

Qu'est-ce qu'un émagramme ?

L'émagramme sert à apprécier la plus ou moins grande instabilité de la masse d'air.

Un émagramme est un graphique très particulier, sur lequel on reporte le profil vertical de **température** et d'**humidité** de la masse d'air.

Ce profil peut être obtenu soit par mesure, soit par un calcul prédictif.

La mesure est faite par une sonde embarquée sous un ballon, d'où les termes de ballons sonde et de sondage.

Le calcul utilise un modèle global (planétaire) ou régional de l'atmosphère basse ou troposphère, en interaction avec le sol, les océans, la stratosphère, et soumis aux échanges radiatifs.

La simulation (calcul) par modèle **permet de prévoir l'avenir**.

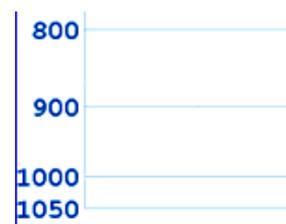
La mesure (par ballon-sonde) **permet de prévoir le présent**. En effet, elle révèle des irrégularités que la simulation n'a pas prédites.

Que trouve-t-on sur un émagramme ?

Un système d'axes inhabituel :

En ordonnée, la pression atmosphérique,

lignes de rappel horizontales appelées **isobares**,
graduations à gauche en vertical, exprimées en millibars (mb)
ou hecto-Pascal (hPa) (unité internationale équivalente au mb).



En abscisse, la température,

lignes de rappel inclinées à **45°** vers la droite appelées **isothermes**,
graduations en bas, à droite, sur les lignes, voire en haut,
exprimées en degrés Celsius (°C) (*ici*), ou Fahrenheit (°F) (unité anglo-saxonne).



Pourquoi un axe incliné ?

Dans un système d'axes traditionnels, orthogonal (axes perpendiculaires), avec abscisse horizontale et ordonnée verticale, le report du profil de la masse d'air donne des courbes fortement inclinées vers la gauche.

Le caractère plus ou moins instable de l'air est lié à la pente du profil de température. Dans ses conditions, l'appréciation à l'oeil et le tracé pour trouver l'altitude de condensation sont délicats. L'abscisse à 45° "redresse" les profils (moins penchés) et facilite le travail.

Des faisceaux de courbes :

Les adiabathiques sèches,

inclinées vers la gauche et creusées.

Une particule d'air qui s'élève en altitude **sans condensation** voit sa température suivre la courbe sur laquelle elle est positionnée au départ.

Graphisme :

trait **gris continu** sur le profil calculé NOAA/ARL (*ici*),

trait **bleu continu fin** sur le sondage interactif NOAA/ESRL/GSD,

trait **vert continu fin** chez Météo France.

On les appellent également courbes "**téthas**".



Les pseudo-adiabathiques humides,

plus "raides" que les adiabathiques sèches, et "bombées".

Une particule d'air qui s'élève en altitude **avec condensation** voit sa température suivre la courbe sur laquelle elle est positionnée au point où apparaît la condensation de la vapeur d'eau.

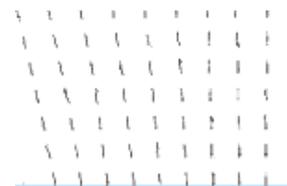
Graphisme :

trait **gris pointillé** sur le profil calculé NOAA/ARL (*ici*),

trait **rouge continu fin** sur le sondage interactif NOAA/ESRL/GSD,

trait **vert pointillé fin** chez Météo France.

On les appellent également courbes "**théta' w**", le prime pour pseudo, et w pour water.



Les courbes de ces deux familles sont numérotées en utilisant la température par laquelle chacune passe pour la pression conventionnelle de 1000hPa (1000mbar).

Par exemple, la **théta' w [5°]** est la courbe avec condensation passant par le point de coordonnées **1000hPa** et **+5°C**.

Les iso-rapports de mélange à saturation,

permettent de connaître l'humidité absolue d'une particule d'air.

Le rapport de mélange se mesure en gramme d'eau par kilogramme d'air sec. **Il sert à déterminer** sur l'émagramme, connaissant la température et le point de rosée initial, **l'altitude** à laquelle va se produire le début **de la condensation**.

Une particule d'air qui s'élève en altitude voit tous ses paramètres, pression, température, température (ou point) de rosée, évoluer concomitamment durant l'ascension. Seul le rapport de mélange est constant, par suite de la conservation de la matière.



Graphisme :

trait **brun** sur le profil calculé NOAA/ARL (*ici*),

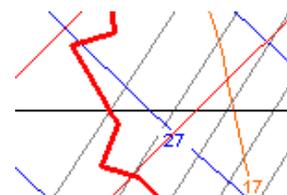
trait **gris fin** sur le sondage interactif NOAA/ESRL/GSD,

trait **vert pointillé fin** chez Météo France.

Le report des paramètres de l'atmosphère :

La température de l'air,

sous forme d'une **courbe rouge**.



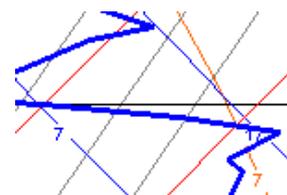
L'humidité de l'air,

sous forme d'une **courbe bleue**,

(exception, **verte** sur le profil calculé NOAA/ARL).

Elle peut être représentée par,

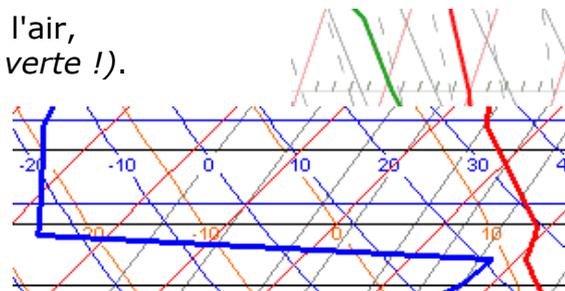
- **la température de rosée** (représentation américaine),
(cas de l'illustration; sondage interactif NOAA/ESRL/GSD),
- **la température du "thermomètre mouillé"** (représentation française).



Avec la température du "thermomètre mouillé", l'écart courbe

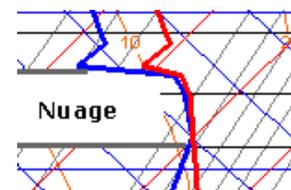
rouge - courbe bleue suggère bien l'humidité relative de l'air, (comme ici, mais la courbe traditionnellement bleue est verte !).

Avec le point de rosée, l'écart est dilaté, l'interprétation est mal aisée. Ici, lors de la petite inversion, l'air passe de -9°C à $-10,5^{\circ}\text{C}$ et le point de rosée de -12°C à $-56,5^{\circ}\text{C}$.



A saturation, température de l'air = point de rosée = température du thermomètre mouillé.

Les deux courbes du graphique se rejoignent. Nous sommes en présence d'un nuage.



En complément de l'émagramme, figurent également :

Le vent,

sur le côté droit, sous forme de vecteurs pour la direction (flèches dans le sens **où va le vent**), munis de barbules pour indiquer l'intensité.

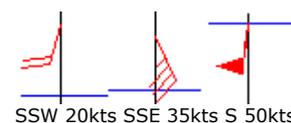
Barbules :

- un petit trait : 5 noeuds,
- un grand trait : 10 noeuds,
- un triangle : 50 noeuds.

unités : 1 noeud = 1 mile à l'heure = 1kts = 1 knots = 1.85km/h

conversion : 1 kts x 2, puis -1/10 du résultat

exemple : convertir 35 noeuds en km/h - $35 \times 2 = 70$, $70 - 7 = 63 \text{ km/h}$



Autre représentation du vent,

l'hodographe,

projection sur un plan horizontal, vu à la verticale, du vecteur vent.



Quelques définitions

Troposphère : 1ère couche de l'atmosphère où l'on trouve les nuages. Elle est chargée d'humidité.

Elle va du sol à la tropopause, soit 8 000m aux pôles, 11 000 m sous nos latitudes, 18 000m à l'équateur.

Sa température décroît régulièrement du sol à la tropopause, qui est à -54°C (atmosphère "standard" OACI utilisée par l'aviation civile).

Ce sont tous les écarts par rapport à l'atmosphère standard, stable, qui intéressent notre science du vol en ascendance.

Stratosphère : 2ème couche de l'atmosphère, sans nuages

Stratopnere : zeme couche de l'atmosphère, sans nuages

(sauf les exceptionnels nuages nacrés - [dossier](#)).

Sa température est constante avec l'altitude. Elle constitue un blocage radical à la convection, d'où l'absence des nuages (exception faite des débordements verticaux de systèmes orageux dit dépassement de tropopause).

Elle est le lieu des Jet-Streams, tubes de vent à 300, voire 500km/h, longs de plusieurs milliers de kilomètres, en relation avec les fortes tempêtes.

Echanges radiatifs :

En gros,

- Rayonnement solaire : apport d'énergie du soleil vers le sol. Le moteur de tous les déplacements, dont la convection. Un peu d'UV, le rayonnement visible, l'infrarouge de courte longueur d'onde ($< 4\mu\text{m}$).

- Rayonnement thermique : perte d'énergie du sol vers le fond froid de l'univers. Provoque l'inversion de température au niveau du sol par ciel clair durant la nuit. A l'équilibre, compense les apports solaires. Infrarouge de grande longueur d'onde (de 4 à $100\mu\text{m}$).

Les nuages, les poussières, certains gaz (CO_2 , ozone, vapeur d'eau), absorbent, réfléchissent ou réémettent ces rayonnements.

Localement, on est généralement hors équilibre, d'où les mouvements (atmosphère, océans).

Point de rosée :

C'est une température.

Plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'eau à l'état de vapeur (hammam, régions équatoriales).

Soit une particule d'air, à une température et une pression donnée. Refroidissons la sans changer la pression (dans la nature, sans élévation en altitude). Sa capacité à contenir de la vapeur d'eau diminue. Puis on attend la limite. La partie de l'eau qui ne peut plus être sous forme de vapeur condense (dans la nature, rosée sur les feuilles, brouillard au sol s'il y a un peu de vent, apparition des premières barbules dans les ascendances).

Si l'air est saturé, le point de rosée est par définition atteint et cette température équivaut à la température de l'air.

La mesure du point de rosée, associée à la mesure de la température de l'air, est la façon la plus précise de calculer l'eau présente dans l'air.

Humidité relative :

Rapport, en pourcent, de la quantité d'eau effectivement contenue, sur la quantité maximale que pourrait contenir la particule d'air, à la même température.

Elle donne une idée de la proximité de la saturation.

L'humidité relative est difficile à manipuler, elle dépend de la température.

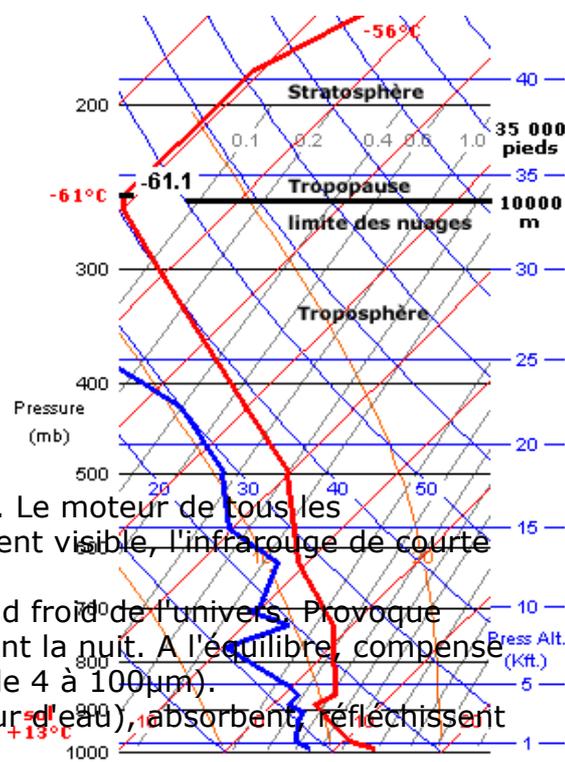
Soit un mètre-cube d'air à la pression régnant au niveau de la mer en condition standard (1013hPa). A 0° et 90% d'humidité relative, il contient 4,3 g d'eau. C'est très sec en absolu. Il suffit que cet air entre dans une maison et s'échauffe à 18° pour donner de l'air à 27%. Le linge sèche très bien dedans, mais pas dehors !

Un air à 30° et 90% (Guyane) contient 27,3 g d'eau. C'est colossal, 6 fois plus qu'à 0°C . D'où les cumulo-nimbus fréquents le soir.

Température du thermomètre mouillé :

Entourons le bulbe d'un thermomètre d'un linge mouillé. En présence de vent, l'évaporation de l'eau, consommant de l'énergie, abaisse la température. Plus l'air est sec, plus l'évaporation est intense et plus l'abaissement de température est important.

Si l'air est saturée, il n'y a plus d'évaporation possible. La température du thermomètre mouillés est égale à celle donnée par un thermomètre habituel (température "sèche").



Pour fixer les idées, voici un [Aide mémoire](#).

Utilisez l'émagramme pour apprécier qualitativement [la température et l'humidité](#) de la masse d'air.

*F-D. M.
Mise en ligne
18/04/2009*