête :Cirrus suivis de Cirrostratus ou d'Altostratus plus ou moins épais ,vent s'orientant au sud ,la pression baisse lentement

Ciel de corps : Couche continue de Nimbostratus ou d'Altostratus ,en général ,pluies continues ,la pression baisse ,jusqu'au secteur chaud .Le vent s'oriente au Sud-Ouest ou à l'Ouest .

Secteur chaud : Ciel bas ,précipitations faibles ,la pression reste stable jusqu' à l'arrivée du front froid

Ciel de traîne : Ciel variable ,avec alternance d'éclaircies et de passages nuageux ,fréquentes averses vent s'orientant secteur Nord ouest .

Marge froide : Voile de Cirrostratus ,vent s'orientant Sud est

Marge chaude :Bancs d'Altostratus ,précédés de Cirrus ,parfois accompagnés de Cirrostratus .

Le front froid progressant plus vite que le front chaud ,la perturbation finit par se combler progressivement ,les deux masses d'air froid avant et arrière se rattrapent ,c'est l'occlusion .

11.4-Vallées ,Plateaux et collines

Les dépressions et les anticyclones constituent ,si on regarde les isobares ,des courbes de niveau ainsi que sur une carte d'état-major .Le même vocabulaire est donc utilisé .Ainsi ,on distingue des Thalweg ,ou vallées ,isobares en forme de V plus ou moins prononcé .Le thalweg est donc situé sur la ligne de plus grande pente de la dépression . Les dorsales constituent une crête de hautes pressions ,en rebord d'un anticyclone ,c'est ,en quelque sorte ,un plateau . Enfin ,le col constitue une zone de 'passage ' entre deux dépressions .



12-Les météores (Pluie ,neige)

12.1-Les effets de la température

La température décroît avec l'altitude jusqu'à la limite de la stratosphère pour atteindre des valeurs voisines de -50°C ,et même moins .Pour des nuages à grand développement vertical ,la valeur de 0°C est atteinte , les nuages d'altitude sont ,eux ,constitués de cristaux de glace .Dans un nuage ,l'évolution d'une particule d'air n'est plus adiabatique du fait de la séparation du mélange air sec+vapeur/eau condensée

12.2-Etats de l'eau

L'eau ,dans les nuages peut exister sous 4 états :Vapeur ,liquide ,liquide surfondu et glace .La taille des gouttes d'eau dans un nuage stable est d'environ 20 microns .

La surfusion : c'est un état instable ,suivant la salinité de l'eau ,la présence de poussières ,l'eau peut rester liquide à des températures très inférieures à 0°C (jusqu'à -40°C) .Cependant ,le moindre choc fait cesser cet état ,la congélation est instantanée .

Tout commence par la condensation de la vapeur d'eau lorsque la pression de vapeur saturante est atteinte .Les masses d'air sont en général le siège de mouvements verticaux des particules .L'eau condensée suit ces turbulences verticales .

L'altitude de l'isotherme 0°C atteinte ,deux cas se produisent :l'eau est pure ,elle passe à l'état de surfusion ;elle contient des impuretés ,il y a congélation .A partir de là ,de l'eau surfondue coexiste avec la glace .

La coalescence : la pression de vapeur saturante de l'eau liquide étant supérieure à celle de la glace ,au voisinage de cristaux de glace ,l'eau surfondue se vaporise pour se condenser à nouveau sur les cristaux ,ceux-ci grossissent par couches concentriques .

Si on fait une coupe diamétrale d'un cristal de glace atmosphérique (grêlon),on constate une structure en pelure d'oignon ,confirmant le phénomène de coalescence .

Les nuages étant parcourus de turbulences ascendantes et descendantes ,les cristaux de glace peuvent parcourir de nombreuses fois la hauteur du nuage ,jusqu'à que ces cristaux deviennent trop lourds ,(la force portante devient inférieure au poids) .Ils tombent .Ce faisant ,ils se réchauffent et ,s'ils ne sont pas trop gros ,ils fondent complètement et c'est la pluie ,sinon ,c'est la neige voire la grêle .C'est aussi ce qui explique que les nuages à faible instabilité (Stratus) donnent plutôt de la bruine du fait de la faible turbulence verticale .Les Cumulonimbus ,eux ,peuvent produire jusqu'à des grêlons de taille respectable .



13-L'orage

13.1-Naissance de l'orage

Au départ ,un champ de blés ou une surface à fort rayonnement (Rochers en montagne ,par exemple) .Avec le réchauffement de cette surface ,naît un fort courant d'air chaud vertical ,d'où ,les petits cumulus au dessus des champs .L'air réchauffé par le sol va monter ,l'air plus froid des environs va venir prendre sa place au sol en descendant .La turbulence est créée .A l'altitude où la température de condensation est atteinte ,va naître un nuage plus ou moins boursoufflé ,témoin des turbulences verticales qui règnent : le Cumulus .L'altitude du sommet sera fixée par celle de l'inversion de subsidence .

Si l'inversion est forte ,le Cumulus va s'arrêter là ,si elle est faible ,le Cumulus ,après un temps ,va continuer à se développer en hauteur ,les turbulences vont s'accroître .Si l'inversion n'existe pas ,le nuage va se développer jusqu'à la stratosphère ,avec une forte augmentation des turbulences (Vitesses verticales de 110 km/h et plus) .Dans ces deux cas ,l'orage est imminent ,le nuage est un Cumulonimbus .(CF. Annexe 3)

13.2-Phénomènes électriques

Les mouvements de convection importants sont générateurs de Frottements entre particules d'air . Les particules montantes vont perdre des électrons ,les descendantes ,en gagner .Il y a donc création d'un champ électrique au sein du CB .Charges Positives au sommet ,négatives à la base du nuage .Sa valeur peut aller de 20kV/m à 3MV/m .On peut comparer le nuage à un condensateur .D'autre part ,sous le nuage ,le sol est chargé positivement ,le système base du nuage-sol constitue également un condensateur .Les champs électriques présents ont une valeur d'environ 20 kV/m (jusqu'à 3 voire 4MV/m au dessus d'un pylône ou d'un arbre par effet de pointe) .(Cf. Annexe 3)

Par temps d'orage ,le compas ou la boussole indiqueront donc plus sûrement la direction d'un cumulonimbus que le Nord magnétique ,du fait des champs électriques développés ,engendrant ainsi des champs magnétiques plus intenses que le champ naturel terrestre . Certains instruments de radionavigation y sont également très sensibles ,donc ,usage déconseillé dans ces conditions (ADF) .(d'autres instruments de radionavigation restent heureusement utilisables (VOR)) .

13.3-Les éclairs et la foudre

Les éclairs sont les phénomènes électriques visibles qui se produisent à l'intérieur du nuage .La foudre est le même phénomène mais entre le nuage et le sol .

13.31-Naissance et propagation

A environ 5000 m/sol ,dans la zone de turbulences maxi ,une première décharge intra nuage se produit .Celle-ci est de faible intensité ,mais toutefois suffisante pour ioniser un canal ,ce traceur progresse par bonds de 50/100 m vers le sol .

A partir du sol ,d'un point haut ,généralement ,une étincelle jaillit en direction du nuage ,en produisant une décharge de forte intensité (25 kA) .Celle-ci est suivie par un trait de retour en provenance du nuage .(jusqu'à 4 ,voire 25 fois ,durée :quelques millisecondes) .

Par effet joule ,il y a un très fort échauffement de l'air ,et donc une très forte pression instantanée dans le canal (environ 100 Bars et 30 000°C) ,une onde de choc se forme sur la périphérie de l'éclair ,et ,la détente de l'air provoque l'onde acoustique dont la fréquence varie avec la distance (elle diminue) .Le tonnerre.

13.32-La grêle

Un grêlon est un amalgame de plusieurs cristaux de glace de dimensions supérieures à 5 mm . Les fortes turbulences verticales existant dans les cumulonimbus favorisent les nombreux allers/retours des cristaux de glace entre la partie inférieure du nuage et son sommet .Par coalescence ,ceux-ci grossissent .

14-Les courants marins

La région de l'atlantique Nord est sous l'influence de courants marins qui façonnent le climat et ,par conséquent ,les grandes tendances du temps .

Les courants marins principaux qui nous concernent sont au nombre de 3 .Descendant du nord ouest ,le courant froid du Labrador qui baigne les côtes orientales des Etats unis et du Canada .Du Sud ,le

Gulf Stream ,(Courant chaud) venant des côtes de l'Amérique centrale et remontant vers le cercle polaire via les côtes de l'Europe de l'ouest
Et enfin le courant froid des Canaries qui redescend vers l'équateur en marge de l'anticyclone des Açores .On remarquera que ces courants sont soumis à la force de Coriolis .
Les courants chauds sont des courants de surface ,les courants froids sont des courants de fond qui remontent vers la surface au fur et à mesure qu'ils descendent vers le Sud ,c'est à dire qu'ils se réchauffent .Le courant du Labrador est responsable des abondantes chutes de neige dans les états du Nord-Est des USA en hiver ,quand il affleure les côtes des Etats Unis .



Les principaux courants marins de l'atlantique Nord

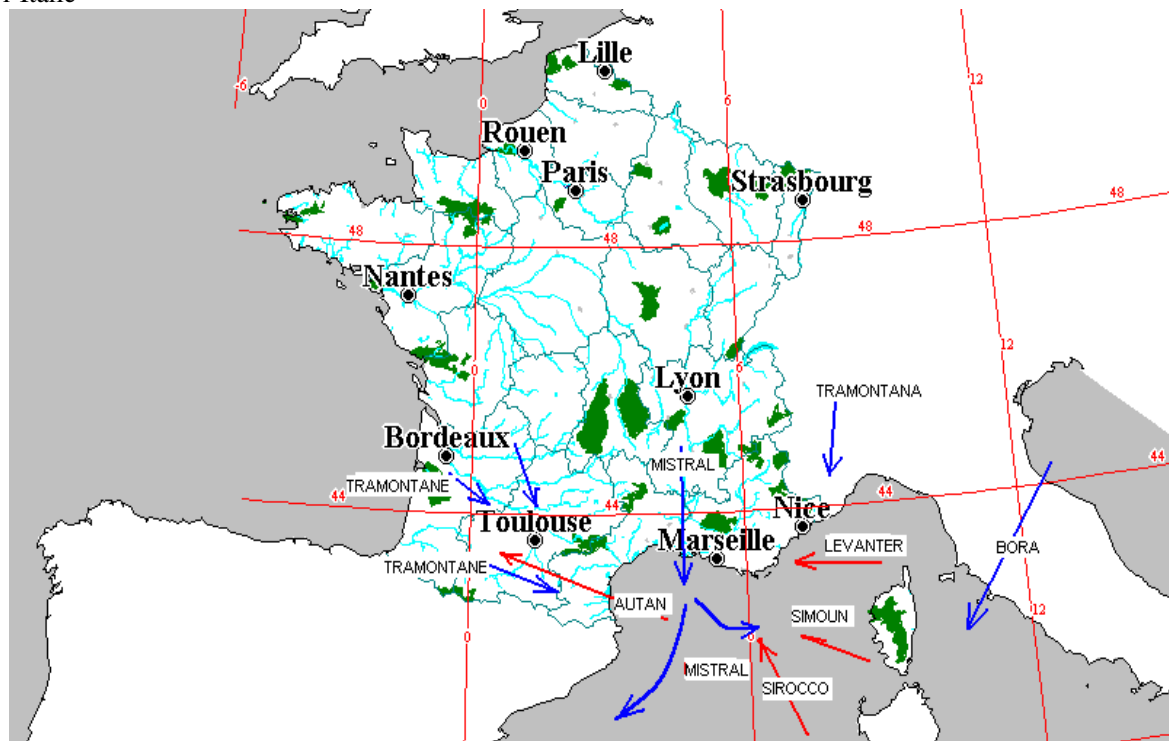
15-Les vents locaux

Certains de ces vents ont une connotation orographique (qui dépend du relief) .C'est le cas du Mistral ,de la Tramontane et de l'Autan qui sévissent dans des réductions de passage ,et gagnent leur force par effet Venturi .

Le Mistral dans le couloir Saône/Rhône ,les deux autres dans le seuil du Lauragais .Le Mistral et la **Tramontane** sont tous deux des vents de Nord ,issus de la présence d'une dépression en Méditerranée et d'un flux d'air polaire continental (vent 'Blanc') ,ou d'air polaire maritime (vent 'noir') ,associés à une dorsale Sud Ouest .Leur étendue d'action peut aller jusqu'en Sardaigne et aux Baléares ;même si les noms changent ,les origines restent identiques .Leur durée s'échelonne entre trois et six jours .

La Bora : Provenant des Balkans ,froid ,de Nord-Est ,provoque souvent des chutes de neiges importantes ,ainsi que des tempêtes fortes en mer Tyrrhénienne .Souvent en conjonction avec la Tramontana .Ses rafales peuvent atteindre les 200 km/h .

La Tramontana :Provenance Nord-Nord-Est ,souvent humide ,elle affecte les cotes ouest de l'Italie





Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

Le vent d'Autan : de provenance Sud-Est ,chaud et sec la plupart du temps ,parfois humide (Autan Noir) .dure environ une semaine quand sec et quelques jours quand humide .

Le Sirocco :en provenance du Sahara ,qui s'humidifie en passant sur la Méditerranée ,chargé de sable et de poussières .Chaud ,il peut persister plusieurs jours .Parfois ,il génère des brouillards en mer .

Le Simoun :Chaud et sec ,en provenance des déserts africains et arabes .Ce vent souffle en été et charrie de grandes quantités de sable .Il souffle très souvent pendant une durée très courte (moins d'une heure) .

Le Levanter : vent d 'Est ,dans le golfe de Gênes ,doux et irrégulier .

16-Météo marine et côtière

16.1-Les marées

La terre possède un satellite ,la Lune .Sous l'effet de la loi de gravitation universelle ,le Soleil et la Lune exercent une attraction sur la Terre ,ainsi que sur les mers et même l'atmosphère .La rotation de la terre autour de son axe crée également une force centrifuge sur toutes les masses à sa surface .La Terre n'étant pas un solide indéformable ,les étendues d'eau et l'atmosphère non plus ,ces trois éléments se déforment en fonction des forces qui s'exercent sur eux .Par exemple ,les marées terrestres ont une amplitude de l'ordre de quelques millimètres ,les marées atmosphériques se traduisent ,elles ,par des variations de pression de l'ordre de +/- 1 hectopascal sous nos latitudes .Les étendues maritimes (y compris les lacs) ont des déformations plus ou moins importantes en fonction de leur taille .

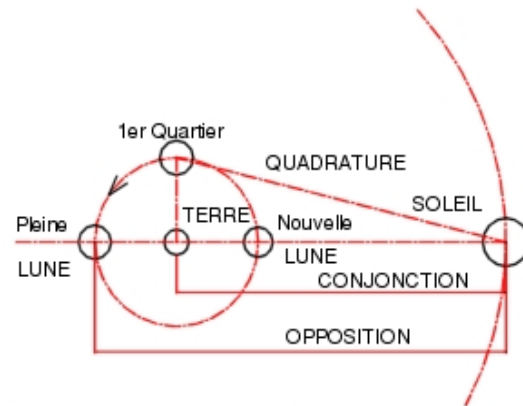
Données sur la Lune :Distance moyenne Terre/Lune = $384 \cdot 10^3$ km ,diamètre 3470 km ,excentricité de l'orbite 0,125 ,durée de révolution (Révolution Sidérale)¹ =27,32 jours moyens soit 13,2°/jour ,lunaison² =29,53 jours ,Masse = $7,34 \cdot 10^{22}$ kg

16.2-Trois configurations peuvent se présenter :

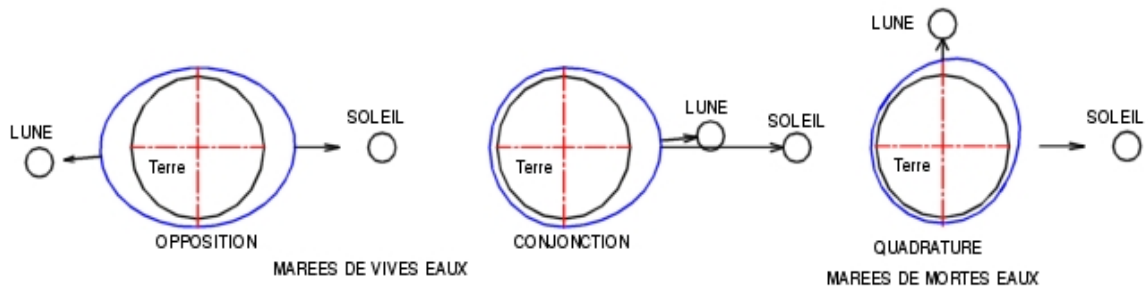
- **Conjonction** : La terre ,la Lune et le Soleil sont alignés ,les attractions de la Lune et du Soleil s'ajoutent .Ce sont des marées de vives eaux .
(Grandes marées)

- **Opposition** : la Lune ,la terre et le Soleil sont alignés aussi ,mais la Lune est à l'opposé du Soleil par rapport à la Terre .L'attraction du Soleil est opposée à celle de la Lune .Ce sont des marées de vives eaux ,moins importantes qu'en conjonction .

- **Quadrature** : Les positions relatives de la Lune ,de la terre et du Soleil forment un triangle rectangle ,ce sont les mortes eaux .(Minimum d'attraction)



Les Marées :Positions de la Lune et du Soleil /Terre



¹ La Révolution Sidérale est le temps que met une planète pour accomplir un tour complet de son orbite ,soit 360 °

² La lunaison est le temps que met la Lune pour se retrouver en conjonction avec le Soleil aussi nommée Révolution Synodique ,qui correspond au mois lunaire



On en conclut que l'amplitude des marées est en corrélation directe avec les phases de la Lune . Les marées de vives eaux ont lieu lorsque la lune renouvelle ,et à la pleine Lune ,les basses eaux en quadrature (Les quadratures correspondent respectivement aux premiers et derniers quartiers) .Un ou deux jours après le passage de la lune au méridien dans ces trois configurations caractéristiques .

16.3-Le Cycle des marées

Toutes les six heures ,les pics de marées ont lieu (entre marées basse et haute) .Cependant ,en raison du mouvement de la Lune ,ces pics sont décalés de 49 minutes par jour .Chaque jour l'heure des marées retarde de 49 minutes .La Lune en est la cause .De par la rotation de la terre ,les marées journalières se produisent en haute mer environ 2 heures après le passage de la lune au méridien du point d'observation .(30° de décalage)

16.4-Les vagues ,la houle

Sur toute étendue d'eau ,trois facteurs contribuent à la naissance des vagues : La force du vent ,la durée pendant laquelle il souffle ,et enfin son Fetch ,distance sur laquelle le vent souffle sans changer de direction et sans rencontrer d'obstacles .

Les vagues sont des ondes caractérisées par leur hauteur (amplitude) ,leur longueur et leur vitesse de propagation ,fonctions de la force du vent .

Celles-ci deviennent la houle quand elles sont sorties de la zone d'action du vent qui les a fait naître .Leur hauteur diminue et leur période augmente .Par beau temps ,la présence de la houle sur les côtes annonce l'arrivée de la perturbation qui en est l'origine .

16.5-Brise de mer ,Brise de terre

La terre se réchauffe et se refroidit plus vite que l'eau .Son inertie thermique est plus faible .Cette propriété est à l'origine des brises côtières .

Le matin ,vers dix ou onze heures ,la terre commence à se réchauffer .une dépression au dessus de celle-ci se forme ,car l'air chaud s'élève .L'air situé au dessus de l'étendue d'eau est plus froid ,donc il reste au dessous et vient donc combler la dépression au dessus de la terre .C'est la brise de mer .En fin d'après-midi ,elle se calme .Celle-ci souffle jusqu'à 30 ou 40 km à l'intérieur des terres voire plus dans les vallées du Rhône et de la Durance .

Après le coucher du soleil ,le phénomène s'inverse ,la terre se refroidit plus vite que l'eau ,d'où ,la brise de terre qui commence une ou deux heures après le coucher du soleil .

16.6-Brumes côtières

L'air qui stagne au dessus de l'eau la nuit est très humide .La brise de mer va apporter cet air humide au dessus de la terre et créer une turbulence faible ,mais suffisante pour déclencher la condensation de l'humidité .Ces brumes se forment très près du rivage et sont poussées par la brise de mer vers le continent .Très vite (1 à 2 km à l'intérieur des terres) ,ces brumes s'élèvent en Stratus qui se désagrègent au fur et à mesure qu'ils s'enfoncent dans les terres .Celles-ci n'apparaissent qu'en été ,par beau temps calme .

La plupart du temps ,ces brumes sont accompagnées de cumulus qui bordent le rivage ,signe des turbulences qui sont issues de ces mouvements de l'air .

17-Météo de montagne

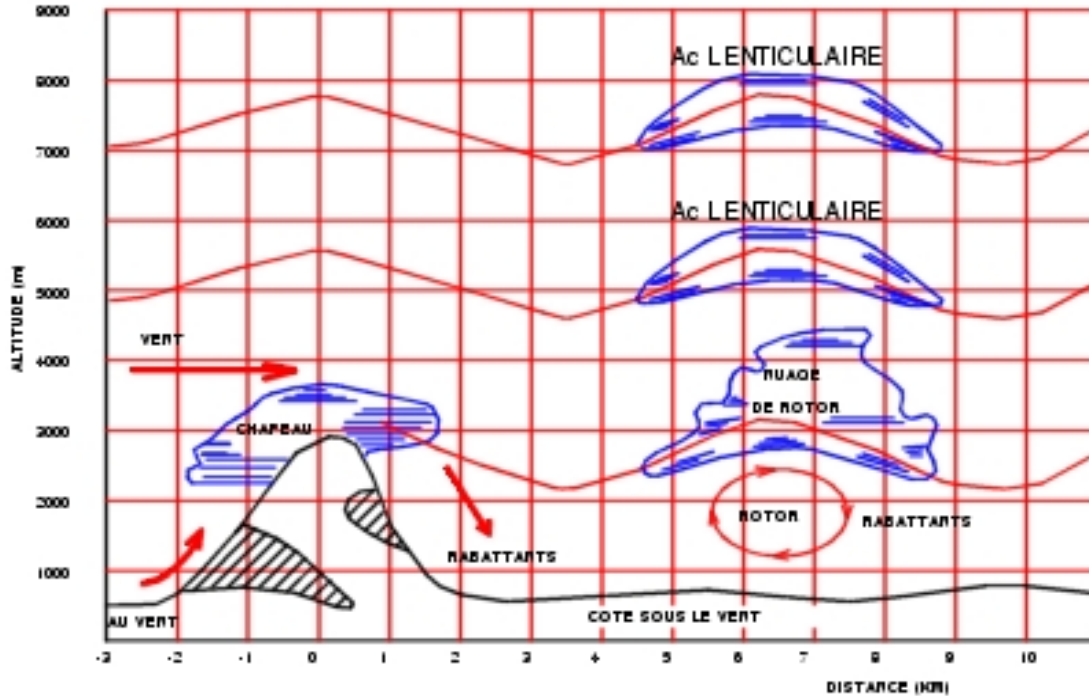
17.1-Effet de Föhn

Cet effet est directement lié aux gradients adiabatiques sec et saturé .Il s'agit en fait d'un soulèvement forcé d'une masse d'air du à l'effet de barrière créé par une montagne ou une chaîne perpendiculaire à la direction d'avance d'un front .Pour que cela se produise ,il est nécessaire que l'air soulevé soit très proche de la saturation .

Par soulèvement ,la pression de saturation diminue en même temps que la température qui suit le gradient saturé .Lorsque la température de condensation est atteinte ,les nuages apparaissent .La masse d'air perd de son humidité tout en continuant de monter le long du flanc de la barrière .Souvent les précipitations ont lieu .Le gradient thermique augmente pour devenir égal ou supérieur au gradient adiabatique sec .Au sommet ,l'air est donc plus froid .En redescendant de l'autre côté ,il se réchauffe plus vite car plus sec .Au total ,la masse d'air est plus chaude de l'autre côté de la montagne qu'elle ne l'était avant de la passer (côté sous le vent) .

17.2-Les ondes de ressaut

Ces phénomènes ,très dangereux pour l'aéronautique ,ont lieu lors du passage d'une ligne de montagnes .Ils sont liés à la vitesse du vent (force supérieure à 20 kts/36 km/h) .C'est une conséquence orographique de la circulation de l'atmosphère .



Très souvent matérialisés par des cumulus et des Altocumulus lenticulaires (en forme de lentille) stationnaires par rapport au sol ,malgré le vent .

17.3-Brises de montagne

En montagne ,certains versants sont au soleil ,donc chauffés ,d'autres ,en fond de vallées restent à l'ombre ,donc froids .Cet état de fait créé des différences de températures plus ou moins importantes ,donc des différences de pression .

La nuit ,les sommets sont plus froids que les vallées ,l'air descend vers les fonds de celles-ci .C'est la brise de pente descendante .Par accumulation ,l'air continue de s'écouler le long de la vallée vers l'aval .

Le jour ,c'est le contraire ,l'air plus froid des vallées remonte celles-ci vers les sommets qui sont plus chauds .La dépression est inversée .

Comme les brises de mer ,les brises de vallée montante s'établissent en fin de matinée et cessent au coucher du soleil .Celles-ci sont très liées à l'ensoleillement des vallées et des sommets .

17.4-Orages en montagne

Les contrastes de couverture végétale ,les rochers ,ainsi que l'air moins chargé de poussières que dans les vallées ou en plaines ,sont favorables à la naissance de la convection des masses d'air .D'autre part ,le relief permet l'existence de surfaces perpendiculaires au rayonnement solaire ,donc ,recevant un maximum d'énergie .Les rochers se réchauffent plus vite que la couverture végétale .La convection se déclenche plus tôt qu'en vallées .Parfois ,les sols sont au-dessus de l'inversion thermique de blocage ,donc les cumulus peuvent prendre une extension verticale importante et rapide .Les cumulonimbus naissent bien plus tôt qu'en plaine .

D'autre part ,on l'a vu avec l'effet de fœhn ,l'approche d'une barrière montagneuse créée un soulèvement de masses d'air .Ces soulèvements rendent l'air très instable .Les effets s'ajoutent aux effets thermiques .

Ceci rend donc les cumulonimbus d'autant plus actifs et ,par conséquent ,les orages sont plus violents qu'en plaine .



18-Cyclones et autres désagréments

18.1-Les Cyclones

Les conditions de formation : Au dessus des grandes étendues marines dont l'eau est à une température d'au moins 26°C sur une profondeur d'environ 60 mètres ,et l'existence de la force de Coriolis .

Ces ingrédients ne peuvent être réunis que dans une seule région de la terre ,au plus près de l'équateur et plus précisément entre 5 et 10 degrés de latitude Nord ou Sud ,dans les grandes étendues maritimes (Zones Ouest des océans ,là où les eaux sont les plus chaudes) .L'Atlantique Sud ne permet pas la formation de cyclones à cause de la température trop peu élevée de ses eaux .La latitude de l'équateur ,bien que bénéficiant de températures élevées ,ne peut générer ces intempéries pour la bonne raison que la force de Coriolis y est nulle .Par contre les fortes précipitations y règnent (le 'Pot au Noir' des marins) .Compte tenu de ces constatations ,on en déduit que l'alimentation des cyclones est l'humidité ,c'est d'ailleurs ce que les observations confirment .La force de ceux-ci est puisée dans la mer ,l'arrivée des cyclones sur les continents est synonyme de mort de faim à brève échéance pour eux .

Au contact de l'eau chaude ,l'air ,chauffé par le soleil se charge en humidité .Celui-ci ,plus léger que l'air plus sec et froid en altitude monte ;les mouvements thermiques verticaux s'amorcent .Au dessus de la mer ,une dépression se crée qui peut être très importante .De plus sur la colonne d'air en mouvement ,la force de Coriolis engendre le mouvement tourbillonnaire .D'où ,renforcement des vents et de l'évaporation et refroidissement de l'eau en surface qui redescend vers les fonds .Les vagues se creusent .Localement sous la colonne d'air montante ,appelée œil du cyclone ,le niveau de la mer monte jusqu'à 3 ou 5 mètres .L'œil du cyclone ,là où la dépression est la plus forte ,peut atteindre un diamètre de 200 à 1000 km ,c'est une zone de calme relatif .Sur le pourtour les vent soufflent jusqu'à 250 km/h

Cette perturbation se déplace à une vitesse moyenne de 20-25 km/h ,d'autant plus rapidement qu'elle est ancienne .En général au bout d'une dizaine de jours ,tout ceci se calme .La puissance d'un Cyclone peut atteindre des valeurs énormes ,jusqu'à 5 fois la bombe d'Hiroshima par seconde .

18.2-Le verglas ,le brouillard givrant

Lorsque nous avons évoqué les différentes configurations des états de l'eau dans l'atmosphère ,nous avons parlé d'un état particulier : la surfusion .C'est cette configuration qui est à l'origine de ces phénomènes qui sévissent plus particulièrement en hiver .A l'origine du verglas ,un sol dont la température est inférieure à 0°C et ,souvent des nuages produisant des précipitations (Nimbostratus ou Stratus) .d'où ,congélation immédiate de l'eau surfondue au contact du sol .Dans le cas du givre ,le sol n'est pas forcément à température négative ,mais l'eau surfondue congèle aussitôt le sol atteint sous forme de cristaux séparés .Le brouillard givrant est également provoqué par l'état de surfusion et le choc des particules contre un obstacle en mouvement (Pare-brise de voiture) .

18.3-La neige

La neige n'est pas toujours un désagrément ,surtout pour les adeptes des sports d'hiver et l'agriculture .L'origine de son apparition est différente selon qu'elle se manifeste en plaine ou en montagne .En plaine ,son apparition est liée à l'arrivée d'une masse d'air polaire accompagnée de vent de Nord .En montagne ,c'est l'arrivée d'un front chaud d'une dépression qui en est la cause .C'est pour cette raison que lorsqu'il va neiger ,le temps se radoucit ,souvent le soir .Quelques heures auparavant ,le ciel se couvre rapidement d'Altostratus qui s'assombrissent sans tarder .la température ,au lieu de se rafraîchir avec la tombée de la nuit ,reste au moins stable et oscille autour de ce point ,la pression diminue .



L'INFORMATION METEOROLOGIQUE ET SON UTILISATION

Les paragraphes qui suivent concernent plus particulièrement la météorologie pour l'aéronautique étant données l'utilisation et la nécessité de cette information tant au niveau professionnel qu'au niveau des activités de loisirs aériens (Aviation légère ,vol à voile ,etc.) .Cependant ,quelques éléments cités dans cette partie sont aussi utilisés dans d'autres activités (maritimes entre autres) .Un exemple d'utilisation pour une navigation sera également traité .La présence de l'information météo est obligatoire à bord de l'aéronef pour toute navigation .

Contenu de la section :

19-Elaboration ,les émagrames

20-Présentation de l'information

21-La documentation écrite ,codification

22-L'exploitation de l'information ,Exemple

ANNEXES

19-Elaboration ,les émagrames

La collecte des informations de pression ,température et humidité sur la colonne d 'air effectuée ,pour aller jusqu'à l'interprétation des résultats ,un certain nombre d'outils sont utilisés .Celui décrit ci-dessous en est un exemplaire .Il utilise les transformations de l'air en fonction de ses caractéristiques thermodynamiques .Précédemment ,nous avons parlé de température virtuelle et de gradients adiabatiques ,ces notions reviennent ici avec en plus la température potentielle .Les émagrames sont réalisés par radiosondages deux fois par jour (00 UTC et 12 UTC) dans certaines stations régionales .

19.1-Température potentielle

La température potentielle est la température qu'aurait une particule d'air ramenée à la pression de 1013.25 hpa par compression adiabatique .En posant $k = (g - 1)/g$ avec $g = C_p/C_v = 1,4$ pour l'air sec ,la température potentielle s'écrit ,P étant la pression au point de mesure et T_v ,la température virtuelle en °C :

$$T_p = T_v \cdot (1000/P)^k$$

19.2-Rapport de mélange

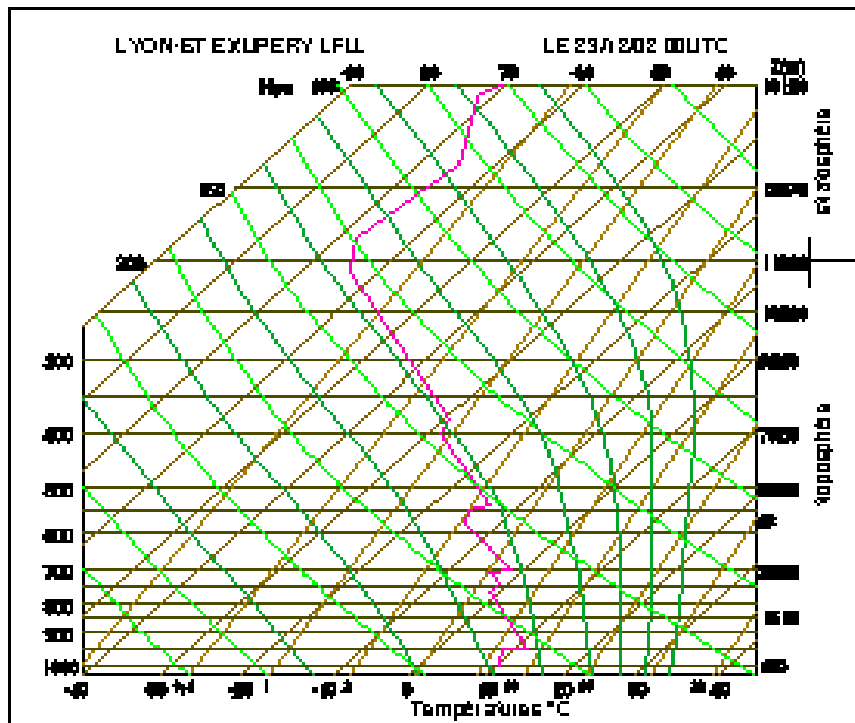
On définit également une grandeur nommée rapport de mélange à saturation ,notée r_w telle que

$$r_w = 0,622 \cdot P_s / (P - P_s)$$

Ce rapport est la quantité de vapeur d'eau en g/kg d'air sec contenue dans l'atmosphère .Sur un émagrame ,il est représenté par les lignes tiretées brunes inclinées à 55° .

19.3-Autres données représentées

En vert continu sont représentées les températures adiabatiques sèches .En vert foncé ,les adiabatiques saturées .Les isothermes sont définis de -40°C à +40°C avec un angle d'inclinaison de 45°/Horizontale .



La figure ci-dessus représente un émagrame réalisé à Lyon ,par radiosondage ,qui nous montre l'évolution de la température avec l'altitude .Sur ce graphique ,on distingue très nettement l'inversion de température dans la stratosphère .D'autre inversions sont aussi visibles à des altitudes inférieures .(800 m ,2500 m ,5000 m et 7300 m) .



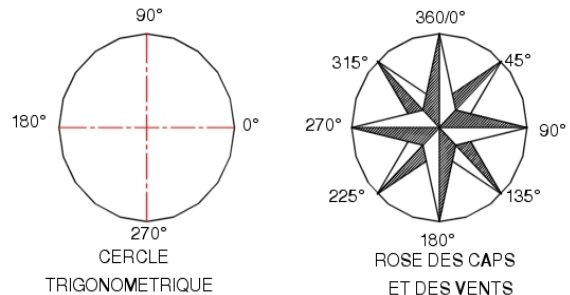
19.4- Evolution d'une particule d'air

A l'aide des émagrames ,on peut déterminer deux type d'évolution thermodynamique d'une particule d'air : Refroidissement isobare et détente adiabatique .

20-Présentation de l'information

20.1-Repérage angulaire utilisé

Compte tenu de l'utilisation permanente de ce concept, que ce soit dans les activités maritimes ou bien aéronautiques, il est bon de préciser les choses. En mathématiques, il y a le cercle trigonométrique, tel que sur la figure de gauche. En navigation et en météo, le Nord est l'angle 0° ou 360°, l'Est, le 90°, le Sud, le 180° et enfin l'Ouest, le 270°. Une relation simple existe entre ces deux systèmes de mesure : Soit a , l'angle dans le cercle trigonométrique, et b , le même angle dans la rose des vents. Il est facile d'écrire $a^\circ = 450 - b^\circ$



Lorsqu'on parle de vents, on indique leur provenance par la rose des caps et des vents. Ainsi un vent du 225 proviendra du sud ouest.

20.2-Les codes Q, Niveaux de vol

En aéronautique, une série de codes dits codes Q, s'est historiquement imposée. Dans le domaine de la météorologie, on distingue 4 codes Q :

- **Le QFE** : Pression à l'altitude du point de relevé
- **Le QNH** : Pression ramenée au niveau de la mer à ce même point, fonction du QFE
- **Le QNE** : pour les altiports, correspond à l'altitude pression du QFE
- **Le QFF** : Utilisé pour les prévisions météorologiques, en atmosphère réelle, et non en atmosphère standard, contrairement aux deux premiers. Ne pas utiliser en aéronautique. Cité pour information
- **Le calage 1013 hpa** : C'est le calage altimétrique conventionnel qui détermine l'altitude des niveaux de vol.
- **Les niveaux de vol** : C'est l'altitude en centaines de pieds au dessus de l'altitude par rapport au niveau de la mer de la pression 1013,25 hpa. Il est déterminé à partir du QNH en utilisant les règles de l'atmosphère standard (cf. 5). Utilisé sur les cartes météo aéronautiques et également pour assurer l'espacement vertical des avions en croisière. Ces niveaux apparaissent sur certaines cartes météorologiques pour les altitudes des nébulosités, entre autres.

N.B. : La navigation en niveaux de vol est imposée à partir de 1000 fts/sol ou 3000 fts/QNH, le plus élevé des deux. Le choix de ce niveau est dicté par les règles semi-circulaires³ variant suivant les pays (Israël a un découpage différent des autres pays : Nord-Sud au lieu de Est-Ouest).

20.3-Les Images Satellites, les cartes

Les images satellites constituent l'information visuelle au premier abord (Météo aux informations télévisées). Pour la majorité des gens, elle représente un état de bancs de nuages organisés au dessus de leur pays respectif. Intérêt : Leur animation permet de se rendre compte de l'évolution des masses nuageuses au cours du temps, extension ou régression. Ces images sont réalisées dans le domaine de l'infra rouge. Les nuances utilisées pour les nuages sont des fausses couleurs. Les nuages les plus élevés sont en gris très clair, les plus bas en gris foncé.

Les images radar permettent de détecter les gouttes d'eau les plus grosses, donc les zones de précipitations, et la présence de Cumulonimbus.

Les services météorologiques fournissent pour l'aéronautique deux grands types de cartes : C'est là qu'interviennent les niveaux de vol.

Les cartes de temps significatif (TEMSE) :

Pour l'aviation générale, on distingue deux types de TEMSE :

³ Les règles semi-circulaires ont trait aux directions de vol et spécifient un étagement vertical de 1000 fts entre deux vols de même nature et de direction opposée. Niveaux impairs pour les caps de 0° à 179°, pairs pour les caps de 180° à 359°. Cette notion tient de la Navigation aérienne et sera développée à cette occasion.



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

- La **TEMSEI EURO** :couverture géographique :la France métropolitaine et pays limitrophes .Elle regroupe tous les phénomènes significatifs quelque soit leur altitude .Les altitudes sont indiquées en niveaux de vol .Utilisée par les vols commerciaux court courrier .
- La **TEMSEI France** :France métropolitaine et Corse ,Limite d'altitude :12500 fts (environ 4000 mètres) ,les altitudes sont indiquées par rapport au niveau de la mer .Indications de visibilité et de l'isotherme 0°C .Utilisée principalement par l'aviation légère .

Validité de ces cartes :Dans le cartouche de celles-ci ,une date et une heure précise sont notées .L'heure indiquée est celle pour laquelle la situation décrite est valide .Pour l'exploitation de ces documents ,il faut en tenir compte .Il faut donc toujours faire reculer les fronts et les nuages par la pensée pour ramener la situation à l'heure qui nous concerne .L'heure indiquée est toujours en UTC (par rapport au méridien 0).La périodicité des bulletins est de quatre heures .

Les cartes de vents et températures prévus :

Fournies pour plusieurs niveaux d'altitudes ,en niveaux de vol .Indication des vents et des températures au niveau considéré .L'aviation légère utilise trois niveaux :

950 hpa =FL020 (600 m)

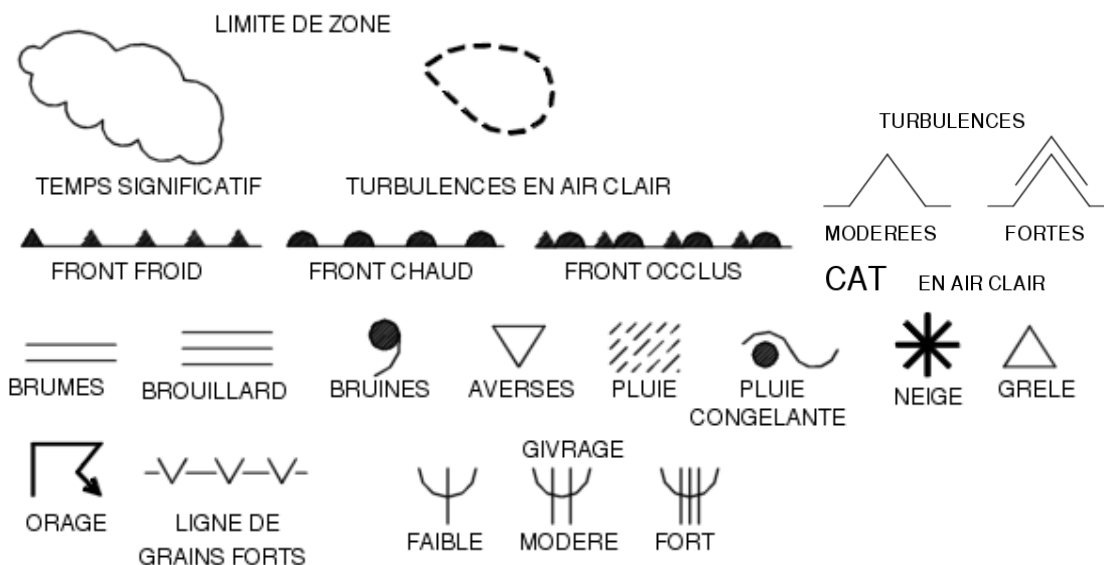
850 hpa =FL050 (1500 m)

700 hpa =FL100 (3000 m)

Ces cartes sont utilisées pour la conduite de la navigation (Prévision de dérive ,choix des altitudes de croisière) ,et pour la prévention des risques de givrage .

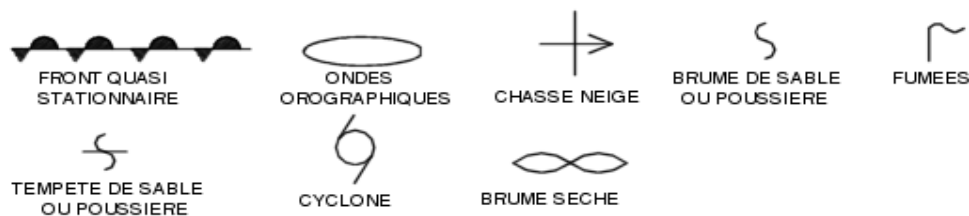
20.4-La symbolisation utilisée sur les cartes

20.41-Symboles généraux ,précipitations



20.42-Autres symboles

Ces symbolisations se rencontrent beaucoup plus rarement ,mais elles existent :





Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

20.43-Les vents

La vitesse des vents est codée en Nœuds marins (kts), l'échelle des valeurs est : 5 kts, 10 kts et 50 kts. L'orientation de la flèche indique la provenance. Indications portées sur les cartes vents et températures. Les courants-jets sont codifiés de la même façon, uniquement sur les TEMSI Euroc.



20.44-Annotations diverses

A-Localisation géographique

MAR	En mer	VAL	Dans les vallées
COT	Sur les cotes	LOC	Localement
LAN	A l'intérieur des terres	SFC	Au dessus de la surface du sol
MON	Au dessus des montagnes	CIT	Au dessus, aux abords des Villes

B-Quantité de nuages

La couverture nuageuse :

Le degré de couverture nuageuse du ciel est exprimé en octats, c'est à dire, en 8^{èmes} de ciel. Un ciel complètement couvert sera à 8 octats (OVC). A l'opposé, un ciel bleu sera à 0 octats (SKC). Si le ciel est plus couvert dans une direction que dans les autres, on regroupe par la pensée tous les nuages dans un même secteur et on en déduit le degré de couverture total.

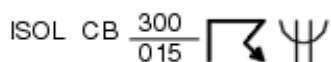
CODE	Cumulonimbus	CODE	Autres Nuages
ISOL	CB Isolés	SKC	Ciel clair (0 octats)
OCNL	CB occasionnels	FEW	Peu de nuages (1 à 2 octats)
FRQ	CB Fréquents	SCT	Nuages épars (3 à 4 octats)
EMBD	CB noyés dans les couches nuageuses (Danger !)	BKN	Nuages fragmentés (5 à 7 octats)
		OVC	Ciel complètement couvert (8 octats)
		LYR	Nuages en couches séparées

Les nuages et autres nébulosités sont codés de la façon suivante :

CODE	TRADUCTION	CODE	TRADUCTION
ST	Stratus	CU	Cumulus
AS	Altostratus	AC	Alto cumulus
CS	Cirrostratus	SC	Strato-cumulus
NS	Nimbostratus	CC	Cirrocumulus
CI	Cirrus	CB	Cumulonimbus

20.5-Utilisation de ces codifications sur les TEMSI

L'information codée sur les cartes est toujours présentée dans le même ordre : En premier lieu, la localisation, la couverture nuageuse, le type de nébulosités, puis les altitudes de base et de sommet de celles-ci (en altitudes vraies pour les TEMSI France, en niveaux de vol pour les TEMSI Euroc), le type de précipitations et, enfin, les phénomènes associés. Toutes ces annotations peuvent se cumuler.



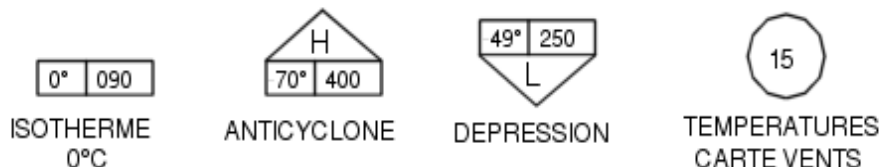
Dans l'exemple ci-contre, il s'agit de Cumulonimbus Isolés, dont la base est à 1500 fts et le sommet à 30 000 fts, accompagnés d'orages et de risques de givrage modéré.



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

20.6-Les températures

Sur les cartes des vents et températures ,les températures sans signe sont négatives ,ici ,la température indiquée est de -15°C ,les trois autres symboles apparaissent sur les TEMSI .(Les températures positives sont précédées du signe +) .



Les indications d'anticyclone et de dépression apparaissent sous cette forme sur les TEMSI Euroc ,avec la température au niveau de la troposphère et son altitude en niveau de vol ,mais pas sur les TEMSI France .Celles-ci sont portées approximativement au centre du tourbillon .L'altitude de l'isotherme 0°C ,ainsi que ,parfois ,l'isotherme -10°C ,est présente sur les deux TEMSI .

21-La documentation écrite ,sa codification standard

Pour la documentation écrite ,l'information est présentée dans un ordre immuable ,selon un codage standard et abrégé .(La plupart du temps ,dérivé de l'anglais) .Plusieurs types de prévisions sont fournies à l'aviation générale ,accessibles par Minitel ,Fax ou Internet ,aussi ,par téléphone .

On dispose ainsi du :

METAR (Observations toutes les heures rondes sur aéroport) .

SIGMET Message d 'observation de phénomène particulier temporaire

SPECI (Observation météo Spéciale sur aéroport ,en cas d'évolution brutale de la météo)

TAF (Prévisions sur aéroports)

GAFOR ,GAFO (Prévisions de route pour l'aviation générale)

21.1-Composition ,description

ITEM	EXEMPLE	DESCRIPTION
Date/Heure bulletin	221000Z	Le 22 du mois à 10 heures UTC
Aéroport	LFBD	Code OACI (Immatriculation) ,Ici , Bordeaux
Date/Heure de l'observation	221000Z	Le 22 du mois à 10 heures UTC
Vent en surface	12004KT	Vent du 120 pour 4 kts (au cours des 10 minutes précédentes)
Variation en direction du vent	110V180	L'orientation de la provenance du vent passe du 110 au 180
Visibilité horizontale	0700	Visibilité de 700 m
Météores	FG DZ	Brouillard ,Bruine (tableau 1)
Nébulosités	SCT010	1-4 octats à 1000 fts/sol (cf. 18.44 B)
Température/point de rosée	01/M01	Température sol $+1^{\circ}\text{C}$,température de rosée -1°C ,les températures négatives sont précédées de la lettre M
QNH (P niveau mer)	Q1008=	1008 hpa ,stable
Météores récents		
Etat des pistes		(Cf. tableau 3)
Tendance dans les 2 heures	BECMG	Devenant [Becoming] (tableau 2)
Début de l'évolution	AT1200	A 12 h UTC (FM :de (From) ;TL : jusqu'à (Until))
Type d'évolution	SKC	Ciel clair [Sky clear] (tableau 4)



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

21.2-Tableaux descriptifs

Ces tableaux complémentaires concernent le codage des météores ,les indicateurs de tendances et enfin ,les types d'évolution .De plus dans certains bulletins ,une codification supplémentaire est utilisée à propos des visibilitées et des bases de nuages (GAFFO et GAFOR) .Les signes **+** ,**-**,**=** sont utilisés pour caractériser respectivement une augmentation ,une diminution ou une stabilité du phénomène .

Tableau 1 et 2: les météores ,les prévisions

Code météo	DESCRIPTION	Code de prévision	DESCRIPTION
BC	En bancs	BECMG	devenant
BR	Brumes	TEMPO	Temporairement
DZ	Bruines	NOSIG	Pas de changement
FG	Brouillard	VRB+Vitesse kts	Variable (Vents)
FZ	Givrant ,surfondu	G	Variation du vent :ex 130G150
GR	Grêle		
GS	Grésil ,neige roulée		
RA	Pluie		
SH	Averses		
TS	Orage		
VC	Au voisinage		

Tableau 3 : Etat des pistes

Code	Description	Code	Description
07	QFU ou RWY 07 N° piste en service	92	10 cm de dépôt
4	Neige sèche	91	Freinage faible
9	Piste contaminée (51 à 100%)		

Tableau 4 : Codes d'évolution

Code d'état	DESCRIPTION
CAVOK	Visibilité>10 km ,pas de nuages au dessous de 1500 m ,pas de précipitations
SKC	Ciel clair ,Visibilité <10 km ,existence de météores ,remplace les groupes de nuages
NSW	Pas de météores significatifs ,fin d'un météoire (pluie ,neige ou grêle)

21.3-Tableau des codes GAFO

Le territoire Français est divisé en zones d'observations et de prévisions par METEO-France ,Celles-ci sont repérées par un numéro ,et toutes les altitudes indiquées dans les messages se rapportent à une altitude de référence spécifique à chaque zone .Sur la carte de zones ,cette altitude en mètres est précisée au voisinage du numéro .Les codes GAFO concernent les altitudes de bases des nuages en mètres ,ainsi que la visibilité horizontale indiquée en km .Valable pour le vol à vue (VFR) .

Altitudes (m)	VISL.< 1,5	1,5 <= VISL.< 5	5 <= VISL.< 8	VISL.>= 8
H >= 600	X	M3	D2	O
300 <= H < 600	X	M4	D3	D1
150 <= H < 300	X	M5	M2	M1
H < 150	X	X	X	X

Cette codification n'intéresse que les nébulosités pour des couvertures supérieures ou égales à 4 octats .(BKN et OVC)



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

Signification des codes

X	VFR Interdit
O	VFR autorisé sans difficultés
D	Plafond et visibilité réduits VFR difficile
M	Mauvaises conditions de vol

Pour les codes D et M ,ils sont suivis d'un chiffre de 1 à 5 ,traduisant une aggravation croissante avec la valeur du chiffre .

21.4-Exemples de messages

Lyon St EXUPERY (METAR/TAF AEROFAX)

METAR :

080830 LFL 080830Z 15006KT 110V180 9999 FEW013 SCT080 22/17 Q1004 NOSIG=

TAF :

LFL 081100Z 081221 20008KT 9999 SCT040 SCT100 TEMPO 1421 SHRA SCT030 BKN090=

Traduction :

METAR :

Le 8 du mois à 8h30 UTC ,vent du 150 à 6 kts ,provenance variant du 110 au 180 ,visibilité >10km ,1 à 2 octats à 1300 fts/sol ,3 à 4 octats à 8000 fts/sol ,température 22°C ,point de rosée 17 °C, QNH 1004 ,pas de changement prévu dans les deux heures à venir .

TAF :

Emis à 11hUTC ;le 8 du mois , entre 12h et 21h UTC ,vent du 200 à 8kts ,visibilité>10 km ,3 à 4 octats à 4000 fts/sol ,3 à 4 octats à 10 000 fts/sol ,temporairement entre 14h et 21 h ,averses de pluie ,3 à 4 octats à 3000 fts/sol ,5 à 7 à 9000 fts/sol .

Message SIGMET FIR Marseille (AEROFAX)

LFMM SIGMET 4 VALID 051100 /051500 LFMM-FIR MARSEILLE /SEV TURB OBS ON SOUTH LFMM FIR ,BTN GND AND FL070,VALLEY AND DELTA WIND FL050 36050KT.STNR=

Traduction :

SIGMET N°4 ,valide au 5 du mois de 11 h UTC à 15 h UTC ,Aéroport de Marseille ,Secteur d'Information en vol de Marseille .Turbulences sévères observées dans le sud de la zone ,entre le sol et le niveau de vol 70 ;dans la vallée et le delta du Rhône , vent du 360 à 50 kts au niveau 50 ,situation stationnaire .

Message GAFO

30 31 M1 ISOL X RA BECMG 1218 O TEMPO 1215 RASH

Traduction :

Concerne les zones météo 30 et 31 ,conditions M1 ,isolément conditions X ,Pluie ,devenant entre 12 et 18 h UTC ,conditions VFR correctes , temporairement ,entre 12 et 15h UTC ,averses de pluie .

Message SPECI

LFPN 300620Z 20020KT 0200 FG SN OVC002 NOSIG M3=

Traduction :

Aérodrome de Toussus le Noble ,le 30 du mois ,à 6h20 UTC ,vent du 200 à 20 kts ,visibilité horizontale de 200 m ,Brouillard et neige ,ciel complètement couvert à 200 fts/sol ,pas d'évolution prévue dans les deux heures à venir ,Message d'aggravation (code M ;si code B ,Amélioration)



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

22-L'exploitation de l'information ,Exemple

Il est recommandé ,avant de s'envoler pour des contrées plus ou moins lointaines ,de consulter la météo du trajet environ une demi-heure avant l'heure prévue du départ .

Dans les paragraphes précédents ,tout un ensemble de documents et leurs codifications ont été décrits ,ceux-ci constituent le dossier réglementaire de météo pour une navigation .Au passage ,il est utile de préciser que le vocable 'navigation' signifie toute sortie au dehors des tours de pistes .On peut considérer que nous sommes en règle pour partir .Cependant ,ce dossier se doit d'être dépouillé avant toute décision de mettre le moteur en route .Il s'agit de savoir si on peut effectivement accomplir la navigation prévue ou non ,et dans quelles conditions .Pour cela ,lors de la préparation de la NAV ,un certain nombre d'opérations doit être effectué :

- 1- Faire une coupe en long du relief principal survolé avec les points hauts et les aérodromes les plus proches de la route envisagée .
- 2- Relever les départements traversés ainsi que leurs numéros minéralogiques (Utile pour la consultation des bulletins météo)
- 3- Prévoir ,dans la mesure du possible ,les détournements en cas de problème .
- 4- Calculer le temps sans vent prévu de vol en fonction de la croisière et des critères prévus pour celle-ci (Niveaux mini de vol ,temps de vol ,type d'avion :vitesse de croisière ,possibilité d'altitude de croisière de l'avion en question) .
- 5- Repérage des fréquences radio de contact des aérodromes et des secteurs d'information en vol traversés .

NB :Dans toute cette partie ,il s'agit du vol en conditions réglementaires VFR (Règles du vol à Vue),Les conditions spécifiques du vol en IFR ,sortant largement du cadre de cette partie .Dans le cas le plus usuel du pilote privé d'aéroclub ,l'utilisation des TEMSI France sera largement privilégiée .Nous parlerons donc ,concernant les cartes ,d'altitudes par rapport au niveau moyen de la mer .

Dans tout ce qui suit ,nous allons procéder à l'aide d'un exemple de voyage .

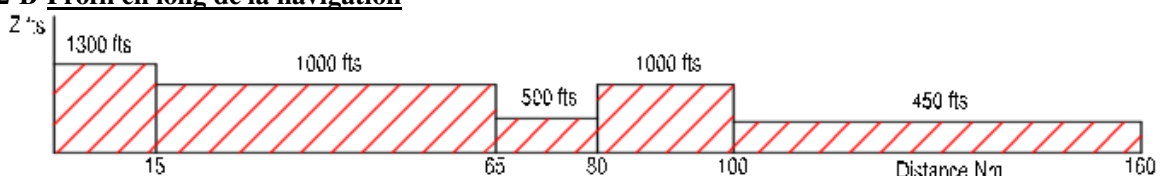
22-A-De l'usage de la carte TEMSI

Une navigation comporte un aérodrome de départ et un d'arrivée ou d'escale en règle générale . Pour chaque tronçon entre deux aérodromes ,tracer sur la TEMSI une ligne joignant les deux aérodromes en question .Normalement ,ils doivent apparaître sur la coupe en long préparée auparavant .La navigation en question est listée dans le tableau suivant :

Point tournant	Distance (Nm)	Cap (° magnétique)
Montceau AD (LFGM)	N 46.6042 (Latitude)	E 4.3339 (longitude)
LA CHARITE/Loire	64.2	303
Waypoint 1	35	280
CHEVERNY (chateau)	31.6	298.
CHAMBORD (chateau)	7.78	22.
BLOIS AD (LFOQ)	13.4	279.

Compte-tenu de la destination de la navigation ,(Cap entre 179° et 360°) ,nous adopterons des niveaux de croisière en valeurs paires (FL025 ,FL045 ou FL065) .Les départements traversés : 71 ,58 ,18 ,37 et 41 .La durée du vol sans vent prévue est de 1 heure et 20 minutes (avec une vitesse de croisière de 210 km/h ,Vitesse indiquée) .Pour l'occasion ,le départ est prévu à 11h UTC ,soit une heure avant celle indiquée pour la validité de la météo .

22-B-Profil en long de la navigation





Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

4-Tables de conversions d'unités

Longueurs

	m	fts	inch	km	Nm	Stmile
m	1	3.281	39.39	0.001	0.00054	0.00062
fts	0.3048	1	12	0.00030	0.000165	0.00019
Inches	0.02539	0.083	1	0.000025	0.000014	0.000016
km	1000	3281	39386	1	0.54	0.622
Nm	1851.9	6076	72938	1.852	1	1.151
Stmile	1609	5279	63371	1.609	0.87	1

Poids

	kg	Tonne	Lbs	Long ton	Short ton	Newton
kg	1	0.001	2.203	0.001	0.001	9.81
Tonne	1000	1	2203	0.984	1.102	9811
Lb	0.454	0.00045	1	0.00045	0.0005	4.5
Long ton	1016	1.016	2238	1	1.120	9968
Short ton	907.2	0.9072	1998	0.893	1	8900
Newton	0.102	0.0001	0.2245	0.00010	0.00011	1

Pressions

	Hpa	Bar	psi	Inch HG	Mpa	daN/mm ²
hpa	1	0.001	0.0145	0.0295	0.0001	0.00001
bar	1000	1	14.503	29.54	0.1000	0.0102
psi	68.95	0.069	1	2.04	0.006895	0.000703
Inch HG	33.85	0.034	0.491	1	0.0034	0.0003
Mpa	10000	10.0	145.03	295.42	1	0.1019
daN/mm ²	98100	98.1	1422.8	2898.1	9.81	1

Volumes

	Litre	m ³	USG	Imp G	US Quart	US Barrel
Litre	1	0.001	0.264	0.22	0.88	0.0063
m ³	1000	1	264.20	220	880	6.3
USG	3.785	0.004	1	0.83	3.33	0.02
Imp G	4.546	0.005	1.20	1	4.00	0.03
US quart	1.137	0.001	0.30	0.25	1	0.01
US Barrel	158.99	0.159	42.00	35.0	140	1

Vitesses

	km/h	m/s	kts	MPH	Fts/mn
km/h	1	3.60	0.54	0.62	54.681
m/s	0.2778	1	1.94	2.24	196.83
kts	1.852	0.514	1	1.15	101.263
MPH	1.609	0.447	0.869	1	87.981
Fts/mn	0.018	0.005	0.0099	0.0114	1

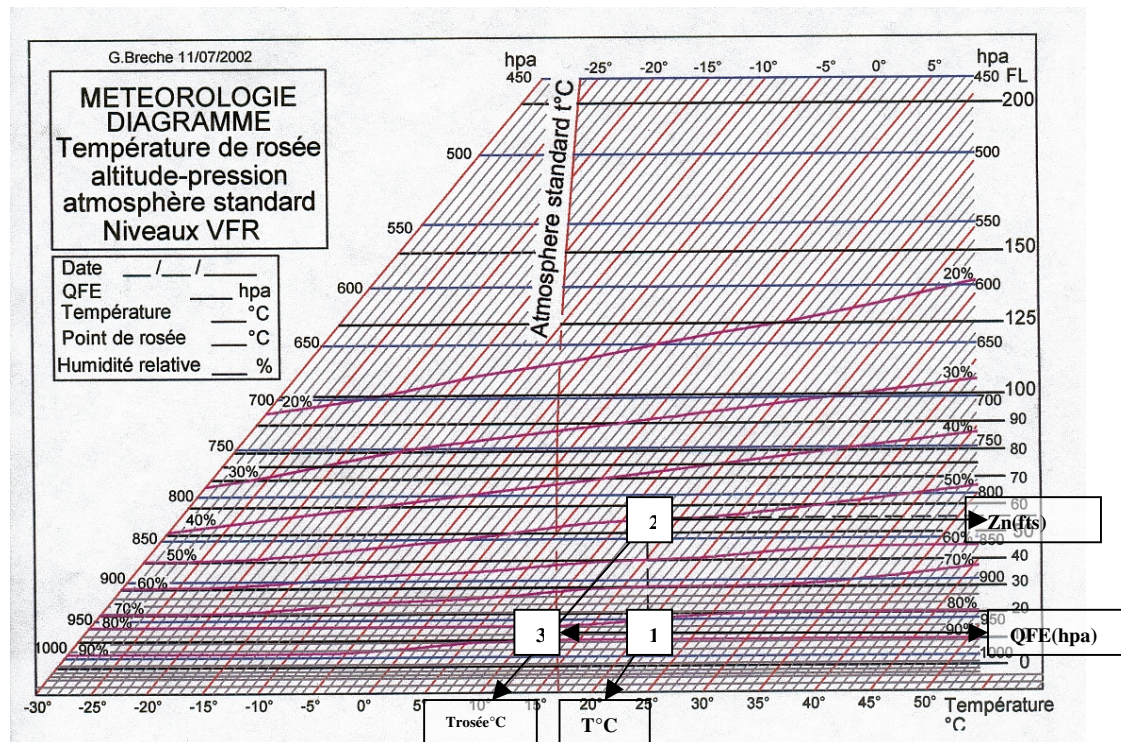


Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

5 – Diagramme de dépouillement météo

L'abaque ci-dessous permet de dépouiller rapidement la météo ,connaissant simplement 3 données :Le QFE,la température du lieu et l'humidité relative (%) du lieu .En résultats ,on peut en déduire :

- L'altitude-pressure du lieu ,et la température standard
- La température de rosée et l'altitude en niveau de vol de la base des nuages (Zn fts)



Les lignes à 45 degrés sont les températures en degrés C ,les isobares ,lignes horizontales ,sont les pressions (QFE) ,les courbes en rouge sont les pourcentages d'humidité relative (graduations entre 90% et 20%) ..Connaissant le QFE et la température correspondante ,il suffit de placer ce point sur le diagramme ,la connaissance de eh (%) permet ,par le tracé d'une verticale partant du point 1,jusqu'à la rencontre de la courbe d'humidité correspondante (point 2),puis en suivant ,de relever Zn,ainsi que la température standard (point 3). La température de rosée s'obtient à partir du point 2 .



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE

Bulletins Météo : Service Aérofax FNA (Fédération Nationale de l'Aéronautique)/METEO-FRANCE
Aide mémoire à destination de l'aéronautique: METEO-FRANCE Juillet 1998



Météorologie Générale PRINCIPES DE BASE