



## Correction de la pression en fonction de l'altitude.

La pression atmosphérique mesurée localement sur le continent est une pression absolue (par rapport au vide) et est habituellement exprimée en hectopascals (hPa). Pour de nombreuses applications il est nécessaire de reporter la pression pour une autre altitude que l'altitude du point de mesure.

Les météorologues ou les aviateurs corrigent leur pression pour le niveau de la mer. C'est en fait un peu comme si à l'endroit du point de mesure sur le continent on avait creusé un puits dans le sol dont la profondeur correspond à l'altitude du lieu et au fond duquel on a placé le baromètre.

### **Atmosphère standard.**

Si l'on veut corriger la pression pour le niveau de la mer, on doit connaître les propriétés de l'atmosphère. L'atmosphère est constituée d'un mélange de gaz, est compressible, change de température en fonction de l'altitude et est chargée de vapeur d'eau qui peut se condenser. Il est donc difficile de modéliser l'atmosphère. Les besoins de l'aviation ont conduit à définir une atmosphère standard qui correspond aux critères suivants [1]:

Pression au niveau de la mer :  $P_0=1013.25$  hPa  
Température au niveau de la mer :  $T_0=15^\circ\text{C} = 288.15$  K  
Chute de température avec l'altitude :  $a=0.0065^\circ\text{C/m}$   
Par ailleurs l'atmosphère standard se comporte comme un gaz parfait

Sur la base de cette atmosphère standard il est possible d'écrire une équation d'état qui relie la pression à l'altitude.

$$\frac{P}{P_0} = \left( \frac{T_0 - aH}{T_0} \right)^n = \left( \frac{T}{T_0} \right)^n \quad (1)$$

H est l'altitude exprimée en mètres et  $n=5.2561$  est sans dimension. T et P sont respectivement la température et la pression au point considéré. La température doit s'exprimer en Kelvin. On passe des degrés Celsius aux Kelvins en ajoutant 273.15 K.

### **Correction de la pression : méthode des aviateurs.**

Afin d'éviter des erreurs, on effectue, dans l'aviation, les corrections de pression pour se ramener au niveau de la mer selon une atmosphère standard. Pour ramener au niveau de la mer la pression lue au baromètre, on ajoute l'écart entre la pression standard de ce point et la pression standard au niveau de la mer.

On trouve aisément à partir de l'équation 1 que l'écart entre la pression au niveau de la mer et la pression standard en un point donné vaut :

$$\Delta P(H) = P_0 - P(H) = P_0 \left( 1 - \left( \frac{288.16 - 0.0065 * H}{288.16} \right)^n \right) \quad (2)$$

Un cas pratique permet de mieux comprendre ce qui se passe . On mesure à Wabern, à 548.5 m d'altitude une pression de 944.40 hPa. Que vaut la pression ramenée au niveau de la mer ?

On s'intéresse tout d'abord à l'écart entre la pression de 548.5m et la pression de 0m pour l'atmosphère standard :

$$\Delta P(548.5) = P_0 - P(548.5) = 1013.25 * \left( 1 - \left( \frac{288.16 - 0.0065 * 548.5}{288.16} \right)^{5.2561} \right) = 64.18 hPa$$

La pression de Wabern ramenée au niveau de la mer vaut donc :  $944.40 + 64.18 = \underline{1008.58}$  hPa

Naturellement, le calcul fonctionne dans l'autre sens. Si l'on obtient de l'aéroport de Belp que leur pression ramenée au niveau de la mer (QNH) vaut 1008.58 hPa il suffit de lui retrancher 64.18 hPa pour obtenir la pression de Wabern.

La méthode ci-dessus est entachée d'une petite erreur car la température ramenée au niveau de la mer n'est pas nécessairement 15°C et la pression n'est pas nécessairement 1013.25 hPa.

### Correction de la pression : méthode des météorologues.

Il est possible de mieux tenir compte de la masse volumique actuelle de l'air si l'on mesure la température extérieure à l'altitude du baromètre. On obtient alors aisément à partir de l'équation 1 que la pression au niveau de référence se calcule à partir de la pression au niveau du baromètre par l'équation suivante :

$$P_0 = P \left( \frac{T + aH}{T} \right)^n \quad (3)$$

On considère que H est positif si le baromètre est plus haut que le point de référence. Cette équation fonctionne pour  $P_0$  au niveau de la mer mais également pour toute autre altitude.

Reprenons l'exemple du paragraphe précédent. On mesure à Wabern (548.5 m) une pression de 944.40 hPa et une température de 5.4°C. Quelle est la pression ramenée au niveau de la mer ?

$$P_0 = P \left( \frac{T + aH}{T} \right)^n = 944.40 \left( \frac{278.56 + 0.0065 * 548.5}{278.56} \right)^{5.2561} = 1009.69 hPa$$

La règle des 0.0065°C/mètre nous permet également de calculer qu'au niveau de la mer il ferait 8.97°C.

On peut également rechercher quelle est la pression au sommet du Gurten (730 m).

$$P_0 = P \left( \frac{T + aH}{T} \right)^n = 944.40 \left( \frac{278.56 + 0.0065 * (548.5 - 730)}{278.56} \right)^{5.2561} = 923.57 hPa$$

De plus il fait 4.22°C au sommet du Gurten.

### Quelle méthode choisir ?

On remarque tout d'abord que l'écart entre les deux méthodes n'est pas si grand, de l'ordre de 1hPa si l'on se reporte au niveau de la mer.

La méthode des météorologues est plus précise si :

- On a mesuré la pression et la température au point de référence.

- On a obtenu une valeur de pression ramenée au niveau de la mer sur un site de météo qui nous donne également la température.

La méthode des aviateurs est préférable si :

- On ne connaît pas la température au point de référence.

- On a obtenu la pression au niveau de la mer auprès d'un aéroport (QNH).

Bibliographie et sources d'information :

- [1] : National Advisory Committee for Aeronautics, Technical Note 3182, Manual of the ICAO Standard Atmosphere Calculations by the NACA, Washington, May 1954. Ce document se trouve sous : <http://naca.larc.nasa.gov/reports/1954/naca-tn-3182/naca-tn-3182.pdf>
- [2] <http://weatherpixie.com> : Site donnant les conditions météo sur les aéroports du monde entier.
- [3] <http://www.meteosuisse.ch/fr/Donnees/Mesures/IndexMesures.shtml> Page de météo-suisse donnant les pressions et températures en quelques emplacements en Suisse.

**Annexe 1 : Table des corrections de pression.**

La correction de pression à appliquer selon la formule 2 est donnée sur le tableau ci-dessous.

**Correction de pression par rapport au niveau de la mer en fonction de l'altitude**

P. mer	1013.25 hPa
T. mer	288.15 K
Grad	0.0065 K/m
Coeff. N	5.2561

Altitude (m)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	0.00	1.20	2.40	3.60	4.80	5.99	7.19	8.38	9.57	10.77
100	11.96	13.15	14.33	15.52	16.71	17.89	19.07	20.26	21.44	22.62
200	23.80	24.98	26.15	27.33	28.50	29.68	30.85	32.02	33.19	34.36
300	35.53	36.69	37.86	39.02	40.19	41.35	42.51	43.67	44.83	45.98
400	47.14	48.30	49.45	50.60	51.76	52.91	54.06	55.20	56.35	57.50
500	58.64	59.79	60.93	62.07	63.21	64.35	65.49	66.63	67.77	68.90
600	70.04	71.17	72.30	73.43	74.56	75.69	76.82	77.94	79.07	80.19
700	81.32	82.44	83.56	84.68	85.80	86.92	88.03	89.15	90.26	91.38
800	92.49	93.60	94.71	95.82	96.93	98.04	99.14	100.25	101.35	102.45
900	103.55	104.65	105.75	106.85	107.95	109.04	110.14	111.23	112.33	113.42
1000	114.51	115.60	116.69	117.77	118.86	119.95	121.03	122.11	123.20	124.28
1100	125.36	126.44	127.51	128.59	129.67	130.74	131.82	132.89	133.96	135.03
1200	136.10	137.17	138.24	139.30	140.37	141.43	142.49	143.56	144.62	145.68
1300	146.74	147.79	148.85	149.91	150.96	152.02	153.07	154.12	155.17	156.22
1400	157.27	158.32	159.36	160.41	161.45	162.50	163.54	164.58	165.62	166.66
1500	167.70	168.73	169.77	170.80	171.84	172.87	173.90	174.93	175.96	176.99
1600	178.02	179.05	180.07	181.10	182.12	183.15	184.17	185.19	186.21	187.23
1700	188.24	189.26	190.28	191.29	192.30	193.32	194.33	195.34	196.35	197.36
1800	198.37	199.37	200.38	201.38	202.39	203.39	204.39	205.39	206.39	207.39
1900	208.39	209.38	210.38	211.37	212.37	213.36	214.35	215.34	216.33	217.32
2000	218.31	219.29	220.28	221.26	222.25	223.23	224.21	225.19	226.17	227.15
2100	228.13	229.10	230.08	231.05	232.03	233.00	233.97	234.94	235.91	236.88
2200	237.85	238.82	239.78	240.75	241.71	242.67	243.64	244.60	245.56	246.52
2300	247.47	248.43	249.39	250.34	251.30	252.25	253.20	254.15	255.10	256.05
2400	257.00	257.95	258.90	259.84	260.79	261.73	262.67	263.61	264.56	265.50
2500	266.43	267.37	268.31	269.25	270.18	271.11	272.05	272.98	273.91	274.84
2600	275.77	276.70	277.63	278.55	279.48	280.40	281.33	282.25	283.17	284.09
2700	285.01	285.93	286.85	287.77	288.68	289.60	290.51	291.43	292.34	293.25

2005.09.27 / Wuch