Zeitschrift: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Herausgeber: Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Band: 17 (1888-1889)

Artikel: Influence de la pression de l'air sur la marche des chronomètres

Autor: Hilfiker, J.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88266

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 02.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

INFLUENCE DE LA PRESSION DE L'AIR

SUR LA

MARCHE DES CHRONOMÈTRES

PAR LE D' J. HILFIKER

Dans son mémoire classique: Recherches sur le mouvement et la compensation des chronomètres 1 , Yvon Villarceau a proposé de représenter la marche des chronomètres à l'aide du théorème de Taylor. Si nous désignons par t l'époque moyenne d'une série de marches diurnes observées, par θ la température moyenne, par h la hauteur moyenne du baromètre, et par t', θ' et h' les quantités qui correspondent aux marches individuelles observées, nous aurons d'après ce théorème de Taylor:

1)
$$y' = y + \frac{dy}{dt}(t'-t) + \frac{dy}{d\theta}(\theta'-\theta) + \frac{dy}{dh}(h'-h)$$

 $+ \frac{d^2y}{dt^2} \frac{(t'-t)^2}{1\cdot 2} + \frac{d^2y}{d\theta^2} \frac{(\theta'-\theta)^2}{1\cdot 2} + \frac{d^2y}{dh^2} \frac{(h'-h)^2}{1\cdot 2}$
 $+ \frac{d^2y}{dt\,d\theta} \frac{(t'-t)}{1} \frac{(\theta'-\theta)}{1} + \frac{d^2y}{dh\,dt} \frac{(h'-h)}{1} \frac{(t'-t)}{1}$
 $+ \frac{d^2y}{dh\,d\theta} \frac{(h'-h)}{1} \frac{(\theta'-\theta)}{1}$

¹ Annales de l'Observatoire de Paris, mémoires in-4°, tome VII. Paris, 1863.

où y représente la marche qui correspond à l'époque t, à la température moyenne θ et à la pression barométrique moyenne h.

On sait que les huiles s'épaississent avec le temps et que le frottement des pivots augmente jusqu'à une certaine limite. Dans les chronomètres neufs, on constate souvent des variations dans l'état moléculaire des spiraux et toutes ces causes réunies ont pour effet d'accélérer la marche des chronomètres. Dans notre formule 1) $\frac{dy}{dt}(t'-t)$ et $\frac{d^2y}{dt^2}\frac{(t'-t)^2}{2}$ expriment cette variation de la marche qui est une simple fonction du temps.

$$\frac{dy}{d\theta} \frac{(\theta'-\theta)}{1}$$
 et $\frac{d^2y}{dt^2} \frac{(\theta'-\theta)}{1.2}$ sont les variations qui dépendent de la température, et le terme :

 $\frac{d^2y}{dt\,d\theta}(t'-t)(\theta'-\theta)$ s'explique par le fait que la température influe aussi sur les couches d'huile, qui se modifient avec le temps.

La troisième cause de perturbation pour la marche d'un chronomètre, qui entre dans notre formule, consiste dans l'influence des variations barométriques, laquelle, comme nous le verrons tout à l'heure, n'est pas négligeable ainsi qu'on l'a généralement supposé jusqu'à présent, et qui devient fort sensible pour des observations faites à des altitudes très différentes. Cette influence est représentée par les termes :

$$\frac{dy}{dh}(h'-h) + \frac{d^{2}y}{d^{2}h} \frac{(h'-h)^{2}}{2} + \frac{d^{2}y}{dh dt}(h'-h)(t'-t) + \frac{d^{2}y}{dh d\theta}(h'-h)(\theta'-\theta)$$

Un quatrième élément de perturbation a été signalé récemment par M. C.-F.-W. Peters, et consiste dans l'influence de l'humidité de l'air sur la marche des chronomètres 1. M. Peters a constaté que, parmi les chronomètres qu'il a observés à l'Observatoire de Kiel, le plus grand nombre ont changé la marche dans le sens du retard, après avoir été transportés à bord des bâtiments, et il indique que, dans vingt-quatre cas où cette variation de la marche diurne a dépassé deux secondes, on a observé pour vingt-deux pièces un changement dans le sens positif (retard) et seulement deux fois une variation dans le sens contraire. Quelquefois la variation de la marche diurne a dépassé huit secondes et, pour une des pièces observées, on a pu constater une différence de treize secondes dans le sens du retard entre la marche observée à l'Observatoire et celle constatée à bord d'un navire. M. Peters a d'abord cherché à expliquer par différentes causes ce phénomène surprenant; ainsi il a examiné l'influence que pourrait exercer le mouvement du vaisseau sur la marche du chronomètre, mais il a constaté bientôt que ce changement de la marche a lieu aussi dans le cas où le bâtiment se trouve au repos complet. Il n'y avait pas moyen non plus d'expliquer cette variation ou par le transport des chronomètres à bord des vaisseaux, ou par le magnétisme des vaisseaux, des expériences particulières ayant démontré d'une manière définitive que ces influences n'étaient nullement en cause. M. Peters arriva enfin à supposer que le retard de la marche à bord du vaisseau s'expliquerait peut-être

¹ Voir: Vierteljahrschrift der astron. Ges., vol. XXII (1887), pages 284-292.

par l'influence de l'humidité de l'air, et il résulte d'une longue série d'observations de ce genre, que cette supposition est bien fondée, la variation de la marche diurne étant comprise dans la limite de ¹/₂₅ de seconde à ¹/₄ de seconde pour 1 ⁰/₀ du degré de saturation de l'air.

Les résultats de M. Peters ont été confirmés par des essais qu'on a faits récemment dans ce domaine à l'Observatoire maritime de Hambourg⁴, en sorte que nous devons introduire dans notre formule les termes qui dépendent de l'état de la saturation s de l'air. Ces termes sont les suivants:

$$\frac{dy}{ds}(s'-s) + \frac{d^2y}{ds^2} \frac{(s'-s)^2}{2} + \frac{d^2y}{ds dt}(s'-s)(t'-t) + \frac{d^2y}{ds d\theta}(s'-s)(\theta'-\theta) + \frac{d^2y}{ds dh}(s'-s)(h'-h)$$

Or, comme l'humidité de l'air influe surtout sur le spiral, qui présente une surface très considérable, il en résulte pour la technique l'introduction dans les chronomètres d'une fermeture hermétique, afin d'empêcher que l'air humide ne puisse pénétrer dans l'intérieur de la pièce; ce procédé constituerait en même temps le moyen le plus rationnel pour éviter l'influence des variations de la pression de l'air sur la marche des chronomètres.

Dans l'étude dont j'ai l'honneur de vous communiquer aujourd'hui les résultats obtenus jusqu'à présent,

¹ Voir: Bericht über die im Lichthofe der deutschen Seewarte vom 26. Januar bis 4. Juni 1888 ausgeführten Untersuchungen zur Ermittelung des Verhaltens von Marinechronometern bei verschiedenen Feuchtigkeitsgraden der atmosphærischen Luft. Annalen der Hydrographie u. maritimen Meteorologie, Heft III, 1889.

je me suis proposé de déterminer l'influence barométrique sur la marche des chronomètres. En m'appuyant sur le théorème de Taylor, j'ai commencé par la discussion d'une série de marches diurnes, observées pendant deux mois sur un excellent chronomètre de marine, avec mouvement auxiliaire électrique, de M. Paul-D. Nardin, au Locle. Cette pièce, que je désignerai par N_4 , possède un échappement à ressort et un spiral cylindrique en palladium. En me contentant du terme linéaire en (h'-h), j'ai trouvé comme coefficient barométrique:

$$p = \frac{dy}{dh} = -0$$
s,0068

C'est donc la variation de la marche diurne qui correspond à une augmentation de la pression barométrique de 1^{mm}. J'ai tenu à me procurer un contrôle rigoureux pour ce résultat, qui diffère sensiblement de ceux qu'on a obtenus pour les pendules normales de plusieurs observatoires astronomiques. En effet, on a trouvé pour les pendules:

							0
Hipp, de notre O	bservatoire	•		•		٠	p = +0.012
Winnerl	» ·	÷	٠	•	•	•	+0,010
Pendule normale	de Pulkowa		•			(1)	+0,013
»	de Leyde .	ě		•		•	+0,015
»	de Berlin .	•	•	٠		٠	+0,015
»	de Washbur	'n	0	b	se	r-	
v v	vatory .	į	٠	٠	-	٠	+0,012
»	de Zurich.						+0,015

On voit que ces résultats s'accordent assez bien entre eux et que la moyenne est de $+0^{s}$,013.

Dans l'intervalle de temps, du 20 septembre jusqu'à la fin d'octobre 1888, j'ai pu exposer ce chronomètre

à une série d'expériences manométriques, qui se trouvent indiquées dans le tableau I. On voit tout d'abord qu'après les épreuves barométriques la marche n'est pas revenue à la marche normale à 1^s près; en effet, on trouve pour les trois essais une différence de marche avant et après l'épreuve barométrique :

1.
$$+1^{s}$$
,27

$$2. +1,09$$

$$3. + 0.89$$

Il est donc rationnel de combiner pour chaque essai la marche « sous cloche » avec la moyenne des deux marches qui la précèdent, et on trouve ainsi la variation pour 1^{mm} de pression barométrique :

$$1. -0.045$$

$$2. -0,0050$$

$$3. -0,0048$$

3.
$$\frac{-0.0048}{-0.0048}$$

Moyenne $\frac{0.0048}{-0.0002}$

Avec ce même chronomètre j'ai fait des essais sur l'isochronisme des oscillations suivant le développement du grand ressort, et le résultat a été des plus satisfaisants. En effet, on a constaté une marche diurne de:

$$-2^{s}$$
,30 p^r le dévelop^t du ressort de 0^h à 24^h, et de -2^{s} ,27 » de 24^h à 48^h,

en sorte que la variation suivant le développement du ressort est seulement de 0^s,03.

M. Nardin a eu l'obligeance de mettre à ma disposition un autre chronomètre de marine sans mouvement auxiliaire électrique, que je veux désigner par N₂. Ce chronomètre a, comme le précédent, un spiral cylindrique en palladium de la même longueur, mais d'un diamètre un peu différent; l'échappement est à ressort et, pour l'un comme pour l'autre, le balancier est d'une construction absolument identique. Voici les résultats obtenus pour cette pièce N_2 :

1er essai,
$$p=+0$$
s,0162, différ. de la pression, 662mm 2me » $p=+0$ s,0166 » » 623mm Moyenne $p=+0$ s,0164

C'est-à-dire qu'en augmentant la pression atmosphérique de 100^{mm}, ce chronomètre retarde de 1^s,6, ou qu'en le transportant de Neuchâtel au bord de la mer, sa marche diurne changera de ⁶/₁₀ de seconde dans le sens du retard. Or, en supposant que la résistance de l'air soit proportionnelle au carré de la vitesse du balancier, on déduit, par des développements purement analytiques, que dans ce cas la résistance de l'air n'affecterait en rien la marche des chronomètres.

Mais les résultats obtenus pour les deux pièces N_4 et N_2 disent le contraire; d'après eux, l'influence de la résistance de l'air n'est nullement une quantité négligeable et elle varie dans des limites assez considérables, probablement suivant le mode de construction des organes principaux des chronomètres en question.

Pour trancher cette question, il était indispensable de continuer les essais sur d'autres pièces. C'est ce que j'ai fait avec quatre pièces appartenant à MM. Henri Grandjean & Cie, au Locle.

Le manomètre qui a servi à mes premiers essais est un manomètre fermé, de trois décimètres de longueur, en sorte que j'ai été obligé d'exposer les chronomètres à une forte dépression. J'ai voulu éviter cet inconvénient pour écarter la possibilité d'introduire dans la marche des pièces une nouvelle source de perturbation qui pourrait peut-être provenir d'un dérangement ou d'une déformation des couches d'huile. Grâce à l'obligeance de M. le Dr Hirsch, qui a bien voulu mettre à ma disposition une nouvelle cloche ainsi que deux manomètres — un manomètre anéroïde et un manomètre ouvert à mercure, — j'ai pu disposer les épreuves d'une manière plus efficace. J'ai exposé les chronomètres à des dépressions différentes, variant entre 50mm et 250mm, en me procurant ainsi le moyen de contrôler en même temps la constance du coefficient barométrique pour les différentes pressions. Voici les résultats obtenus pour les quatre pièces, que je désignerai par G1, G2, G3 et $G_{\mathbf{k}}$:

L'erreur moyenne de ces résultats est comprise dans la limite de $\pm 0^{s},0002$ et $\pm 0^{s},0005$.

Comme on peut s'en convaincre par les tableaux III à VI, la marche des chronomètres est suffisamment bien revenue à la marche normale après les épreuves manométriques; en effet, on trouve comme différence de marche avant et après les essais barométriques:

Quant à la constance du coefficient barométrique pour des pressions différentes, j'ai trouvé pour les pièces G_4 et G_3 :

1. G₄ Différence de la pression 74^{mm} ; p = +0.0033+0,0045126 220+0,0046225 +0,0044Moyenne $p = +0,0042 \pm 0,0003$ $2. G_3$ Différence de la pression 69^{mm} ; p = +0.0086+0,0095127 172 +0.0078209 +0,0072231 +0,0093Movenne $p = +0.0086 \pm 0.0004$

c'est-à-dire que ce coefficient peut être envisagé comme une constante.

Pour les six chronomètres de marine qui ont servi aux épreuves manométriques, les valeurs de la variation, pour 1^{mm} de pression atmosphérique, sont comprises entre les extrêmes :

$$-0^{s},0048$$
 et $+0^{s},0170$.

C'est là un résultat d'une certaine importance, car le fait que le coefficient barométrique change de signe pour la pièce N_4 semble indiquer qu'on peut arriver à une compensation parfaite en choisissant convenablement les dimensions des organes principaux du chronomètre. Nous avons vu que pour la pièce N_4 la régularité de la marche est indépendante

du développement du ressort; j'ai tenu à contrôler cet élément pour toutes les pièces et j'ai obtenu les résultats qui suivent :

Marche diurne pour le développement du ressort de	N ₄	N_2	G ₁	G_2	G_3	G ₄
0 ^h à 24 ^h 24 ^h à 48 ^h Différence	$-2^{\mathrm{s}},27$	$-0^{s},48$	$-1^{s},20$	-3s,19	$+2^{s},22$	
Variation moyenne diurne observée pendant 2 mois Valeur maxima de la variat. diurne						
observée pen- dant 2 mois	0s $,39$	0s,84	$0^{s},31$	0s,52	0s,30	0s,33

Il en résulte que pour les pièces N_4 , G_4 , G_2 et G_3 le développement du ressort est resté sans influence trop sensible sur l'isochronisme des oscillations. Pour G_4 la différence est un peu trop forte, tandis que pour N_2 l'influence du développement du ressort dépasse la limite admissible. Aussi dois-je ajouter que le fabricant a fait corriger ce défaut.

Grâce à l'obligeance de MM. Paul Perret, à la Chaux-de-Fonds, et Ed. Barbezat, à Neuchâtel, j'ai pu étendre les épreuves manométriques à une demidouzaine de chronomètres de poche. Chaque pièce a été soumise à deux essais, et les résultats ainsi obtenus s'accordent entre eux dans la limite de 1 à 2 millièmes de seconde. Voici les résultats obtenus (voir tableau VII):

Nom	Nº	Echappe- ment	Spiral	p
Paul Perret, Chde-F.	2209	ancre	plat Ph.	$+0^{\circ},016$
id.	2205))	` »	$+0^{\rm s},014$
id.	2199	*	»	$+0^{\rm s},022$
id.	2216	D	»	$+0^{\rm s},020$
id.	sans nº	bascule	cyl. Ph.	$+0^{\rm s},012$
E. Barbezat, Neuchâtel	»	ressort	cyl.	$+0^{s},013$

On voit donc que pour les chronomètres de poche observés, le coefficient barométrique a varié dans une limite assez considérable et qu'en moyenne, et pour une différence d'altitude comme celle qui existe entre la Chaux-de-Fonds et Neuchâtel, la correction barométrique se rapproche d'une seconde.

Il est évident que la diminution de la résistance de l'air augmente sensiblement l'amplitude des oscillations du balancier; mais en se basant sur la condition qui se trouve réalisée par les courbes terminales des spiraux de M. Phillips, que le moment de la résistance élastique du spiral est proportionnel à l'angle dont le balancier est écarté de la position d'équilibre, on trouve que l'amplitude des oscillations du balancier ne figure pas dans l'expression de la durée d'une oscillation. En effet, si nous désignons le moment d'inertie du balancier par I, et par a l'angle dont le balancier est écarté de la position d'équilibre, nous partons de l'équation différentielle:

$$I\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -m\alpha$$

où m représente une constante, et en observant que pour l'amplitude extrême α_0 , $\frac{d\alpha}{dt} = 0$, on trouve :

$$t = \pi \sqrt{\frac{1}{m}} \times \arcsin \frac{\alpha}{\alpha_0} + \text{constante}$$

et pour la durée totale:

$$T = \pi \sqrt{\frac{1}{m}}$$

D'après les recherches de M. Phillips, la constante m a pour valeur $\frac{E}{L}$, où E désigne le moment d'élasticité et L la longueur du spiral, et nous arrivons à la formule connue :

$$T = \pi \sqrt{\frac{LI}{E}}$$

La formule nous indique que, dans le cas où l'on est arrivé à un isochronisme parfait, l'influence barométrique ne peut dépendre que de la quantité E, qui sera modifiée par les variations de la pression atmosphérique. Mais, comme les régleurs préfèrent souvent donner à la marche un peu d'avance aux petites amplitudes, nous aurons probablement dans ce fait l'explication des phénomènes constatés.

I. N_1 . — Chronomètre de marine N° 5/5806, de M. Paul-D. Nardin, au Loole, avec mouvement auxiliaire électrique, échappement à ressort, spiral cylindrique en palladium.

Variation pour 1º de température, + 0°,01.

		Press.		Marche	Marche		
\mathbf{D}	ate	baro-	Tempé- rature	diurne	réduite	Variat. diurne	Observa- tions
100	10	métre		observée	à 12º		
Sept ^{re}	8 20-21	723	$15\overset{\circ}{,}5$. 1 90	+ 1,17	8	
pehr.	20-21 $21-22$	723	15,5 $15,4$	+1.20 -1.26	+1,17	+0.06	
	22-23	80	17,2	+ 4,14	+4.09		sous cloche
Si .	23-24	720	15,8	+2,54	+2,50	۸ ۵۰۰	Sous Cioche
	24-25	718	16,2	+2,29	+2,25	-0.25	
	25-26	721	16,2	+2,26	+2,22	-0.03	
	26-27	72 3	16,2	+2.37	+2,33	+0.11	
	27-28	722	16,1	+ 2,24	+2,20	-0.13	
	28-29	721	15,9	+2,30	+2,26	+0.06	
	29 - 30	714	15,7	+2,68	+2,64	+0.38	
	30- 0	713	15,0	+2,62	+2,59	-0.05	
Octre	1-3	26	15,7	+6.08	+6.04		sous cloche
or a durina in rein	3-4	713	13,6	+3,70	+3,68	. 0.04	
	4-5	714	12,6	+3,70	+3,69	+ 0.01	
	5-6	716	11,6	+ 3,17	+3,17	-0.52	
	6- 7	717	11,0	+ 3,33	+3,34	+0.17 -0.26	
	7-8	717	10,5	+ 3,06	+3,08	$\begin{bmatrix} -0.20 \\ -0.03 \end{bmatrix}$	
	8-9	715	9,6	+ 3,03	+3,05	-0.05	
100	9-10	716	9,1	+3,17	+3,20	+0.16	
	10-11	721	9,0	+ 3,33	+3,36	-0.03	1
	11-12	722	9,1	+3,30	+3,33	-0.48	1
	12-13	720	8,5	+ 3,11	+3,15	+0.24	
	13-14	715	8,6	+ 3,36	+3,39	-0.02	
	14-15	719	8,2	+ 3,33	+3,37	[-0,17]	
	15-16	725	8,5	+3,16	+3,20	+0.22	es.
	16-17	724	8,6	+ 3,39	+3,42	-0.08	
8	17-18	723	9,0	+3,31	+3,34	-0.05	
	18-19	724	9,0	+ 3,26	+ 3,29	-0.03	
	19-20	725	8,8	+ 3,23	+ 3,26	+0.08	1
	20-21	727	8,8	+ 3,31		-0.18	
	21-22	727	8,9	+ 3,43		+0.12	
20	22-23	726	9,4	+ 3,25	+ 3,28		gong slocks
	23-24	99	12,4	+ 6,28	+6,28		sous cloche
	24-25 98 96	726	9.6	+ 4,15		+0.07	
	25-26 96 97	728	9,8	+ 4,22	+ 4,24	-0.30	
	26-27	734	10,0	+ 3,92	+3,94		1

II. N_{\circ} . — Chronomètre de marine N° 14/7107, de M. Paul-D. Nardin, au Loole. Echappement à ressort, spiral cylindrique en palladium.

Variation pe	our 1º	de	température,	$-0^{\circ},03.$
--------------	--------	----	--------------	------------------

						3 3 1 3 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
D	ate	Press. baro- métr.	Tempé- rature	Marche observée	Marche réduite à 9°	Observations
Octre	888 15-16 16-17 17-18 18-19 19-20 20-21 21-22 22-23 23-24 24-25 25-26 26-27	725 724 723 62 725 727 727 103 726 726 728 731	8,5 8,6 9,0 41,1 8,8 8,8 8,9 43,1 9,6 9,6 9,8 10,0	$ \begin{vmatrix} -10,35 \\ +0,74 \\ -0,41 \\ +0,01 \\ -9,47 \\ +1,97 \\ +1,73 \\ +1,62 \end{vmatrix} $	$ \begin{vmatrix} + & 0.21 \\ + & 0.12 \\ - & 10.29 \\ + & 0.73 \\ - & 0.12 \\ + & 0.01 \\ - & 9.35 \\ + & 1.99 \\ + & 1.75 \end{vmatrix} $	sous cloche sous cloche
Novre	7- 8 8- 9 9-10 10-11 11-12 12-13 13-14 14-15 15-16 16-17 17-18	716 717 716 720 720 716 715 725 730 728 727	9,2 9,2 9,0 8,6 8,6 9,8 10,0 10,0 10,4 10,8 11,0	$\begin{array}{c} + 0.92 \\ - 0.46 \\ + 1.00 \\ - 0.65 \\ + 1.09 \\ + 0.89 \\ - 0.39 \\ - 0.49 \end{array}$	$\begin{vmatrix} +1,11\\ +0,92\\ -0,36 \end{vmatrix}$	le ressort se déve- loppe de 24 à 48 ^h id. id. id.

Le 18, repris par le fabricant.

Octobre 15-27.

Moyenne de la press. atmosph.: 726^{mm} ; marche moy.: $+0^s,78$ press. sous cloche: 82^{mm} ; » $-9^s,82$

III. G_1 . — Chronomètre de marine N° 96. Echappement à ressort, spiral cylindrique à deux courbes Phillips.

Variation pour 1º de température, — 0º,05.

Date	Press. baro- métr.	Tempé- rature	Marche observée	Marche réduite à 9º	Observations
1888 Décre 30-34	^{mm} 718	9,8	1,30	1,26	pas remonté à mi- di ; le ressort se développe de 24 à 48 ^h .
3 1- 0	719	9,8	-1,22	1,18	-
Janvier 1- 2 2- 3	720 728		-1,14 $-1,07$		id.
3- 4	730	7,8		-1,20	
4- 5	726	7,8	-1,08	-1.14	
5- 6	725		-4.06		W H
6- 7	504		-2,33		sous cloche
7- 8 8- 9	722 493		$-1.15 \\ -2.51$		sous cloche
9-10	713	7,5	-1.54	-1,62	
10-11	711	7,6	-1,47		
11-12	708		-1.37		
12-13	708		-1,40		anna alaaha
13-14	640		-1,69 $-1,26$		sous cloche
14-15 15-16	719 594		-1,20 $-1,91$		sous cloche
16-17	722	6.9	-1.91 -1.25		Sous Civene

Janvier 3-17.

Moyenne de la press. atmosph.:
$$718^{\mathrm{mm}}$$
; marche moy.: $-1^{\mathrm{s}},34$

» press. sous cloche: 558^{mm} ; » $-2^{\mathrm{s}},03$
 $p = +0^{\mathrm{s}},0043$

En combinant les marches « sous cloche » avec les marches environnantes sous pression normale, on déduit de nouveau $p = +0^{\mathrm{s}},0043$

Moyenne . . . $p = +0^{\mathrm{s}},0043$

IV. G_2 . — Chronomètre de marine N° 110. Echappement à ressort, spiral cylindrique à deux courbes Phillips.

Variation pour 1º de température, +0°,06.

received the second sec			187		
Date	Press. baro- métr.	Tempé- rature	Marche observée	Marche réduite à 9º	Observations
1889 Janvier 1- 2 2- 3 3- 4 4- 5 5- 6 6- 7 7- 8 8- 9 9-10 10-11	mm 720 728 730 529 725 722 492 719 713	$egin{array}{c} 7,7 \ 10,0 \ 7,5 \ \end{array}$	$ \begin{array}{r} -3,64 \\ -3,72 \\ -3,60 \\ -6,59 \\ -3,07 \\ -3,30 \\ -6,69 \\ -2,87 \\ -3,20 \\ -3,05 \end{array} $	$\begin{array}{r} -6.84 \\ -3.04 \\ -3.22 \\ -6.75 \\ -2.78 \end{array}$	sous cloche
11-12 12-13 13-14 14-15	706 708 745 749	8,3 8,4 8,2 7,6	$\begin{bmatrix} -3,29 \\ -3,56 \\ -3,39 \\ -3,21 \end{bmatrix}$		pas remonté; le ressort se déve- loppe de 24 à 48 ^h id.

Le 15, on vient reprendre le chronomètre.

Janvier 1-11.

Moyenne de la press. atmosph.: 721 ^{mm} ; march » press. sous cloche: 510 ^{mm} ;	te moy.: $-3^{s},24$ $-6^{s},80$
	$p = +0^{\circ},0169$
La combinaison de la marche « sous cloche » avec les marches environnantes sous pres-	
sion normale donne	$p = +0^{s},0171$
Moyenne	$p = +0^{\circ},0170$

V. G_3 . — Chronomètre de marine N° 111. Echappement à ressort, spiral cylindrique à deux courbes Phillips.

Variation	pour	10	de	température,	- Os	,03.
-----------	------	----	----	--------------	------	------

	-				
Date	Press. baro- métr.	Tempé- rature	Marche observée	Marche diurne réduite à 9º	Observations
Décre 30-31 31-0 4889 Janvier 1- 2 2-3 3-4 4-5	718 488 720 516 730 726	9,8 41,6 8,7 9,5 7,8 7,8	$\begin{vmatrix} +1,96\\-0,22\end{vmatrix}$ $\begin{vmatrix} +2,04\\+0,51\\+2,10\\+2,22\end{vmatrix}$	$ \begin{array}{r} $	sous cloche sous cloche pas remonté; le
5- 6 6- 7 7- 8 8- 9 9-10 10-11 12-13 13-14	725 722 722 719 646 711 586 715 543	8,5 7,7 6,8 7,5 11,4 7,6 11,3 8,2 10,9	+ 2,20 + 2,32 + 2,31 + 2,30 + 1,50 + 2,11 + 0,97 + 2,42 + 0,99	+ 2,18 + 2,28 + 2,24 + 2,26 + 1,57 + 2,07 + 1,04 + 2,40 + 1,05	id. sous cloche sous cloche

Le 15, le fabricant vient reprendre son chronomètre.

Décembre 30-Janvier 15.

VI. G_4 . — Chronomètre de marine N° 112. Echappement à ressort, spiral cylindrique à deux courbes Phillips.

Variation pour 1º de température, + 0º,03.

	122	MARKET CONTRACTOR	N. N. Bankinson		200
Date	Press. baro- métr.	Tempé- rature	Marche observée	Marche réduite à 9º	Observations
Décre 31- 0	^{mm} 719	9,8	2,84	-2,86	
Janvier 1- 2 2- 3	720 728	$8,7 \\ 7,6$	$-2,96 \\ -3,03$		d
3- 4 4- 5	545 727	7,9	-4,18 $-3,28$	-3,25	sous cloche
5- 6 6- 7 7- 8	542 722 722	7,6	$\begin{bmatrix} -4,26 \\ -3,20 \\ -3,29 \end{bmatrix}$	-3,16	sous cloche
	decide territoria				
8- 9	719	7,5	3,67	-3,62	pas remonté; le ressort se déve loppe de 24 à 48
9-10 10-11	713 711	7,5 7,6	$-2,91 \\ -2,83$	$-2,86 \\ -2,79$	
11-12 12-13	706 708	8,4	$\begin{bmatrix} -3,12 \\ -2,83 \end{bmatrix}$	-2,81	id.
13-14 14-15	715 719	8,7 7,6	$-2,79 \\ -3,38$	-2,78 $-3,34$	id.
	l l		Į g		<u>.</u>

Décembre 31-Janvier 8.

Moyenne de la press. atmosph.:
$$723^{\rm mm}$$
; marche moy.: $-3^{\rm s},07$

» press. sous cloche: $544^{\rm mm}$; » $-4^{\rm s},33$
 $p=+0^{\rm s},0070$

La combinaison de la marche « sous cloche » avec les marches environnantes sous pression normale donne $1. + 0^{\rm s},0065$
 $2. + 0^{\rm s},0063$
 $+0^{\rm s},0064$

Moyenne . . . $p=+0^{\rm s},0067$

g.	Observa-		odoolo 83		s cloche			a
	No ent à iral cyl. es Ph.	Variat.	0,0	+ % 1,4	+ 2,0			
la Chaux-de-Fonds.	Sans No échappement à bascule, spiral cylais 2 courbes Ph.	Marche diurne	+ + + 128,8 8,28,2		+ + 3,7 + 9,6 + 11,6	+13,2	+ 0,012 + 0,014 + 0,012	+0,042
	216 nent h ral plat ps	Variat.	+ 0,0	-0,1	+ 1,0		0	
	No 2216 échappement à ancre, spiral plat Phillips	Marche diurne	+ + 0,6 2,2,2 0,4,2	+ +	+ +	+ 7,6 — 7,5	$+0.023 \\ +0.017 \\ +0.019$	+0,020
s de poche de M. Paul Perret, à la Chaux-de-Fonds.	199 nent à ral plat ips	Variat. diurne	4,0—	+0,1	-0,7			•
	No 2199 échappement à ancre, spiral plat Phillips	Marche diurne	++ .04-46 .05.6			- 1,6 16,6	+ 0,022 + 0,022 + 0,022	+0,025
	205 nent à ral plat ps	Variat. diurne	s + 0,4	-0,1	-0,5		18	328
	No 2205 échappement à ancre, spiral plat Phillips	Marche diurne			125.7 1.9.7 1.9.3 1.9.3	— 3,9 — 1 3,0	+0,014 +0,015 +0,014	+0.04
	209 nent å ral plat ips	Variat. diurne	+ 0,9	+ 0,4	0,0			
Chronomètres	No 2209 échappement à ancre, spiral plat Phillips	Marche diurne	+ 0,00 4,00	+ +	+ + 10,5 10,5 11,2 12,2	+ 0,9 - 9,9	$^{+0,016}_{+0,016}$ $^{+0,016}_{+0,017}$	+0,016
Chr	pėrature 1	Ten	16,9 16,8 17,9	17.6 17.9 7.9	17,7 17,3 17,8	Marche	p = r essai	iitive
	noisse: metrique	r q orad	724 S			ne, 722	1 m.(1 e1 avec nne(2e	défin
VII.	Date		Sept. 20-21 21-22 21-22 99-93	23-24 24-25 26-25	26-27 27-28 28-29	Moyenne de la 722 pression atmosph. 722 Pression moyenne. 54 sous cloche	La comb. de la m. (1 er «sous cloche» avec 2 e les m. envir. donne	Moyenne définitive

VIII. — Chronomètre de poche de M. Ed. Barbezat, à Neuchâtel. Echappement ressort à détente, spiral cylindrique.

Date	Pression baro- métrique	Tempé- rature	Marche di ur ne	Variat. diurne	Observations
Novembre 7- 8 8- 9 9-10 10-11 11-12 12-13 13-14 14-15	mm 716 747 746 46 46 746 746 745 725	12,9 12,9 12,6 12,3 13,4 14,2 13,8 13,7	$ \begin{array}{r} $	$ \begin{array}{r} + 0.4 \\ 0.0 \\ - 1.5 \\ + 1.1 \end{array} $	sous cloche sous cloche

Moyenne de la press. atmosph.: 718^{mm} ; marche moy.: $+4^{\text{s}}.8$ » press. sous cloche: 16^{mm} ; » $-4^{\text{s}}.1$ $p=+0^{\text{s}}.013$