

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 67 (1941)
Heft: 17

Artikel: Intégrateur d'altitudes
Autor: Lugeon, Jean
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-51340>

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: 11.01.2026

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

BULLETIN TECHNIQUE

DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :

Suisse : 1 an, 13.50 francs
Etranger : 16 francs

Pour sociétaires :

Suisse : 1 an, 11 francs
Etranger : 13.50 francs

Prix du numéro :
75 centimes.

Pour les abonnements
s'adresser à la librairie
F. Rouge & C^{ie}, à Lausanne.

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale. —

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : M. IMER, à Genève ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg* : MM. L. HERTLING, architecte ; A. ROSSIER, ingénieur ; *Vaud* : MM. F. CHENAUX, ingénieur ; E. ELSKES, ingénieur ; EPITAUX, architecte ; E. JOST, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève* : MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. ODIER, architecte ; CH. WEIBEL, architecte ; *Neuchâtel* : MM. J. BÉGUIN, architecte ; R. GUYE, ingénieur ; A. MÉAN, ingénieur ; *Valais* : M. J. DUBUIS, ingénieur ; A. DE KALBERMATTEN, architecte.

RÉDACTION : D. BONNARD, ingénieur, Case postale Chauderon 475, LAUSANNE.

Publicité :
TARIF DES ANNONCES

Le millimètre
(larg. 47 mm.) 20 cts.
Tarif spécial pour fractions
de pages.

Rabais pour annonces
répétées.



ANNONCES-SUISSES S.A.

5, Rue Centrale,
LAUSANNE
& Succursales.

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; M. IMER.

SOMMAIRE : *Intégrateur d'altitudes*, par M. JEAN LUGEON. — *Programme général relatif à la création d'occasions de travail dans le domaine de l'électricité*. — BIBLIOGRAPHIE. — SERVICE DE PLACEMENT. — DOCUMENTATION. — NOUVEAUTÉS. — INFORMATIONS DIVERSES.

Intégrateur d'altitudes

par JEAN LUGEON.

L'intégrateur d'altitudes sert à résoudre sans calcul la formule barométrique-altimétrique idéale.

Il donne instantanément sur une roulette intégrante toute altitude d'un sondage aérologique par radio-sonde, ballon-sonde, etc., dont les éléments pression = p , température = t , humidité = u , accélération de la pesanteur = g sont reportés, après certaines simplifications, dans un système d'axes rectangulaires. Il sert également de coordinatographe et d'altimètre pour le nivellement barométrique de précision¹.

I. Principe de la méthode d'intégration des altitudes.

La formule barométrique-altimétrique rigoureuse s'écrit symboliquement :

$$H = f(p, t, u, g)$$

où H = altitude en mètres (système métrique), p = pression en millibars, t = température, u = humidité, g = accélération de la pesanteur.

Afin de rendre l'intégration possible dans un système d'axes rectangulaires, on fait passer g dans le terme de gauche de l'équation, qui devient le géopotentiel, et u est incorporé dans l'expression numérique de la tempé-

rature, qui devient la température virtuelle, ce qui donne :

$$H \equiv \Phi = f(p, t_v),$$

où, les altitudes Φ , en unité de géopotentiel, s'appellent les mètres dynamiques (m dyn.). La conversion de t en t_v se fait par un graphique reproduit dans le susdit Mémoire.

La formule symbolique précédente prend selon V. Bjerknes, la forme dimensionnelle suivante :

En atmosphère polytrope :

$$\Phi = \frac{T_o}{\gamma} \left[1 - \left(\frac{p}{p_o} \right)^{R \cdot \gamma} \right],$$

où $\gamma = -\frac{dT}{d\Phi}$ est le gradient de température, que l'on assimile à une fonction linéaire du potentiel, R est la constante des gaz, les indices o se rapportent aux conditions initiales, soit le niveau de base au-dessus duquel est calculé le géopotentiel.

En atmosphère isotherme, on a :

$$H_{p_o}^p = -A \int_{p_o}^p t_v \cdot d(\log. \text{ nat. } p) \quad \text{m. dyn. } 10^{-5} \cdot \text{Erg.}^{-1}$$

ou bien,

$$H_{p_o}^p = A \cdot T_v \cdot \log. \text{ nat. } \frac{p}{p_o}$$

$$\text{où } A = \frac{R}{M} = 287,04 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{sec}^{-2}}{\text{Grad}} \text{ pour } T_o = 273$$

où R = constante des gaz ; M = poids moléculaire de l'air sec.

Les températures virtuelles t_v sont portées en ordon-

¹ La théorie de l'intégrateur a été publiée en détail dans le « Mémoire sur la méthode d'intégration des altitudes en aérologie (Nivellement barométrique de précision) », *Bulletin technique de la Suisse romande*, numéros des 13 et 27 janvier 1940, ainsi que dans « Der aerologische Transporteur », *Annalen der MZA*, t. 1938, Zurich 1939. Le principe de la nouvelle méthode figure dans trois Notes aux Comptes rendus de l'Académie des Sciences de France, t. 208, p. 591, 1327 et 1874, Paris 1939.

nées et log. nat. p en abscisse (fig. 1). On simplifie le graphique en substituant p à log. nat. p ; les pressions étant dessinées en échelle logarithmique. L'altitude d'une atmosphère isotherme t_v au-dessus d'un niveau de pression p_0 est donc simplement la surface du rectangle de base $p_0 p_1$ et de hauteur t_{v_0} . En atmosphère polytrophe, c'est la surface hachurée de base $p'_0 p'_1$ limitée à la courbe de température $t'_{v_0} t'_{v_1}$.

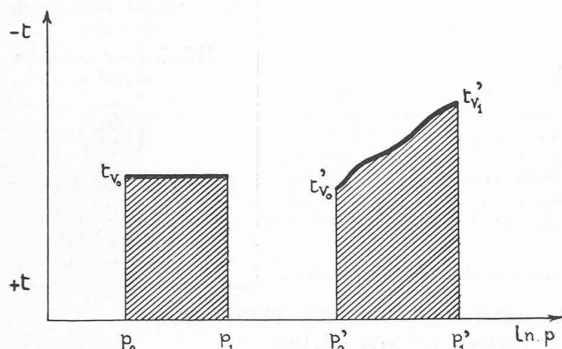


Fig. 1.

J'ai démontré, en partant du principe de l'intégration cinématique en coordonnées polaires (planimètre-radial Durand-Amsler), que la courbe intégrale de la fonction t_v quelconque donne à toute pression p quelconque l'altitude (m dyn.). Cette courbe intégrale est tracée par l'intégrateur Abdank-Abakanowicz.

J'ai imaginé, pour remplacer celui-ci, onéreux et compliqué, l'intégrateur simple, dont voici le principe :

II. Principe de l'intégrateur d'altitudes.

Soit un système de coordonnées cartésiennes x, y , où y = température virtuelle t_v , et x = pression p en échelle logarithmique ou log. nat. p (fig. 2).

Un disque, dont le centre P est sur l'axe x se meut le long de celui-ci en tournant sur lui-même. A cette fin, il est entraîné par un galet G qui lui est solidaire et s'engrène dans une crémaillère (règle polaire) XX disposée parallèlement aux abscisses.

L'axe de rotation de la roulette intégrante, dont le pied R repose sur le disque passe constamment par le centre de rotation P de celui-ci.

En outre, le pied R de la roulette est toujours situé sur le côté du triangle rectangle R, T, P . T est le traçoir qui suit la courbe à intégrer $\Phi = f(p, t_v)$.

Il se conçoit aisément que dans la matérialisation de l'appareil, le traçoir T doit être décalé en T' , et l'axe des x en x' d'une longueur y égale au moins au demi-diamètre du disque, afin que la roulette puisse arriver au centre du disque.

J'ai publié la théorie de cet appareil que je résume. Les trois conditions d'intégration sont réunies :

1° Lorsque le traçoir T suit l'axe des abscisses x , la roulette est au centre du disque, elle ne tourne, ni ne glisse. 2° Lorsqu'au droit d'un x quelconque, le traçoir suit la verticale y , la roulette glisse sur son pied, mais

sans tourner. 3° Lorsque le traçoir suit une ligne quelconque $y = f(x)$, la roulette est sollicitée par la rotation du disque arc $d\varphi = \frac{dl}{r_g} = dx$; φ = angle de rotation,

l = avancement, r_g = rayon du galet. Mais comme le rayon vecteur r du pied de la roulette est en rapport d'homothétie avec y , elle enregistre une valeur proportionnelle à $\int y \cdot dx$, soit résout l'intégration.

Il découle de ces conditions les lemmes suivants :

1. Le rayon vecteur r du pied de la roulette au centre P du disque est, à un facteur constant près k , l'expression numérique de la température t_v (ordonnée) :

$$\sin \alpha = \frac{r}{y}; y = \frac{r}{\sin \alpha}; \frac{1}{\sin \alpha} = k; y = kr$$

d'où $y = (t_1 - t_0) = k \cdot r$

2. La rotation et la translation du disque est à un facteur constant près l'expression numérique de la pression (abscisses) :

$$\text{arc } \varphi = \frac{l}{r_g}; \text{arc } \varphi \cdot r_g = l = (p_1 - p_0).$$

3. La rotation de la roulette pour r constant, soit t constant (atmosphère isotherme) est l'expression numérique de l'altitude, à un facteur constant près défini par le diamètre de la roulette. (Les formules sont publiées dans le « Mémoire ».)

4. La rotation et le glissement de la roulette sont, à une constante près, l'expression numérique de la courbe intégrale $f(p, t_v)$ en atmosphère polytrophe (théorie de la roulette intégrante).

5. Si les échelles de t_v (linéaire) et p (logarithmique) sont choisies invariables, l'expression numérique de l'al-

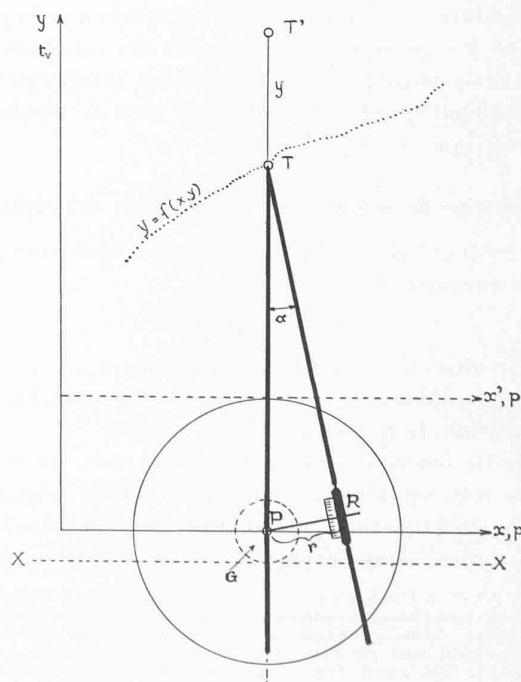


Fig. 2.

titude est conditionnée par l'ouverture de l'angle α du triangle rectangle [« Mémoire »].

Conséquence : En faisant varier l'ouverture de l'angle, on peut intégrer dans tout système d'unité, par exemple en mètres dynamiques ou en mètres du système métrique, réserve étant faite de la variation de g avec l'altitude et la longitude. A cette fin, le petit côté du triangle rectangle est muni d'une vis micrométrique, appelée vis d'angle.

III. Description de l'intégrateur.

Pour l'aérologie, il n'est pas nécessaire que la roulette intégrante atteigne le centre du disque, ce qui simplifie la construction (fig. 3).

L'appareil devant servir à la fois d'intégrateur et de coordinatographe pour reporter le sondage, les températures ($+50^\circ$ à -80°) sont gravées linéairement sur l'axe des ordonnées, en l'occurrence le côté TV du bras moteur triangulaire (fig. 4). Les pressions (1100 à 1 millibars) sont distribuées logarithmiquement le long d'une spirale s'entourant autour du centre du disque. Un vernier au $\frac{1}{10}$ sert de repère pour les températures et un curseur ajustable en verre sert de repère pour les pressions.

Le vernier de la roulette donne les mètres, sa jante les déca et hectomètres, un compteur totalise les kilomètres.

La roulette est munie d'un frein tangentiel destiné à conserver les altitudes et son pied peut être séparé du disque par une vis soulevant son équipement.

Le traçoir comporte une pointe sèche à pompe, une bécuille et une poignée.

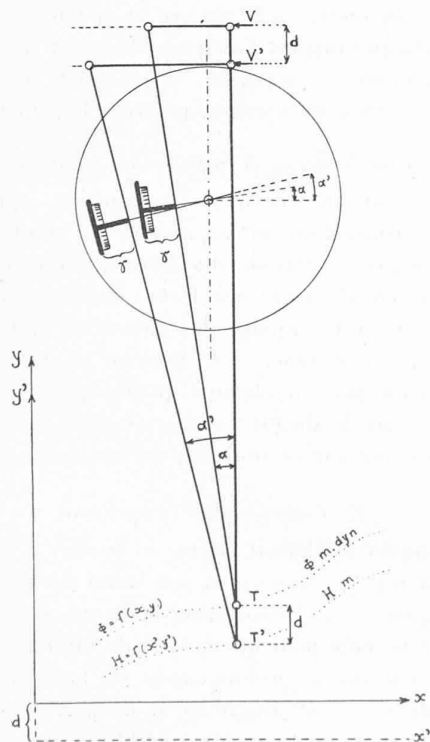


Fig. 3.

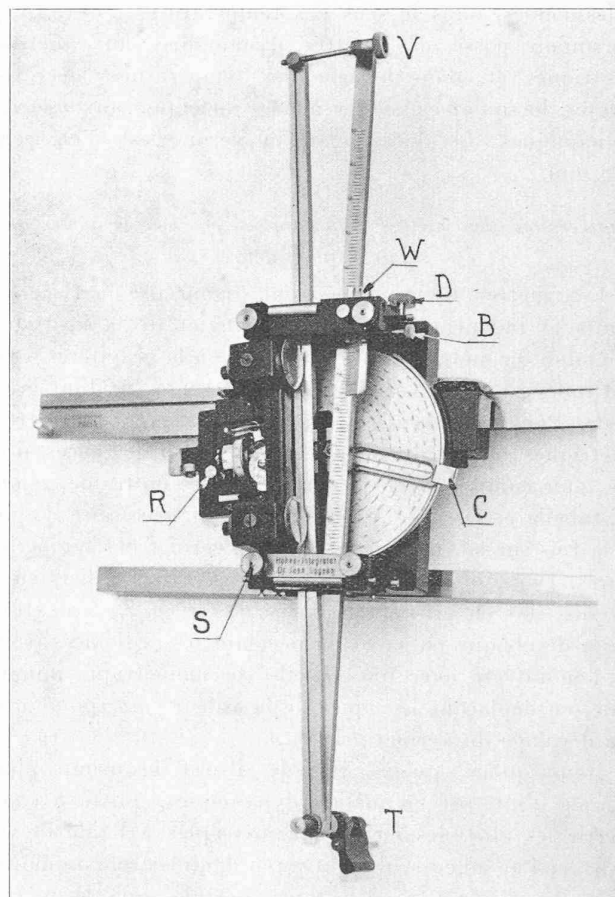


Fig. 4. — Intégrateur d'altitudes de Jean Lugeon.

Constructeur : K. Hünenberger, Zürich IX.

V, vis d'angle pour passer des mètres dynamiques aux mètres du système métrique ; W, vernier des températures ; D, vis commandant l'engrènement du disque ; B, vis de blocage du bras-moteur ; R, frein de la roulette intégrante ; S, vis soulevant l'équipage de la roulette intégrante ; C, curseur ajustable pour les millibars ; S, quatre vis égales pour le serrage du bras-moteur ; T, traçoir et sa bécuille.

Caractéristiques : Ordonnées : températures $^\circ\text{C} + 50^\circ$ à -80° . Abscisses : pressions en millibars réparties logarithmiquement, 1100 à 1 millibars.

Dimensions : 1° de température = 2 millimètres ; 1100 à 100 mbars = 531 millimètres.

Le disque est engrené par une vis appliquant le galet contre la crémaillère. Une vis de blocage permet d'immobiliser le bras-moteur. Enfin, l'ouverture de l'angle du bras-moteur est commandée par une vis d'angle micrométrique, permettant de passer des mètres dynamiques aux mètres métriques ou inversement.

La matérialisation du principe mathématique de l'intégrateur rend impossible le glissement de la roulette sur l'arête même du triangle-moteur. Il est nécessaire de décaler l'équipage portant la roulette d'une distance suffisante pour que les graduations et le compteur soient bien visibles. Ce décalage introduit de nouvelles relations trigonométriques dans la réalisation pratique de l'appareil, d'où il résulte que le mouvement de la vis d'angle ne suffit plus pour passer des mètres dynamiques aux mètres métriques ou inversement, comme le prévoit la théorie. La figure 3 montre clairement que la position du zéro du vernier des températures intervient, produisant une translation des ordonnées parallèlement à

elles-mêmes, dans le sens des températures croissantes, lorsqu'on passe des mètres dynamiques aux mètres métriques et, dans le sens des températures décroissantes, lorsqu'on passe des mètres métriques aux mètres dynamiques. Le décalage d du vernier est d'environ 6,8 mm.

Conversion des mètres dynamiques en mètres métriques sur l'intégrateur.

Les mètres dynamiques sont rigoureusement constants et indépendants de la gravité et de la latitude. L'étalon du mètre métrique rapporté à la gravité et à la latitude est donc variable avec l'altitude sur l'intégrateur. Par conséquent, si l'on veut intégrer en mètres métriques, jusqu'à de hautes altitudes, il est nécessaire de tenir compte de cette variation avec l'altitude, selon la table ci-dessous. A cette fin, il est nécessaire d'agir à la fois sur la vis d'angle et sur le vernier des températures. Dans une intégration, on opérera par paliers successifs, soit en brisant la courbe d'état (p, t_v) à l'extrémité de chaque palier et en décalant les ordonnées, soit si l'on intègre avec une échelle thermométrique immobile, en déplaçant le papier de la valeur correspondante au décalage du vernier $TT' = d$.

Remarquons, qu'en pratique, il est beaucoup plus simple d'intégrer en mètres dynamiques, quitte à convertir les altitudes en mètres métriques à l'aide de la table. Par ailleurs, il suffit aussi d'admettre, comme le font les aérologistes d'Europe centrale, que le mètre métrique vaut, en moyenne, 1,02 m. dyn. entre 0 et 15 000 m. Il n'est pas nécessaire, dans ce cas, de tourner la vis d'angle, en cours d'intégration, lorsque l'appareil a été réglé une fois pour toutes en mètres métriques.

Conversion des mètres dynamiques en mètres (système métrique.)

(Environ 2 % à ajouter au géopotential en m dyn.)

Facteur de correction en %

φ = latitude ; Φ = géopotential en m dyn.

Φ	φ	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°
0 m dyn.		2,24	2,23	2,19	2,11	2,02	1,93	1,84	1,77	1,72
2 000		2,31	2,29	2,25	2,18	2,09	2,00	1,91	1,83	1,79
4 000		2,38	2,35	2,31	2,24	2,16	2,06	1,97	1,90	1,85
6 000		2,44	2,42	2,38	2,30	2,22	2,12	2,03	1,96	1,92
8 000		2,50	2,49	2,44	2,37	2,28	2,19	2,10	2,03	1,98
10 000		2,57	2,55	2,51	2,44	2,34	2,25	2,17	2,09	2,04
12 000		2,64	2,62	2,57	2,50	2,41	2,31	2,23	2,16	2,11
14 000		2,70	2,68	2,64	2,56	2,48	2,38	2,29	2,22	2,18
16 000		2,76	2,75	2,70	2,63	2,54	2,45	2,35	2,28	2,24
18 000		2,83	2,82	2,76	2,69	2,60	2,51	2,42	2,35	2,30
20 000		2,90	2,88	2,83	2,75	2,67	2,57	2,49	2,42	2,36
22 000		2,97	2,94	2,90	2,82	2,73	2,64	2,55	2,48	2,43
24 000		3,03	3,01	2,96	2,89	2,80	2,70	2,62	2,54	2,50
26 000		3,09	3,07	3,03	2,95	2,86	2,77	2,68	2,60	2,56
28 000		3,16	3,14	3,09	3,02	2,93	2,84	2,74	2,67	2,63

IV. Mode d'emploi.

A. Mise en place.

1° Sortir le chariot de la boîte. — 2° Sortir le rail (règle polaire), le poser sur une planche *parfaitement*

plane, de 80 × 40 cm. — 3° Mettre le chariot sur le rail. — 4° Dévisser la vis calante du disque pour engrener son galet dans la crémaillère du rail polaire.

B. Coordinatographie.

1° Disposer une feuille de papier bristol sous le domaine de translation du traçoir. — 2° Soulever la roulette au-dessus du disque par la vis *ad hoc*. (Cette opération n'est pas indispensable. Elle sert à diminuer l'usure du disque à long usage.) — 3° Piquer avec la pointe sèche du traçoir les températures de son choix, en avançant ou en reculant le bras-moteur triangulaire. La température est lue au droit de l'index zéro du vernier. Un degré centigrade de température a une longueur de 2 mm. Piquer au besoin le papier tous les 100 millibars, en les regardant défiler sous l'index de verre. Pour le tracé des ordonnées, on se servira d'une équerre glissant le long de la règle polaire, en ayant soin de vérifier qu'elle est bien à angle droit. — 4° Piquer la courbe p, t_v dans le système de coordonnées définies.

C. Intégration.

1° La courbe d'état p, t_v est reportée point par point comme indiqué ci-dessus. On joint les points par une ligne régulière et continue. La précision dépend de la densité des points par unité d'altitude et de la finesse du trait. (Voir le « Mémoire », page 13.) — 2° Soit à déterminer une altitude dès le sol, confondu avec le point de départ de la courbe d'état p, t_v . — 3° Ajuster l'index de verre sur le millibar de départ, le traçoir étant sur le début de la courbe. — 4° Amener la roulette sur 0.000 m ou sur l'altitude géographique du lieu, si l'on intègre directement au-dessus du niveau standard universel (niveau de la mer). — 5° Suivre la courbe ; la roulette donne à chaque instant l'altitude du point de la courbe sur lequel se trouve le traçoir, le bras-moteur, la température, et l'index de verre la pression barométrique.

D. Coordination et intégration simultanée.

1° On peut interrompre l'intégration après avoir mesuré l'altitude d'un certain nombre de points reportés. — 2° Conserver l'altitude du dernier point reporté sur la roulette, en abaissant son frein ; soulever la roulette. — 3° Continuer le piquage des points suivants. Joindre les points par une ligne. — 4° Revenir au début du nouveau tronçon par un chemin quelconque. — 5° Poser la roulette sur le disque ; desserrer le frein ; l'altitude étant conservée sur la roulette, suivre le nouveau tronçon.

E. Contrôle de l'intégrateur.

1° Appliquer le chariot contre le buttoir à l'extrémité gauche du rail ; le traçoir, ni son sabot ne doivent toucher le papier. — 2° Désengrener le disque. — 3° Tourner le disque à la main pour que le trait de 1100 millibars soit grossièrement sur le prolongement de l'axe de rotation de la roulette. — 4° Engrener le disque. — 5° Mettre l'index de verre exactement sur 1100 mbars. — 6° Pousser le chariot à droite par un de ses bords, mais non pas

par le bras-moteur. — 7° Pour 7 révolutions du disque (1100 à 30 mbars), on doit obtenir à quelques mètres d'erreur près, les altitudes suivantes (atmosphère isotherme) :

Position du bras des températures:	Mètres dynamiques : Altitude: m dyn.	Mètres (système métrique): Altitude : m métriques
+ 40°	32 360 m dyn.	33 007 m
+ 30°	31 327	31 953
+ 20°	30 293	30 899
+ 10°	29 259	29 844
0°	28 225	28 789
— 10°	27 192	27 735
— 20°	26 158	26 682
— 30°	25 123	25 628
— 40°	24 090	24 572
— 50°	23 056	23 517
— 60°	22 022	22 462
— 70°	20 989	21 409
— 80°	19 956	20 355

Remarque : Il est mieux de caler le bras-moteur par la vis latérale, pendant chaque translation du chariot. La pression qu'exerce cette vis sur le bras peut provoquer une très légère différence des altitudes (+ 5 m sur 25 000 m, par exemple).

8° Contrôle du glissement de la roulette (rugosité du disque) : Tracer une ligne droite inclinée entre le point 1100 mbars, + 30°, et le point 235 mbars, — 30°, par exemple. Poser sur cette ligne une règle à bord franc. Appliquer le traçoir contre ce bord. Suivre la ligne entre les valeurs indiquées. L'intégration doit donner 12 095 m dyn. Il est clair qu'entre les mêmes verticales (mêmes pressions), on aura la même valeur de l'intégrale entre + 20° et — 20°, + 40° et — 40°, etc.

F. Transformation des mètres dynamiques en mètres métriques.

1° Pour passer des mètres dynamiques en mètres métriques (1,02 m dyn.), tourner la vis d'angle micrométrique dans le sens sinistrorsum, c'est-à-dire contre soi ; l'angle s'ouvre ; un tour suffit. L'effet de la vis d'angle est très sensible. — 2° Avancer le vernier du bras des températures dans la direction du traçoir, c'est-à-dire vers les températures décroissantes. A cette fin, débloquent le vernier en desserrant la vis calante qui le surmonte. — 3° Contrôler l'intégrateur pour 7 révolutions du disque, entre 1100 et 30 mbars, comme indiqué ci-dessus. — 4° Pour revenir des mètres métriques aux mètres dynamiques, tourner la vis d'angle dans le sens dextrorsum et pousser le vernier dans le sens des températures croissantes.

G. Corrections et ajustage de l'intégrateur.

1° L'intégrateur est livré rigoureusement réglé en mètres dynamiques

et contrôlé par l'inventeur à la température de la chambre (15 à 27°), sans autres erreurs que celles dues aux efforts secondaires, solidaires de tout instrument de haute précision (jeu nécessaire des articulations, des glissières, des axes des tourillons et du galet). — 2° Le transport peut dérégler l'appareil (improbable, toutes les vis étant calées avant la mise en boîte). Voici cependant le mode à suivre pour réajuster l'appareil. — 3° Il est indispensable de ne pas ajuster au hasard, pour éviter de perdre du temps, l'ajustement étant de toute façon un travail fastidieux. Apprendre préalablement les fonctions de chaque organe dans le « Mémoire ». — 4° On se rappelle que : pour un même nombre de révolutions du disque : a) plus l'angle est agrandi, plus les altitudes augmentent, b) un déplacement du vernier des températures vers les températures décroissantes augmente l'altitude, vers les températures croissantes les diminue. En conséquence, l'ajustement peut se faire entièrement par la vis d'angle et le vernier des températures. — 5° L'intégrateur est réglé autour du point de symétrie (point neutre) des températures, soit $-20^\circ = \frac{+40^\circ + (-80^\circ)}{2}$.

— 6° On met le chariot au début de la règle, à la température de — 20° et 1100 mbars. Après 7 révolutions du disque (1100 à 30 mbars), la roulette doit indiquer 26 158 m dyn. Si tel n'est pas le cas on rectifie l'angle ou la position du vernier par tâtonnements successifs, selon les principes indiqués, jusqu'à ce que l'altitude soit rigoureusement exacte. — 7° On contrôle après 7 révolutions les altitudes des atmosphères isothermes + 40° et — 80°. Deux cas se présentent : ou les altitudes des atmosphères isothermes (1100 à 30 mbars) sont trop petites au-dessus de — 20°, et trop grandes au-dessous de — 20°, ou bien l'inverse. Cela

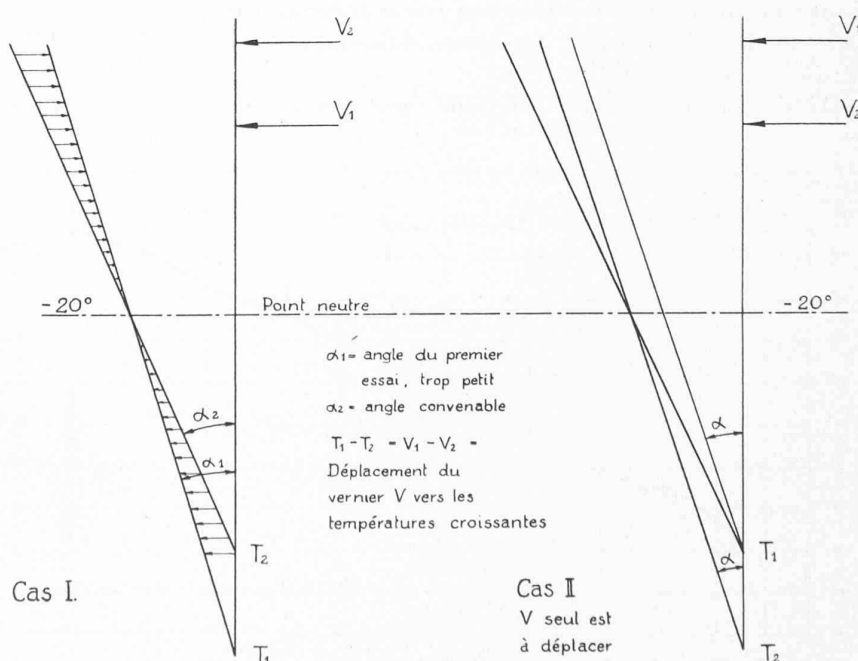


Fig. 5.

signifie, dans le premier cas, que l'angle est un peu trop petit ou que le vernier est trop tiré, dans le sens des températures décroissantes et dans le second cas, c'est l'inverse (fig. 5).

On rectifie de la manière suivante :

a) Augmenter très légèrement l'angle, ce qui produit une augmentation d'altitude sur toutes les atmosphères de $+40^\circ$ à -80° , mais proportionnellement davantage au-dessus, qu'au-dessous de -20° . — b) Annuler cette augmentation d'altitude sur l'ordonnée de -20° en poussant légèrement le vernier vers les températures croissantes, jusqu'à ce que l'atmosphère isotherme de -20° redonne après 7 révolutions 26 158 m. — c) Contrôler à nouveau sur $+40^\circ$ et -80° . Et ainsi de suite, jusqu'à ce que l'écart négatif des altitudes, au-dessus de -20° , et positif, au-dessous de -20° , soit inférieur à 5 m, limite agréée des erreurs d'intégration sur 25 km d'altitude. — Si le cas inverse se produisait : excès négatif au-dessous de -20° et positif au-dessus, on procéderait de la même manière, en actionnant les organes de réglage en sens inverse.

8° Une variation de $1/10$ de degré centigrade du vernier des températures correspond, pour une atmosphère isotherme de -20° , entre 1100 et 30 mbars, à environ 10 m dyn. On se servira de cette information pour activer l'ajustement.

V. Degré de précision de l'intégrateur et erreurs de lecture.

L'intégrateur a pu être réglé à une précision de 1 m dyn. sur 10 000 m dyn., pour 7 révolutions du disque en atmosphère isotherme, ainsi que pour une intégration linéaire de 12 095 m dyn, comprise entre $+30^\circ$ à -30° et 1100 et 235 mbars.

Erreurs commises à la lecture :

Elles sont de l'ordre $1/10\,000$, si l'on travaille avec précaution et lentement.

1. Une erreur de lecture de $\pm 1/10$ de degré (mauvaise mise en place du bras-moteur) provoque en atmosphère isotherme de 1100 à 30 mbars une erreur théorique de ± 8 m dans le domaine des basses températures, de ± 10 m à 0° , de ± 12 m à 40° .

Ainsi, en atmosphère polytrophe quelconque, des

erreurs de pointage ou de lecture des températures, à $1/10$ de degré centigrade près, produiront en moyenne, une erreur de ± 10 m pour 25 000 m d'altitude.

2. Les erreurs, dues à la mauvaise mise en place ou à un défaut de lecture de l'index des millibars, provoquent les excès ou défauts suivants :

Pression	Erreur par millibar (Degré hypsométrique en mbar à 0°)	Pression	Erreur par millibar (Degré hypsométrique en mbar à 0°)
1100 mbars	7 m dyn.	200 mbars	39 m dyn.
1000 »	8 »	100 »	78 »
900 »	9 »	75 »	104 »
800 »	9 »	50 »	155 »
700 »	11 »	40 »	194 »
600 »	13 »	30 »	257 »
500 »	16 »	20 »	382 »
400 »	19 »	10 »	747 »
300 »	27 »	5 »	1429 »
		1 »	5432 »

VI. Exemple d'intégration d'altitude.

La figure 6 représente la courbe d'état p, t_v du premier radio-sondage suisse à haute altitude, effectué le 19 avril 1939, au Zurichberg, avec une radio-sonde construite par la maison Hasler S. A., à Berne. Altitude à l'éclatement : 18 353 m dyn., soit environ 18 720 m au-dessus du niveau de la mer. La courbe de la température ordinaire t , n'a pas été reportée sur le diagramme, car elle ne diffère que de quelques dixièmes de degré de la courbe de température virtuelle. A partir de 5000 m dyn., d'ailleurs, ces deux courbes sont confondues.

La transmission radiotélégraphique du sondage aérologique se fait dans le code suivant (Résolution n° 46, de la Conférence mondiale des directeurs d'instituts météorologiques, Varsovie, 1935).

Temp IIIGG P₁P₁P₁ TTTUU P₁P₁P₁ TTTUU.....
pour les points remarquables de la courbe

O O O TTTUU TTTUU TTTUU.....
pour les pressions déterminées de 1000, 900, 800, 700... millibars

O O O TTTTP TTTTP TTTTP.....

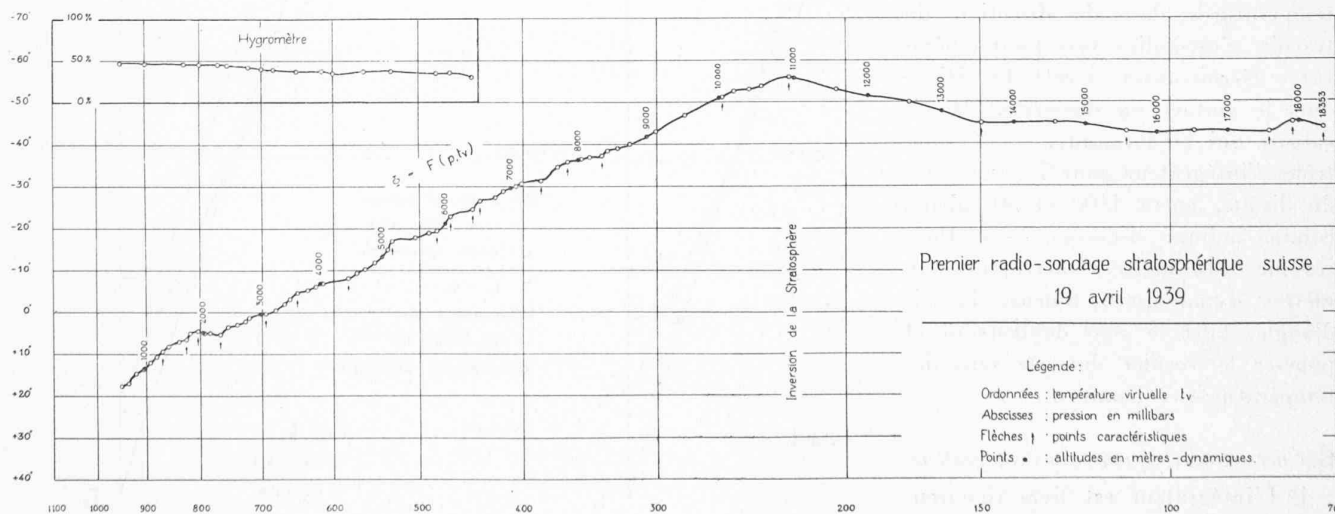


Fig. 6.

pour les niveaux standards géodynamiques de 1000, 2000, 3000... m dyn.

Temp signifie sondage aérologique, GG est l'heure (T. M. G.), III est l'indicatif de la station de départ du ballon, 281 pour Zurich. $P_1P_1P_1$ est la pression en millibars arrondis ; on néglige le chiffre des mille pour les pressions supérieures à 1000 mbars. TTT est la température en degrés et dixièmes. Pour les températures négatives on ajoute 500. Au delà de -50° , on retranche 500. La lettre x remplace une observation manquante.

Codification du sondage du 19 avril 1939 effectué à l'intégrateur.

			III GG									
			281 16									
$P_1P_1P_1$	TTT	UU			TTT	UU			TTT	PP		
949	164	47	(1000 mbars)	xxx	xx	(1 000 m dyn.)			126	90		
871	091	46	(900 »)	120	46	(2 000 »)			039	79		
828	063	46	(800 »)	040	46	(3 000 »)			504	70		
807	053	46	(700 »)	000	42	(4 000 »)			572	62		
768	052	45	(600 »)	579	34	(5 000 »)			638	54		
696	000	42	(500 »)	680	32	(6 000 »)			714	47		
652	543	38	(400 »)	809	xx	(7 000 »)			799	41		
583	578	34	(300 »)	931	xx	(8 000 »)			863	35		
531	684	32	(200 »)	026	xx	(9 000 »)			918	30		
481	694	31	(100 »)	928	xx	(10 000 »)			010	26		
468	726	31				(11 000 »)			058	22		
446	754	27				(12 000 »)			015	19		
439	764	xx				(13 000 »)			990	16		
386	834	xx				(14 000 »)			942	14		
364	860	xx				(15 000 »)			948	12		
338	874	xx				(16 000 »)			926	10		
261	012	xx				(17 000 »)			930	09		
227	056	xx				(18 000 »)			952	08		
150	949	xx										
110	940	xx										
081	949	xx										
077	952	xx										
072	938	xx										

Station centrale suisse de météorologie.

Zurich, juillet 1941.

La matérialisation de l'intégrateur d'altitudes a été réalisée à perfection par M. K. Hünenberger, directeur de « Werkstätte für Präzisions-Mechanik », Eugen Huberstrasse 40, Zurich 4, auquel l'auteur adresse ses remerciements. L'appareil est sur le marché.

Programme général relatif à la création d'occasions de travail dans le domaine de l'électricité.

Etabli par la Commission créée par l'Association suisse des électriciens et l'Union des centrales suisses pour la recherche d'occasions de travail et approuvé par la Commission officielle.

A. But.

Ce document, quoique sommaire, cherche à faire connaître d'une façon précise les possibilités d'activité et indique quelques lignes directrices pour la création d'occasions de travail dans le domaine de l'électrotechnique et de l'économie électrique. Les autorités y trouveront des renseignements leur permettant de se faire une opinion de principe sur les suggestions qui leur seraient proposées ; elles sont ainsi rendues attentives aux efforts qui, dans l'intérêt de notre économie nationale et de notre défense économique et militaire, méritent d'être encouragés par tous les moyens.

B. Principes.

1° Les intérêts d'ordre privé sont subordonnés à l'intérêt du pays.

2° Ce document se limite aux problèmes de l'électrotechnique et de l'économie électrique.

3° Le programme a été établi en tenant compte par ordre d'importance, d'une part, du ravitaillement et de l'obtention des matières premières et de la fourniture d'énergie, d'autre part, des possibilités de travail.

4° Sauf quelques cas exceptionnels, il n'est proposé que des travaux qui couvrent au moins leurs frais d'exploitation et gagnent les sommes à consacrer au fonds de renouvellement et aux amortissements, et plutôt ceux qui permettent également de servir un intérêt au capital engagé, si ce n'est tout de suite, du moins ultérieurement. De plus, il est nécessaire qu'un appui soit donné aux recherches individuelles de l'industrie et des écoles techniques supérieures.

5° L'organisation et le financement des travaux doivent être confiés à des entreprises existantes ; si de nouvelles entreprises doivent être créées, elles le seront par l'économie privée.

6° La création d'occasions de travail n'a pas uniquement pour but d'assurer aux travailleurs manuels une occupation quelconque : elle doit en premier lieu maintenir et renforcer notre économie et notre industrie. C'est là une action d'intérêt général qui doit être envisagée dans son ensemble et s'étendre aux travailleurs de toutes catégories.

D. Commentaires du programme.

1° GÉNÉRALITÉS.

a) Ordonnance du programme.

Le programme (chapitre C) est établi à double entrée¹. Dans le sens horizontal, de gauche à droite, les travaux sont ordonnés par ordre d'importance au point de vue du ravitaillement et de l'obtention des matières premières et de la fourniture d'énergie ; il faut entendre par « énergie » aussi bien l'électricité que les combustibles. Dans le sens vertical, de haut en bas, les travaux sont ordonnés selon leur importance quant aux possibilités d'occasions de travail qu'ils offrent.

b) Usage du programme.

La crise est en général due à deux causes : le manque de matières premières de tout genre et le manque de débouchés, causant l'arrêt des exportations. Dans la période actuelle la carence de produits alimentaires, matières premières et énergie passe au premier plan. Il s'agit donc en tout premier lieu de faire porter l'effort vers la création des occasions de travail qui parent à cette défaillance : il faut alors considérer les travaux de la première colonne verticale de gauche, qui sont susceptibles d'améliorer la situation dans le domaine de l'alimentation, des matières premières et de l'énergie. Dans la même hypothèse, les travaux indiqués sous la seconde colonne verticale ont la prépondérance sur ceux de la troisième colonne.

Si la situation du marché du travail empirait dans une mesure telle qu'il faille, coûte que coûte, créer d'autres occasions de travail, les travaux de la première rangée horizontale entreraient en ligne de compte avant ceux des autres rangées.

Cette disposition en rangées et en colonnes fait bien ressortir, dans les deux cas, que l'intensification de la production d'énergie et de la production alimentaire ont bien la place prépondérante.

c) Considérations sur la question de l'énergie.

Une pénurie d'électricité et de combustibles se fait actuellement sentir. Tous les travaux qui permettent d'y parer sont d'intérêt national. La construction de nouvelles usines hydro-

¹ Voir page 200.