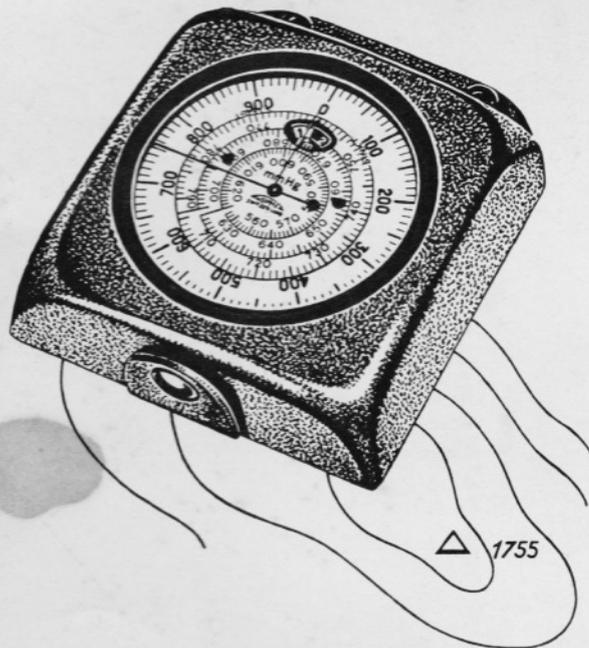


THOMMEN



ALTITUDE ET
PRESSION BAROMÉTRIQUE

Altitude et
Pression barométrique



Tous droits de reproduction ou de traduction réservés.
Aucune copie ou contrefaçon ne peut être publiée sans
l'autorisation de l'éditeur.
Copyright 1965 by Revue Thommens Watch Co. Ltd.

Publié par:
REVUE THOMMENS SA
4437 Waldenburg (Suisse)

Lüdin S.A. Liestal

Altitude et Pression barométrique

En chaque point de la terre, l'effet de la pression atmosphérique se fait sentir. Au niveau de la mer, par exemple, cette pression a le même poids qu'une colonne de mercure de 1 cm² de base et de 760 mm. de hauteur. L'unité de mesure employée pour évaluer le poids de cette colonne de mercure s'appelle «atmosphère physique» et vaut:

- 1 atmosphère = 1 atm.
- = 760 mm. de colonne de mercure à 0° C., au niveau de la mer et par 45° de latitude géographique
- = 760 Torr
- = 1,01325 Bar = 1013,25 mb. (millibar)
- = 1,03323 kg./cm² = 1,03323 at. (atmosphère technique)
- = 10332,2 mm. colonne d'eau à 4° C. (kg./m²).

On peut également mesurer la pression atmosphérique avec une boîte métallique à l'intérieur de laquelle on a fait le vide d'air. La déformation est d'autant plus grande que la pression extérieure est élevée. Cette dernière diminue au fur et à mesure que l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer.

Le tableau N° 1 donne la pression et la température de plusieurs points situés au-dessus du niveau de la mer. Ces valeurs sont valables pour des conditions atmosphériques normales. Ce tableau a été publié par DIN (Industrie allemande de normalisation) en collaboration avec CINA (Comité international de navigation aérienne).

L'altimètre de poche «Thommen» et l'emploi de la formule de la hauteur barométrique

Le cadran de l'altimètre de poche «THOMMEN» est étalonné en m. On fait coïncider l'indication de l'instrument avec la hauteur réelle du point de départ en changeant la position du cadran. Par ce moyen, on compense également pour ce point, l'influence de la température et de la pression. L'instrument est étalonné suivant des courbes publiées par CINA.

Comme nous l'avons déjà démontré, on peut négliger toutes les influences secondaires à l'exception toutefois de la température. Les normes publiées par CINA admettent que la répartition de la température au sol est linéaire. Au niveau de la mer la température est de 288° K. ou +15° C. puis diminue proportionnellement jusqu'à 11 000 m. où elle atteint 216,5° K. ou -56,5° C. La chute moyenne de la température pour une augmentation de niveau de 100 m. est de 0,65° C. pour autant que l'humidité de l'air soit de 0%. En réalité, la chute de la température varie différemment. Dans les alpes ou par temps de fœhn, cette valeur peut varier de 0,5—1° C./100 m. On voit donc que la température moyenne, loin d'être stable, est soumise à de fortes variations. Aussi la hauteur indiquée par n'importe quel instrument nécessite une correction qui est proportionnelle à la différence entre la température moyenne réelle et la température indiquée par les tableaux.

Selon CINA la correction de la hauteur en fonction de la variation de température s'exprime par les formules suivantes :

$$T = 288 - 0,0065 h \text{ (}^\circ\text{C.)}$$

$$t = 15 - 0,0065 h \text{ (}^\circ\text{K.)}$$

On voit que l'hypothèse admise plus haut est justifiée puisque à une augmentation de hauteur de 100 m. correspond une diminution de température de $0,65^\circ\text{C}$. ou environ de $\frac{2}{3}^\circ\text{C}$. Il est donc possible de calculer de tête la température normale de n'importe quel point.

Exemple: soit un point situé à 3000 m. au-dessus du niveau de la mer. Sa température normale est :

$$t = 15 - \frac{2}{3} \cdot 30 = 15 - 20 = -5^\circ\text{C.}$$

La température donnée par le tableau est $-4,5^\circ\text{C}$.

La formule ci-dessus montre que l'altimètre indique une hauteur trop grande si la température de l'air est plus basse que la température normale et vice versa si la température de l'air est plus élevée (tableau 1). D'autre part, si la température moyenne de la couche d'air traversée est de 1° plus ou moins élevée que la température moyenne normale, la formule de la hauteur barométrique qui donne la différence de hauteur réelle est de $3,67^\circ/100$ plus grande ou plus petite que la différence de hauteur indiquée par l'altimètre. Comme la répartition de l'humidité dans l'air varie de la même façon que la température on prend pour le calcul $4,00^\circ/100$ au lieu de $3,67^\circ/100$.

On peut énoncer la règle suivante :

Si la température moyenne de la couche d'air traversée est plus haute que la température moyenne calculée, on doit augmenter la différence de hauteur indiquée par l'altimètre de $4^\circ/100$ par $^\circ\text{C}$.

Exemple:

	Station inf.	Station sup.	Température en moyenne
Hauteur fixée . . .	1000 m.	—	
Hauteur lue	—	3913 m.	
Température réelle .	+ 9°C .	+ 3°C .	+ 6°C .
Tempér. normale .			
d'après CINA . . .	+ $8,5^\circ\text{C}$.	— 11°C .	— $1,25^\circ\text{C}$.
Différence de temp. .			+ $7,25^\circ\text{C}$.

Correction de la hauteur :

$$+ 7,25 \cdot 3 \cdot 4 = + 87 \text{ m}$$

Où les facteurs signifient :

$$+ 7,25 = \text{différence de la température en moyenne}$$

$$3 = \text{différence lue de la hauteur en 1000 m.}$$

$$4 = \text{voir page 10}$$

Hauteur réelle :

$$\begin{aligned} \text{Hauteur lue} + \text{correction de la hauteur} &= \text{Hauteur réelle} \\ 3913 \text{ m} &= 80 \text{ m.} &= 4000 \text{ m.} \end{aligned}$$

Erreurs possibles lors de l'emploi d'un altimètre

Chaque mesure faite avec un instrument est soumise à des erreurs, qui ne doivent toutefois pas dépasser certaines limites admises.

Les erreurs pouvant se produire sont les suivantes:

a) Erreur de lecture due à l'observateur:

Avec l'altimètre de poche «THOMMEN», cette erreur est très faible, car la division du cadran est égale et les traits sont bien séparés les uns des autres. L'erreur ne dépasse pas ± 2 m.

b) Erreurs dues à l'étalonnage de l'instrument:

Les appareils sont étalonnés dans un récipient à l'intérieur duquel la pression varie suivant les normes établies par «CINA». Ces normes sont calculées pour une répartition théorique de la pression de l'air ce qui correspond pas tout à fait à la réalité. L'erreur maximum admise vaut ± 10 m. Durant la période d'essai, la température atteint $+ 25^{\circ}\text{C}$., elle peut aussi descendre jusqu'à -30°C . On fait également vibrer l'appareil pendant toute la durée de l'étalonnage. C'est la raison pour laquelle il faut toujours frapper avec le doigt sur le verre avant d'effectuer une lecture. D'autre part il ne faut pas oublier que l'appareil est étalonné dans la position horizontale.

c) Erreurs de mesure:

Des erreurs peuvent se produire lorsque l'on ne tient pas compte de certaines données physiques et plus particulièrement:

- Si la hauteur du point de départ n'est pas fixée exactement avec la bague de réglage ou si l'altitude de ce point est mal définie (par exemple: emploi d'une vieille carte).
- Lorsque la distance horizontale entre deux points est trop grande ou si la différence de hauteur est parcourue trop lentement. Dans ces cas, la pression est soumise à des fluctuations pouvant atteindre $\pm 5\%$.
- Si la différence entre la température réelle et la température normale du point à mesurer n'est pas la même qu'au point de départ. On est obligé dans ce cas de comparer les températures moyennes et non les températures réelles.
- Si la différence entre la température normale et la température réelle n'est pas prise en considération.

Toutes ces erreurs interviennent seulement si les points à mesurer sont très éloignés les uns des autres. Pour des mesures précises, la différence de hauteur ne doit pas être supérieure à 200 m.

Pour terminer, il ne faut pas oublier que la valeur indiquée par n'importe quel altimètre correspond à **une différence de hauteur** et non à la hauteur absolue.

Altimètre de poche «Thommen»

Description

L'altimètre de poche «THOMMEN» est un altimètre barométrique. Contrairement aux autres appareils existants, il n'a pas été développé à partir du baromètre, mais de l'altimètre pour avion. Dans les instruments présentés jusqu'à ce jour, le cadran de hauteur n'est pas divisé linéairement. Plus la hauteur au-dessus du niveau de la mer augmente, plus les divisions deviennent serrées, ce qui diminue beaucoup la précision de lecture. Dans l'altimètre «THOMMEN» au contraire, l'échelle de hauteur est linéaire. De cette façon, toutes les altitudes de 0—6000 m. sont lisibles avec la même précision.

Le dessin de la fig.1 représente une vue en coupe de l'altimètre de poche «THOMMEN». L'instrument a comme organe sensible une capsule anéroïde (1) à l'intérieur de laquelle on a fait le vide d'air. Sous l'effet des différences de pression elle s'écrase ou se dilate plus ou moins. Ces variations très faibles sont transmises et amplifiées par des leviers (2) et (3) et par un rouage multiplicateur dont le dernier axe porte l'aiguille indicatrice.

Pour une diminution de pression correspondant à une différence de hauteur de 5000 m., la capsule se dilate de 0,75 mm. La pointe de l'aiguille indicatrice parcourt un chemin égal à 690 mm. Le rapport d'amplification de tout le système vaut:

$$\frac{690}{0,75} = 920 \text{ fois}$$

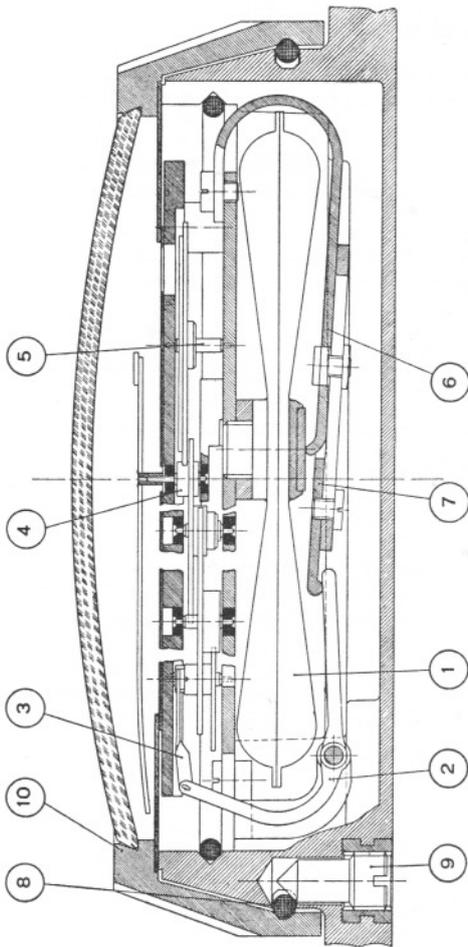


Fig. 1

Le pignon (4) chassé sur le même axe que l'aiguille indicatrice engrène avec une roue (5) portant le disque des km. Si la capacité de lecture est de 7000 m., ce disque est divisé en 7 parties. Donc pour un tour de la grande aiguille (ce qui correspond à une hauteur de 1000 m.) le disque avance de $\frac{1}{7}$ de tour.

La transmission des variations de la capsule au levier (2) se fait par le ressort d'articulation (6), lequel porte une lame bimétal (7). Cette dernière compense la dilatation de la capsule, provoquée par les variations de température.

L'axe portant le levier (2), pivote dans des pierres avec contre-pivot, de la même façon qu'un axe de balancier de montre. Les autres mobiles pivotent également dans des pierres. Tous les pivots sont trempés durs et parfaitement polis afin de réduire au minimum les frottements. Les axes ne sont pas huilés pour éviter les perturbations causées par l'altération de l'huile, spécialement aux basses températures.

Le mouvement est monté dans un boîtier en matière plastique. La lunette (10) portant une glace incassable ferme le tout. Elle est retenue par un ressort cercle (8) qui est tendu lui-même par 4 vis de fixation (9). Ces dernières sont plombées une fois l'appareil remonté et contrôlé.

Le cadran se compose de deux parties bien distinctes : un disque central fixe qui est vissé au mouvement et un cercle extérieur mobile, solidaire de la lunette. Cela permet d'adapter l'altimètre aux conditions atmosphériques du moment en amenant la hauteur du point de départ exactement sous l'aiguille. Par contre la roue des km. située à l'intérieur du mouvement n'est pas entraînée quand la lunette tourne. Ainsi l'index ne se trouve pas toujours pour une hauteur de 500 m., juste entre deux chiffres.

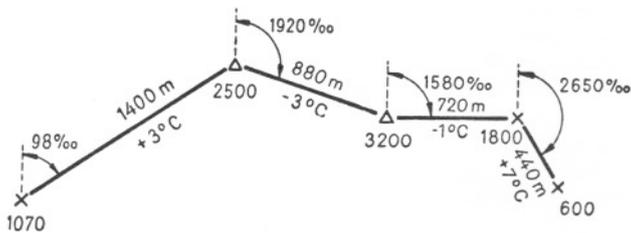
La grande aiguille indique la hauteur en m. Elle fait un tour pour 1000 m. Son nombre de tours est totalisé par un disque kilométrique mobile que l'on aperçoit dans l'ouverture pratiquée dans le cadran.

Généralement l'instrument est livré dans un étui de cuir lequel protège la lunette contre des rotations accidentelles. L'appareil n'a pas besoin d'autres protections et peut être mis sans autre dans une poche.

Pour déplacer la hauteur ou ajuster l'altimètre à une hauteur déterminée, on ouvre l'étui de cuir en tirant sur la languette. Cette dernière est assez longue pour permettre la manipulation avec des gros gants. Quand on presse sur le bouton de fermeture, l'aiguille oscille (jusqu'à 20 m.) ce qui prouve que rien n'entrave le bon fonctionnement de l'appareil.

Utilisation pratique d'un altimètre

1. Lorsque l'on établit un plan de course il est recommandé d'inscrire en plus des angles de marche pour l'emploi de la boussole, les températures moyennes normales (Fig. 4). Cela permet de déterminer sur le champ la déviation de la température. On évite ainsi l'emploi du tableau et la nécessité de faire des calculs.
2. Si la différence de hauteur parcourue ne dépasse pas 500 m., il est inutile d'introduire une correction de température.
3. Nous recommandons aux alpinistes d'avoir toujours sur eux un thermomètre variant entre -40° et $+40^{\circ}$ C. Il existe sur le marché des thermomètres à alcool dans des douilles de protection. Toutefois un simple thermomètre bimétal de $\pm 2^{\circ}$ C. de précision suffit amplement (par exemple fabrication Ruegger).
4. Si l'on considère la température réelle d'un endroit, au lieu de la température moyenne, l'erreur commise n'est pas grande et simplifie singulièrement la mesure.



12

Altitude et Pression barométrique Tableau 1

Hauteur au-dessus de la mer m.	Température d'après CINA °C.	Torr. mm. Hg.	Différence de hauteur par Torr. m.	Diff. de pression pour 10 m. diff. de hauteur Torr.	Correction de hauteur par 1° C. temp. diff.	
					+	-
0	15	760,0	11,15	0,897	0	0
200	13,7	742,14	11,35	0,880	0,8	0,8
400	12,4	724,63	11,58	0,863	1,6	1,6
600	11,1	707,45	11,81	0,846	2,4	2,4
800	9,8	690,61	12,05	0,830	3,2	3,2
1000	8,5	674,09	12,35	0,810	4	4
1200	7,2	657,89	12,59	0,7945	4,8	4,8
1400	5,9	642,0	12,85	0,7785	5,6	5,6
1600	4,6	626,43	13,1	0,763	6,4	6,4
1800	3,3	611,17	13,37	0,748	7,2	7,2
2000	2,0	596,21	13,65	0,733	8	8
2400	-0,6	567,18	14,21	0,704	9,6	9,6
2800	-3,2	539,3	14,81	0,6755	11,2	11,2
3000	-4,5	525,79	15,1	0,6625	12	12
3400	-7,1	499,57	15,75	0,635	13,6	13,6
3800	-9,7	474,43	16,42	0,609	15,2	15,2
4000	-11,0	462,25	17,05	0,5865	16	16
4500	-14,25	432,9	17,96	0,5565	18	18
5000	-17,5	405,08	18,98	0,527	20	20
5500	-20,75	378,73	20,05	0,499	22	22
6000	-24,0	353,78	21,19	0,472	24	24

13

Instructions pour l'emploi de l'altimètre-baromètre «Thommen»

1. En ajustant le cadran on a tenu compte de toutes les corrections à moins que l'atmosphère effective ne corresponde pas à l'atmosphère de norme (CINA).
2. Ne tenant pas compte de la température + l'humidité de l'air = différence de $\pm 4^{\circ}/_{00}/1^{\circ}$ C. (voir le tableau de correction à la page 13).
3. Erreurs dues à l'étalonnage de l'instrument = ± 10 m.
4. On mesure des différences d'altitude et non pas des altitudes absolues.
On mesure les altitudes directes.
5. Pour des mesures exactes ne pas mesurer des différences d'altitude dépassant 500 m.
6. Pour des mesures exactes ne pas marcher horizontalement plus de 10 km. sans réajuster l'instrument à un point de base connu.
7. En mesurant, taper légèrement le verre et tenir l'instrument horizontalement.
8. **Explications:**
CINA = Norme internationale
(Comité International de Navigation Aérienne)

Torr. = pression de la colonne de mercure
(1 Torr. = 1 mm. de colonne de mercure au 0°)