

Les
instruments
de la
météorologie

Le thermomètre

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET GÉNÉRALITÉS

Le thermomètre est un appareil qui sert à mesurer et à afficher la valeur de la température.

Le mot « thermomètre » apparaît pour la première fois en 1624 dans les Récréations mathématiques de Jean Leurechon (1593-1670).

Le principe : un liquide se dilate régulièrement et de façon mesurable lorsque sa température augmente.

L'échelle de température la plus répandue est le degré Celsius, dans laquelle l'eau à l'état solide fond à 0 °C et l'eau à l'état liquide bout à environ 100 °C dans les conditions standard de pression. Dans les pays utilisant le système anglo-saxon d'unités, on emploie le degré Fahrenheit. La glace fond alors à 32 °F et l'eau bout à 212 °F.

Le rapport entre les deux systèmes d'unités est le suivant : $T_{°C} = 5/9 (T_F - 32)$

LES PHYSICIENS

Daniel Fahrenheit (1686-1736), physicien allemand.

Il proposa, en 1708, de fixer à 0 degré la température la plus basse atteinte par un mélange eau-sel, et à 96 degrés la température moyenne du corps humain.

Il fut le premier à fabriquer un thermomètre à mercure.

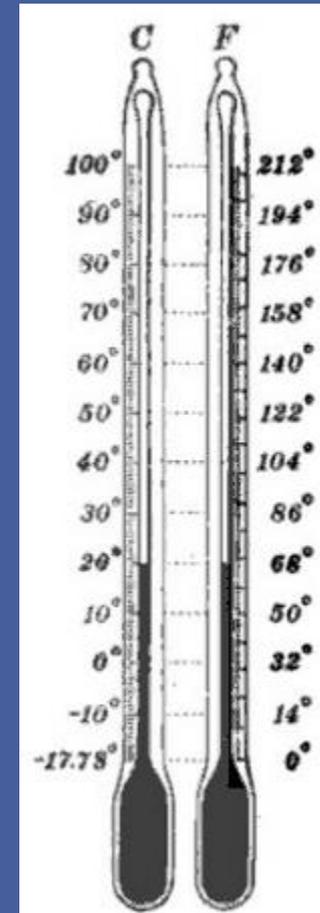


Anders Celsius (1701-1744), physicien danois.

Il proposa, en 1741, l'échelle centigrade et fixa à 0 degré le point d'ébullition de l'eau et à 100 celui de sa solidification.

L'échelle sera inversée par la suite et adoptée comme échelle légale en 1794.

Source : ast.wikipedia.org

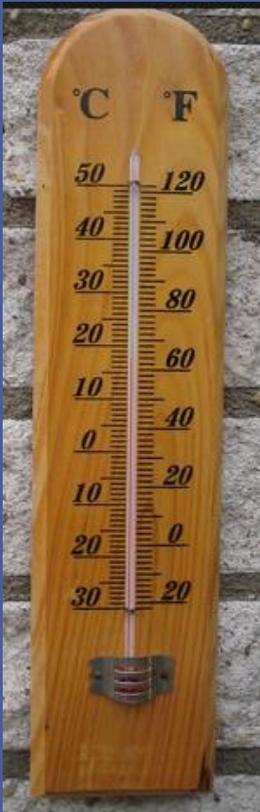


Source : commons.wikimedia.org

Comparaison des échelles de Celsius et de Fahrenheit

LES THERMOMÈTRES LES PLUS COURANTS

Depuis quelques années, il y a de moins en moins de thermomètres à mercure. En effet, le mercure est un élément très toxique. Si le thermomètre se brise, le mercure peut se diffuser dans l'organisme, ce qui est très dangereux.



Thermomètre à alcool

Source : ro.wikipedia.org

Le thermomètre électronique utilise l'effet **Seebeck** (1821).

Ce scientifique constata qu'une différence de potentiel (ddp) apparaissait à la jonction de deux matériaux soumis à une différence de température : les thermocouples.

On peut mesurer des ddp, donc des températures, avec des thermocouples.



Thermomètre électronique

Source : commons.wikimedia.org

ET LE THERMOMÈTRE DE GALILÉE ?



Description : Le thermomètre de Galilée est un thermomètre qui donne la valeur de la température au degré près (petit intervalle de température).

La température se lit sur la boule la plus basse qui flotte.

Ce thermomètre est constitué d'une colonne remplie par une huile minérale transparente contenant des boules de même volume mais de masses différentes – elles contiennent de l'eau ou de l'alcool, réalisées en verre soufflé. Ces boules sont lestées par un médaillon métallique sur lequel est gravé une valeur de température.

Explication : L'huile a une masse volumique $\mu(T)$ qui se modifie en fonction de la température (d'où le T entre parenthèses).

Une boule, de masse volumique μ_b (b pour « boule »), est soumise à son poids $\mu_b.V.g$ (dirigé verticalement et vers le bas) et à la poussée d'Archimède, qui s'y oppose : $\mu(T).V.g$ (dirigée verticalement vers le haut). « g » représente l'accélération de la pesanteur ($9,81m.s^{-2}$).

Si $\mu_b = \mu(T)$, la boule est en équilibre. Si T augmente, l'huile se dilate, $\mu(T)$ diminue, la poussée d'Archimède diminue et la boule descend (avec une faible vitesse car l'huile est visqueuse).

Le pluviomètre

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'eau de pluie tombe dans le pluviomètre qui a une ouverture en forme d'entonnoir. Cette quantité d'eau est identique à celle qui tombe en dehors du pluviomètre. L'intérieur du pluviomètre est gradué en millimètre. On relève la valeur atteinte par le niveau d'eau en un temps donné (temps régulier). Entre deux mesures, on vide bien évidemment le pluviomètre.

Attention : la lecture doit se faire avec les yeux bien en face du trait de graduation atteint par le niveau d'eau. Il faut regarder le bas du ménisque pour lire la bonne valeur de précipitation.

1mm de précipitation ↔ 1L d'eau/m²



œil



Source : histoire.bournezseau.free.fr

LES PLUVIOMÈTRES DANS L'HISTOIRE

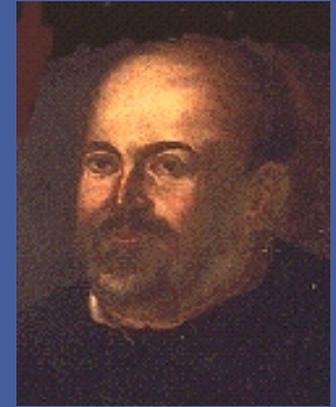


Le premier pluviomètre connu date de 1441. Il a été trouvé en Corée. Il était en bronze. Un réseau de mesures des précipitations couvrait alors tout le pays et les résultats étaient collectés pour le roi Sejo de Corée.

Source : Météo France

En 1639, **Benedetto Castelli** (1577-1644), élève de Galilée, effectue sa première mesure de précipitations. Il met un peu d'eau dans un récipient en verre cylindrique et repère le niveau correspondant ; il expose ensuite le récipient à la pluie et marque toutes les heures d'un repère le niveau atteint par l'eau.

Source : galileo.rice.edu



En 1663, l'Anglais **Christopher Wren** (1632-1723) construit le premier météographe. Cet appareil enregistre plusieurs paramètres météorologiques, tels que la température de l'air, la direction du vent et les précipitations. Dans le même temps, Wren présente le principe des augets à basculement. Le pluviomètre à augets est repris par **Hooke** en 1670.



Source : britannica.com

Le baromètre

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Un baromètre est un appareil qui permet de mesurer la pression atmosphérique. Cette pression est indiquée en pascal (Pa) ou en hectopascal (hPa).

Le baromètre permet de prévoir le temps qu'il fera.
Il peut être utilisé comme altimètre.

L'air est composé d'azote à 78% (N₂), d'oxygène à 21% (O₂), d'autres gaz et d'eau. Le poids de ce mélange constitue ce que l'on appelle la «pression atmosphérique». Au niveau de la mer, la couche d'air qui appuie sur la terre est la plus épaisse et la pression est la plus élevée. Plus on monte en altitude, plus l'épaisseur de la couche d'air diminue et moins la pression est élevée, d'où la possibilité d'utiliser le baromètre comme altimètre également.

Lors d'un anticyclone, il y a des mouvements descendants de masses d'air froid qui empêchent la formation de nuages et augmentent la pression au sol. On parle de haute pression (en général au-dessus de 1020 hPa).

A contrario, les basses pressions (sous 1010 hPa) sont caractéristiques d'une dépression.

LE BAROMÈTRE DANS L'HISTOIRE

En 1647, **Evangelista Torricelli** (1608-1647), élève de Galilée (encore un !), invente le baromètre à mercure.



Torricelli a l'idée de remplir un tube de verre de mercure, de le boucher avec un doigt et de le retourner dans un bassin rempli de mercure.

Il observe que le mercure ne s'écoule pas dans le bassin, et qu'il en reste toujours environ 76 cm dans le tube, et ce, quelle que soit la hauteur du tube. Il en déduit que c'est l'air qui fait pression sur le bassin et empêche le tube de se vider. Ce baromètre fonctionne sur le principe de l'équilibre des forces.

Source : delcampe.net

En 1648, **Blaise Pascal** (1623-1662) approfondira la notion de pression atmosphérique (d'où les unités en Pascal et hectoPascal). Il publiera notamment suite à ses expériences « L'équilibre des liqueurs » et « La pesanteur de l'air ».



Source : en.wikipedia.org

DES BAROMÈTRES



Dans un **baromètre anéroïde**, un capteur muni d'une membrane en équilibre agit comme détecteur. C'est la "capsule de **Vidie**" (du nom de son inventeur). Sous la pression exercée par l'air atmosphérique, la membrane subit une force qui est communiquée à un levier qui transmet le déplacement à une aiguille grâce à un mécanisme de précision. *Source : 3bscientific.fr*



Basé sur les principes de Torricelli, ce baromètre utilise de l'eau à la place du mercure. Lorsque la pression atmosphérique augmente, le liquide du tube descend.

Baromètre à eau de Goethe

Source : littoclime.net

Le baromètre à gaz utilise le principe de la détente ou de la compression de ce gaz en fonction de la pression atmosphérique, mais aussi sous l'influence de la température, d'où une lecture plus précise.

L'anémomètre

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

L'anémomètre à coupelles (Thomas Romney Robinson – 1846) se compose de trois (voire 4) demi sphères fixées sur trois (4) bras horizontaux.

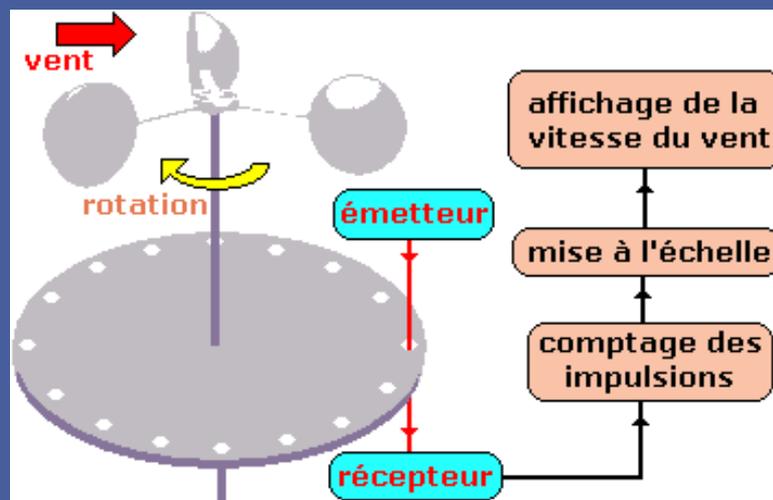
Les bras sont disposés à 120 degrés (90 degrés) et capables de tourner par rapport à un axe vertical.

L'axe vertical est équipé d'un dispositif de comptage : la vitesse de rotation de l'anémomètre est proportionnelle à la vitesse du vent.

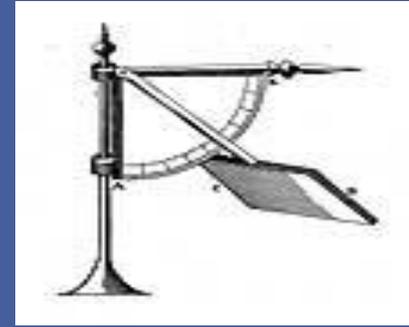
L'appareil obtient la vitesse du vent par comptage des impulsions pendant un temps donné.

Même principe pour l'anémomètre à hélice.

Source : sitelec.org



L'ANÉMOMÈTRE DANS L'HISTOIRE



Léon Batista Alberti (1414-1472), ingénieur de la Renaissance, imagina le premier anémomètre en 1450.

La force du vent était estimée à partir de l'angle formé entre la plaque et l'axe vertical (position repos) – cf. lithographie. C'est le principe de l'**anémomètre à palette**.

Robert Hooke (1635-1703), physicien anglais, réinvente un anémomètre utilisant le même principe (1664).



Source : anemotech.free.fr

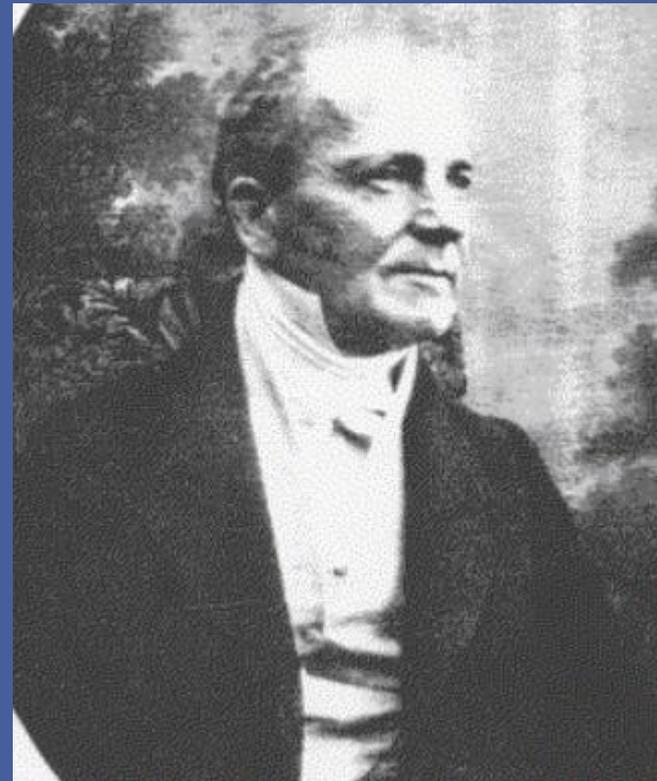
MESURER LA VITESSE DU VENT

L'officier naval et hydrographe britannique, Sir Francis Beaufort (1774-1857), a travaillé sur la direction et la fréquence du vent.

Il a mis au point en 1805 une échelle de mesure du vent en observant ses effets sur la voilure des navires, et sur l'aspect de la mer.

C'est l'échelle de Beaufort (qui est encore utilisée de nos jours).

L'échelle de Beaufort					
Nombre de Beaufort	Terme générique	Vitesse du vent à 10 m de hauteur			Que se passe-t-il au large ?
		(degré)	(descriptif)	en m/sec	en km/h
0	Calme	moins de 1	moins de 1	moins de 1	La fumée s'élève verticalement La mer est comme un miroir
1	Très légère brise	1 à 1,59	1 à 5	1 à 3	Il se forme des rides, mais il n'y a pas d'écume
2	Légère brise	1,60 à 2,99	6 à 11	4 à 6	Vaguelettes courtes Leurs crêtes ne déferlent pas
3	Petite brise	3,00 à 5,19	12 à 19	7 à 10	Très petites vagues Ecume d'aspect vitreux
4	Jolie brise	5,20 à 7,69	20 à 28	11 à 15	Petites vagues devenant plus longues Moutons nombreux
5	Bonne brise	7,70 à 10,49	29 à 38	16 à 21	Vagues modérées, allongées Moutons nombreux
6	Vent frais	10,5 à 13,59	39 à 49	22 à 26	Des lames se forment Crêtes d'écume blanche plus étendues
7	Grand frais	13,60 à 16,99	50 à 61	27 à 33	La mer grossit, l'écume est soufflée en trainées Lames déferlantes
8	Coup de vent	17,00 à 20,49	62 à 74	34 à 40	Lames de hauteur moyenne De leurs crêtes se détachent des tourbillons
9	Fort coup de vent	20,50 à 24,09	75 à 87	41 à 47	Grosses lames Leur crête s'écroule et déferle en rouleaux
10	Tempête	24,10 à 28,39	88 à 102	48 à 55	Très grosses lames à longues crêtes en panache Déferlement en rouleaux intense et brutal
11	Violente tempête	28,40 à 32,49	103 à 117	56 à 63	Lames exceptionnellement hautes Mer recouverte de bancs d'écume blanche
12	Ouragan	plus de 32,50	plus de 118	plus de 64	Air plein d'écume et d'embruns Mer entièrement blanche ; visibilité très réduite



La girouette

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La girouette sert à connaître la direction du vent.

La girouette possède un pointeur -généralement une flèche- qui tourne selon la direction du vent.

Lorsque le vent change de direction, il pousse sur la grosse partie de la flèche (l'arrière) jusqu'à ce qu'elle soit parallèle au vent. Cela a pour conséquence de faire pointer la flèche dans la direction d'où provient le vent.

On se réfère alors aux quatre principaux points cardinaux pour connaître la direction d'où vient le vent.

Une girouette est placée généralement à 10 m du sol.



HISTOIRE DE LA GIROUETTE

La girouette, est apparue vers le VII^{ème} siècle sur les toits des églises.

Au XI^{ème} siècle, la Cathédrale de Westminster est dotée d'une girouette coq. On peut, en effet, la voir sur la tapisserie de Bayeux .



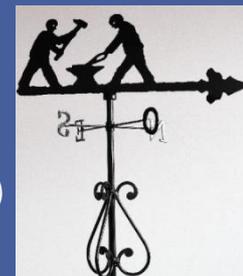
Source : girouettesdumage.com

Au Moyen-Âge, la girouette représente l'emblème du pouvoir et un attribut lié à la noblesse sur les châteaux (c'est alors essentiellement un fanion de forme carrée). On la retrouve aussi sur certains beffrois.



A la Renaissance, la girouette prend la forme de monstres divers (ici un dragon).

A partir de 1791, la girouette se « socialise » : elle indique, par exemple, un métier et permet au voyageur de se repérer (taverne, forgeron...)



Source : sauveterre-de-rouergue.fr

DES GIROUETTES ACTUELLES



Girouette traditionnelle (symbolisme du coq)

La girouette coq est très répandue : Le coq a été choisi parce qu'il annonce le passage des ténèbres à la lumière (de la nuit au jour).



Girouette « moderne »
(et anémomètre)
(station météo)

L'hygromètre à cheveux

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

La kératine est la molécule la plus abondante du cheveu. C'est une molécule longue, constituée de 18 acides aminés, dont la cystéine qui joue un rôle important dans la cohésion du cheveu : elle sert en effet de pont entre deux chaînes parallèles de kératine. Quand le cheveu s'imprègne de l'humidité de l'air, l'eau hydrolyse les ponts : elle les casse. Le cheveu s'allonge alors.

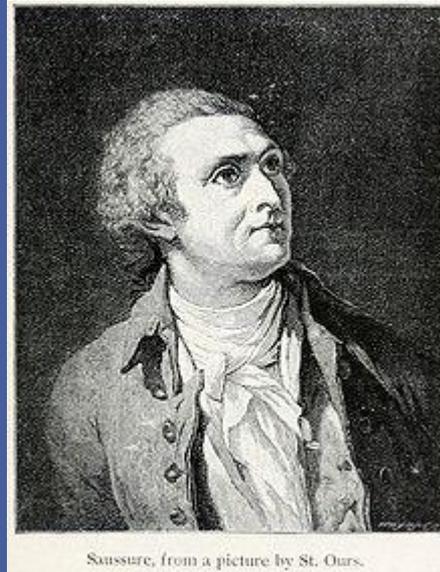
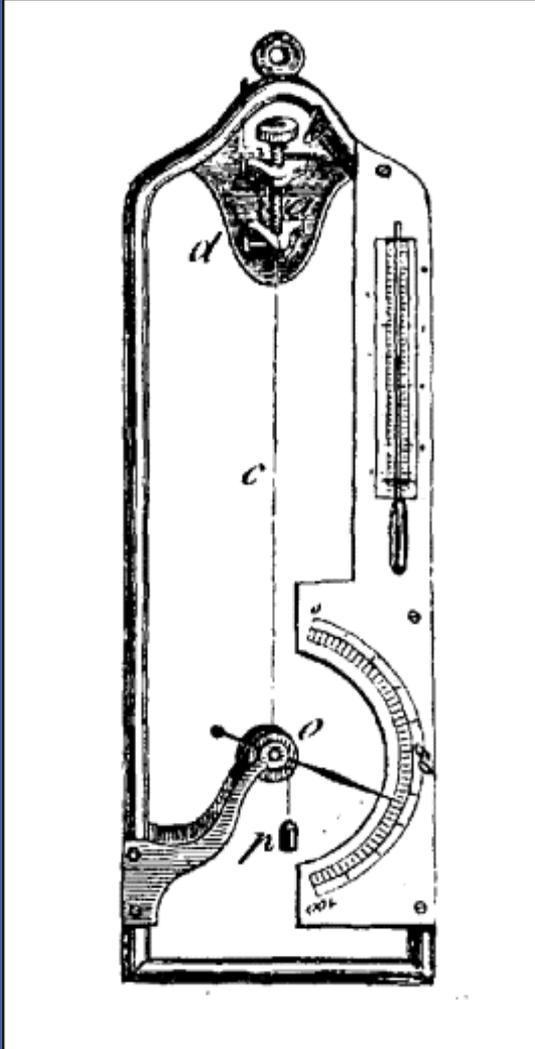
Dans un air sec, l'étirement cesse car les ponts se reforment, et la kératine reprend sa forme de départ.

C'est grâce à cette propriété que **Horace Bénédict de Saussure** a pu mettre au point le premier hygromètre à cheveux, appareil mesurant l'humidité relative de l'air.

A savoir :

- L'allongement du cheveu est de l'ordre de 2 % lorsque l'humidité relative varie de 0 à 100 %.
- Les cheveux blonds sont plus sensibles aux variations d'humidité de l'air que les cheveux bruns.

HYGROMÈTRE DE HORACE BÉNÉDICT DE SAUSSURE(1740-1799)

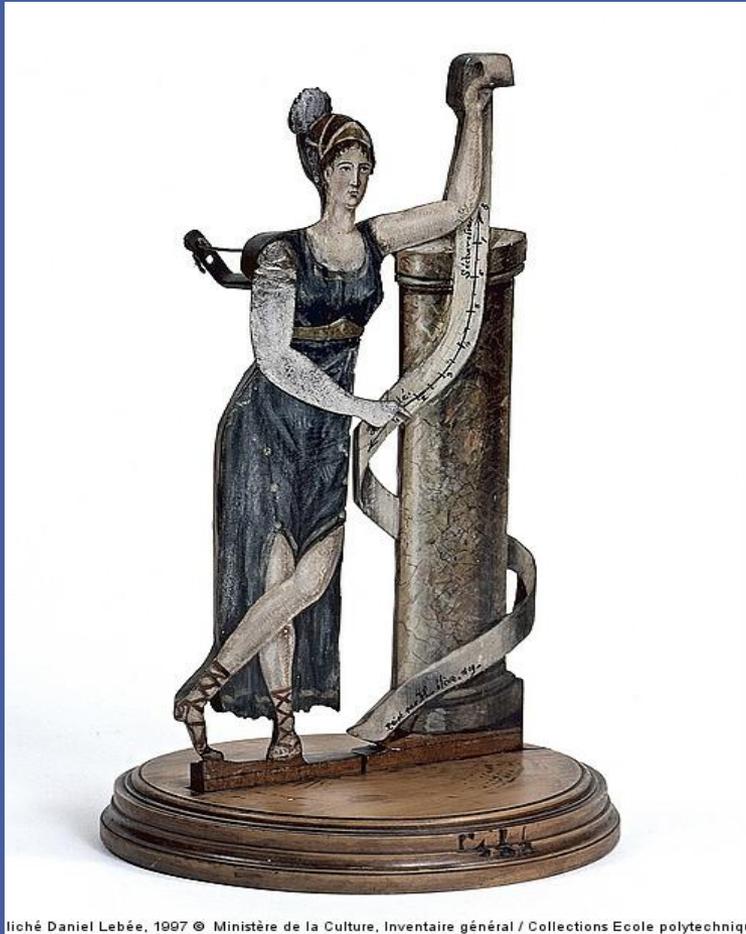


Saussure, from a picture by St. Ours.

Naturaliste et géologue suisse considéré comme le fondateur de l'alpinisme. Sa vie et son œuvre scientifique eurent pour cadre les Alpes, et plus particulièrement le Massif du Mont-Blanc, où il mena diverses recherches et expériences scientifiques.

Le cheveu qui s'enroule sur une poulie fait tourner celle-ci quand sa longueur varie; la rotation de la poulie entraîne celle d'une aiguille dont l'extrémité se déplace sur un cadran gradué. La marque 0 correspond à l'air sec, et la marque 100 correspond à l'air saturé. L'intervalle est divisé en 100 parties égales.

AUTRE EXEMPLE D'HYGROMÈTRE



Le bras droit de cette « jeune femme » remplace l'aiguille citée dans la diapositive précédente et indique le degré d'humidité de l'air.

Hygromètre à cheveux
Paris : Ecole polytechnique, 1809
hauteur 26 cm
Source : polytechnique

HYGROMÈTRES ACTUELS



Source : littoclimate.net



Source : mistersmoke.com

A la fois un thermomètre intérieur et un hygromètre.