Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 18 (1936)

Artikel: Contribution à la météorologie alpestre
Autor: Berger, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-743054

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: 15.07.2025

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

CONTRIBUTION
À LA
MÉTÉOROLOGIE ALPESTRE

PAR

P. BERGER

(Avec 16 fig.)

Introduction.

Pour la première fois, en août et septembre 1932, une liaison aérienne commerciale régulière fut établie, à titre d'essai, entre Milan et Zurich. Pendant les saisons d'été 1933 à 1935, ce trafic aérien fut repris. Après de nombreuses vissicitudes il me fut possible d'obtenir, avec régularité, une série d'observations thermiques en août 1933 [1].

Nous connaissons peu, tant quantitativement que qualitativement, l'influence thermique que les Alpes exercent sur les masses d'air qui les enveloppent. Jusqu'où s'étendent les zones d'influences horizontale et verticale de cette puissante barrières montagneuse ?

Quiconque a eu l'occasion de séjourner longtemps sur le versant sud des Alpes a constaté qu'il y faisait généralement plus chaud qu'en Suisse alémanique. Les *Annales de l'Office central de Météorologie suisse* le prouvent ainsi que la végétation; mais toutes ces observations sont faites près du sol. Cet air

[1] Ces observations purent être faites grâce à l'appui de: MM. Mittelholzer, directeur de la Swissair; Gerber, pilote et Kunz, télégraphiste navigant. Je les remercie encore une fois bien vivement pour leur collaboration.

chaud est-il limité à une faible couche au voisinage du sol ? Comment varient les gradients thermiques ΔT sur les versants N et S des Alpes ? A quelles altitudes les températures sont-elles égales sur les deux versants ? Pour compenser la faible pression due à l'air chaud des couches inférieures de l'atmosphère au Tessin, existe-t-il en altitude sur le versant S des Alpes des masses d'air plus froides que sur le versant N ? La connaissance du gradient thermique vertical amènera-t-elle à faire un petit progrès dans la théorie du fœhn ? Faut-il réellement le prévoir chaque fois que le gradient Δp de la pression (réduite au niveau de la mer) est dirigé du S au N ? D'après les lois générales du mouvement, en régime stationnaire, à quelques cents mètres du sol, le vent devrait souffler perpendiculairement à Δp et ne pas être parallèle à la ligne de la plus grande pente du champ de la pression. Il y a donc là une anomalie.

Les mesures de température sur les trajets Zurich-Milan et Milan-Zurich ont pour but de jeter, si possible, un peu de clarté sur ces questions si intéressantes et encore si peu connues.

Précision des mesures.

Les températures furent mesurées à l'aide d'un thermomètre à toluol (dont les graduations en degrés sont toutes espacées de 2,2 mm), placé sous l'aile d'un Fokker commercial F7 trimoteur. Les lectures furent faites au demi-degré près, depuis le siège du pilote, si possible tous les 500 m de différence de niveau. Ces mesures me semblent suffisamment précises pour justifier cette étude, mais il n'est pas inutile d'analyser les causes d'erreurs et leur importance. Les erreurs instrumentales sont dues à:

1° L'inertie de l'altimètre,
2° A l'influence thermique des moteurs,
3° A l'inertie du thermomètre.

La construction actuelle des altimètres est liée à deux sources d'erreurs inéluctables bien connues:

1° Le gaz raréfié à l'intérieur des capsules barométriques réagit à la température et provoque une variation Δp de

LABORATOIRE DE PHYSIQUE UNIVERSITE NEUCHATEL

la pression enregistrée. Δp exprimé en mm de Hg est donné par la relation:

$$\Delta p = - \Delta T (a - \alpha p)$$

a = coefficient des capsules barométriques.

α = coefficient de dilatation des gaz.

ΔT = différence entre les températures de l'altimètre en vol et celles de l'étalonnage. T est essentiellement variable. A bord de l'avion, l'altimètre est placé dans le fuselage, derrière le moteur central, dans de l'air plus ou moins réchauffé dont la température est différente de celle de l'atmosphère environnante. La température de l'altimètre n'ayant pas été mesurée, il est impossible de calculer p; cette lacune est pourtant peu importante pour les raisons suivantes:

a) Avant chaque départ l'altimètre fut réglé à l'altitude de l'aéroport de départ; dès lors l'erreur ne porte plus que sur les variations de ϑp en fonction de l'altitude;

b) Grâce au voisinage du moteur, T varia peu;

c) Les vols entre Zurich et Milan furent tous exécutés en août 1933, à l'aide du même avion, avec le même altimètre; « a » fut ainsi constant.

2° Les déformations des capsules et des ressorts se produisent avec une certaine hystérésis qu'il n'est pas possible d'éliminer.

Le montage des altimètres peut provoquer une nouvelle source d'erreurs. Dans le fuselage, il existe généralement une légère sous-pression qui diminue avec l'altitude et augmente avec la vitesse de l'aéronef. A la montée, cette erreur varie en sens inverse de l'hystérésis et la compense en partie. A la descente, ces deux erreurs s'additionnent; l'altitude indiquée par l'altimètre sera trop grande.

L'emplacement du thermomètre fut judicieusement choisi par les Services techniques de la Swissair. Au sol, il est possible qu'il fut influencé par les gaz d'échappement, l'avion étant en partance. En vol, le thermomètre se trouvait si loin des sillages des gaz carburés qu'il ne fut certainement pas influencé. La forte ventilation (30-50 m/sec) du thermomètre en vol a, pratiquement, tout à fait neutralisé l'inertie de cet instrument.

La plus grande source d'erreurs fut certainement l'impossibilité, tant pour le pilote que pour le télégraphiste navigant, d'exécuter les observations rigoureusement tous les 500 m de différence d'altitude et de désigner avec beaucoup de précision le point au-dessus duquel ils volaient. Toutes ces lacunes rendraient cette étude bien illusoire si nous n'avions pas, au moins quelquefois, la possibilité de vérifier l'importance de l'erreur finale. Nous pouvons l'apprécier en comparant les mesures de certains vols Zurich-Milan aux sondages aérologiques de Friedrichshafen, exécutés à 07 h.

Si les mesures faites sur le Fokker sont suffisamment précises par ciel couvert (dans ces conditions la température ne varie que très faiblement) les différences entre les températures enregistrées au cours du sondage du lac de Constance et celles observées sur le trajet de Zurich au Tödi (Milan) doivent être faibles. Prenons quelques exemples:

Le 2.VIII.33.

Le Saentis est dans le brouillard, nuageux en plaine, ciel presque couvert dans les Alpes; variation de température entre 07 h. 30 et 11 h. 30 au Saentis ½°, à Zurich 6°. Différence entre les températures enregistrées de 2500 à 3000 m et celle observée sur le Fokker: ½°.

Le 15.VIII.

Ciel presque couvert. Dans les Alpes nombreux sommets dans le brouillard. Variations de température entre 07 h. 30 et 11 h. 30: 1° au Saentis, 3° à Zurich. De 2000 à 3000 m aucune différence entre les températures enregistrées et celles observées.

Le 22.VIII.

Couvert en dessus des Alpes. Variation de température de 07 h. 30 à 10 h. 30: au Saentis 1°, à Zurich 1°,5. Les températures enregistrées et celles observées sont identiques du sol à 3000 m.

Il n'est pas inutile de prouver une fois encore, par un autre procédé, que les mesures effectuées sur le Fokker présentent une précision suffisante. A cet effet, calculons les températures moyennes mesurées à:

2500 m: en dessus du lac de Constance,
2500 m: au cours du vol Dubendorf-Taliedo,

et celles enregistrées aux mêmes heures à la Station du Saentis [1].

En ne tenant compte que des jours où des mesures furent effectuées à Friedrichshafen (*a*) ou au cours de ceux (*b*) du trajet Zurich-Milan, nous obtenons:

TABELLE N° 1.

Températures moyennes à 2500 m.

Heure	Saentis	Friedrichs-hafen	Zurich-Milan	Nombre de jours
	° C	° C	° C	
07	6,05	7,75	—	18 } (*a*)
10	7,85	—	8,2	18 } (*a*)
10	6,85	—	7,97	26 (*b*)

Malgré la radiation nocturne, les températures du Saentis peuvent surprendre, mais ce qui nous intéresse maintenant, ce ne sont pas ces valeurs moyennes auxquelles nous reviendrons plus tard, mais leurs variations. Pour prouver que les mesures effectuées sur le Fokker sont exactes, faisons usage des variations thermiques simultanées sur les montagnes et en pleine atmosphère. A même altitude, au sein de la même masse d'air et pendant une durée de quelques heures, admettons que les variations thermiques sur les sommets bien dégagés et celles en pleine atmosphère aient même allure et ne diffèrent tout au plus que par l'amplitude, à un facteur constant près. Dans ces conditions, connaissant les variations thermiques au Saentis entre 07 et 10 heures pour les deux séries *a* et *b*, puis la température moyenne à 07 h. enregistrée à bord d'un cerf-volant de Friedrichshafen et enfin celle mesurée sur le Fokker à 10 h., calculons la température théorique X qui devrait exister en pleine atmosphère pour la série *b*. Ainsi nous pouvons écrire:

$$\frac{7{,}85 - 6{,}05}{6{,}85 - 6{,}05} = \frac{8{,}2 - 7{,}75}{X - 7{,}75} \quad \text{d'où} \quad X = 7{,}95 \text{ au lieu de } 7{,}97°.$$

[1] *Annalen der Schweiz. Meteorologische Zentralanstalt*, 1933.

Ce résultat prouve que les températures observées sur le Fokker sont exactes puisque celles du premier quotient sont mesurées avec le même thermographe au Saentis et que celles du deuxième membre sont obtenues à l'aide de deux appareils différents dont l'un (celui de Friedrichshafen) est certainement très précis. Si le thermomètre monté sur le Fokker marquait trop, nous trouverions pour X des valeurs supérieures à 7,95, par exemple: 8,84 si son erreur était de + 2°.

Températures mesurées.

Les tabelles suivantes donnent les résultats des mesures.

Les dates sont notées en tête des colonnes. A et R signifient: A = vol de Zurich à Milan; R = vol de Milan à Zurich.

Les altitudes sont indiquées en mètres dans la première colonne.

Les températures sont représentées par les chiffres des autres colonnes, elles sont données en degrés.

La verticale du lieu où fut exécuté une observation est désignée par les deux premières lettres du nom de l'endroit [1].

La liste alphabétique des abréviations de ces localités est:

Tabelle N° 2.

Ae	Aegeri	Ci	Cinisello
Al	Altdorf	CK	Col du Krüzli
An	Andeer	Cl	Clariden
Ba	Biasca	Co	Côme
Bb	Biberbrücke	Cr	Carate
Be	Bellinzone	Cs	Chiasso
Bg	Bellagio	Ct	Cristallino
Bi	Binz	De	Desio
Br	Brunnen	Di	Disentis
Ca	Capolago	D.n.	en dessus des nuages
Cd	Cadro	Dü	Dübendorf
Ch	Coire	Ds	Düssistock

[1] Voir carte Kümmerly u. Frey au 1: 400.000 de la Suisse.

TABELLE N° 2 *(suite)*.

Ef	Erstfeld	Oa	Oberalpstock
Eg	Egg	Oe	Oerlikon
Ei	Einsiedeln	Ol	Olivone
Er	Erbasso	OY	Ober Yberg
Fa	Faido	PM	Piz Medel
Fo	Forch	Po	Porlezza
Fr	Forel	PV	Pizzo di Vogorno
Gf	Greifensee	Ra	Rapperswil
Gi	Giornico	Ri	Richterswil
Gö	Göschenen	Ro	Rothenthurm
Gr	Gravedono	Sa	Saranno
He	Herrliberg	SB	San Bernardino
Kl	Klausen	Sc	Scopi
Le	Lezzeno	Sd	Sedrun
Lg	Lugano	Se	Silenen
Lk	Lukmanier	Sg	Schoenenberg
LQ	Lac des Quatre Cantons	Sh	Scheerhorn
		St	Stäfa
Lu	Lucerne	Sv	Seveso
LZ	Lac de Zurich	Sw	Schwyz
Ma	Maur	Ta	Taliedo
MB	Monte Bré	Te	Tesserete
MC	Monte Ceneri	Tö	Tödi
Md	Mendrisio	Us	Uster
Me	Meilen	UY	Unter Yberg
MG	Monte Generoso	Uz	Uznach
Mi	Milan	VC	Valle Calanca
Ml	Melide	Wa	Wallenstadt
Mn	Männedorf	Wb	Wasserberg
Mo	Monza	Wg	Windgälle
MR	Monte Rogono	Wo	Wollerau
Mt	Madranerthal	Ww	Wädenswil
Mu	Muotathal	Zh	Zurich
Mv	Malvaglia	Zb	Zurichberg
My	Mythen		

TABELLE No 3.

m	A 2.VIII		R 2.VIII		A 3.VIII		R 3.VIII		A 4.VIII		R 4.VIII		A 5.VIII		R 5.VIII	
		°		°		°		°		°		°		°		°
500	Dü	15	Dü	12	Dü	18,5	Dü	18,5	Dü	18,5	Dü	18	Dü	19	Dü	21
1000	Fo	12	LZ	10	—	—	Dü	12,5	Dü	14,5	—	15	Bi	16,5	Dü	15,5
1500	He	7	LZ	7	Zb	9,5	Eg	18,0	Me	13,0	Me	13	Eg	15	Me	14
2000	D.n.	4	Sw	2	Me	5	Wo	4,5	Sg	10,0	Sw	10	Ww	14	Ww	12,5
2500	D.n.	2	Br	0	Bb	2,5	Bb	0	Ae	8,0	Se	6,5	Ro	12	Ei	9
3000	D.n.	−1	Er	−3	Ei	0	Ei	−1,5	Sw	6,0	Le	4	My	7	My	6
3500	Al	−2	Gö	−5	Mu	−3	Kl	−4	Al	3,0	Fa	2	Kl	3	Sc	3,5
3600	—		—		—		—		CK	2,0	—		—		—	
3800	—		—		Oa	−5	—		—		Fa	−0,5	—		—	
4000	Sd	−2	Oa	−6	—		—	−7	—		—		—		—	
4500	—		Lk	−5	—		—		—		—		—		—	
4500	—		Mv	−2,5	—		—		—		—		—		—	
4300	—		—	−2,0	—		—		—		—		—		—	
4200	—		Be	−1,0	—		—		—		—		—		—	
4000	—		Bg	0	—		Ba	−7	—		—		—		—	
3500	MG	3	Co	3,5	Ba	−3	MC	−2,5	Ba	2	Po	2	—		—	
3000	Co	4	Co	5	Be	0	MG	1	Lg	1	Le	2	Ol	6	Ba	6,5
2500	Cl	6	—	8	MC	4	Co	5	Co	4	Er	6,5	PV	10,5	Lg	10,5
2000	Ci	8,5	Ci	12	Lg	9	Co	10	Sv	8,5	Cr	10,5	MG	12,5	Sv	14
1500	—	12	Ci	16	Co	13	Sv	13	Ci	12,5	Mo	15	Te	15	Ci	17
1000	Mi	17	Mi	22	Mi	16	Ci	17	Mi	16,5	Ci	20	Lg	18	Ci	20,5
500	Ta	21	Mi	27	Mi	20	Mi	26	Ta	19,0	Ta	27	Md	23	Mi	24

TABELLE N° 3 *(suite)*.

m	A 7.VIII		R 7.VIII		A 8.VIII		R 8.VIII		A 9.VIII		R 9.VIII		A 10.VIII		R 10.VIII	
		°		°		°		°		°		°		°		°
500	Dü	21	Dü	26,5	Dü	22	Dü	27	Dü	24	Dü	27	Dü	24,5	Dü	26,5
1000	Gf	21,5	Eg	22	Gf	21,5	Ma	22	Ma	21,5	Me	21,5	Ma	22	Eg	22,5
1500	Eg	19,5	Bb	17,5	Eg	19	Eg	17,0	Eg	18	Ei	17,5	Eg	19,5	Wo	18,5
2000	Ww	14,5	Ei	12	Me	14	—	12,5	Ww	14,5	Mu	13,5	Ri	15,5	Ei	14,5
2500	Ei	9	Mu	7,5	Ri	9,5	Bb	7,5	Bb	10	Wg	9	Ei	11,5	Mu	10,5
3000	My	5	Kl	4,5	Ei	5,5	Ei	3,5	Ei	7	—		OY	8	—	
3300	—		—		—		—		—		—	5	—		—	
3500	Wb	2	—		Mu	2,5	Mu	0	Mu	4	—		Mu	3,5	—	
3700	—	1	—		—		—		—	3	—		—		—	
4000	—		—		Wg	1,5	Cl	−0,5	—		—		Cl	0	—	
4300	—		—		Ds	−0,5	—		—		—		—		—	
4200	—		—		Sc	−2,5	—		—		—		Di	−1	—	
4100	—		—		—		—	−1,5	—		—		—		—	
4000	—		—		Sc	−2	Ba	−1	—		—		—		—	
3500	Di	2	—		Fa	0	Be	3	PM	4	—		PM	1,5	—	
3200	—		Wg	3	—		—		—		—		—		—	
3000	PM	3	Oa	5	Be	4,5	MG	7,5	Gi	7	Ol	7	Ol	5,5	Oa	8
2500	Ol	8	Ol	11	Lg	9	Co	12	MC	10,5	Te	12,5	Ba	9,5	Di	12
2000	Ba	13	Be	15	Ca	15	Sv	17,5	Ca	15,5	Co	17,5	Lg	14	Be	15
1500	MC	16	De	18	Co	20,5	Ci	21	Sv	20	Ci	21	Sv	18,5	Sv	20
1000	Lg	19,5	Ci	22,5	Mi	22,5	Ci	24,5	Ci	22,5	Ci	24,5	Ci	22	Ci	24
500	Cs	24,5	Ta	30	Mi	26	Mi	26	Mi	24	Mi	27,5	Mi	25	Mi	27,5

TABELLE N° 3 *(suite)*.

m	A 11.VIII	R 11.VIII	A 12.VIII	R 12.VIII	A 14.VIII	R 14.VIII	A 15.VIII	R 15.VIII
	°	°	°	°	°	°	°	°
500	Dü 25	Dü 29	—	—	Dü 18	Dü 24	—	—
1000	Ma 24	Eg 24	—	—	Dü 18	Gf 20	—	—
1500	Eg 22	Ww 20	—	—	—	Eg 16,5	—	—
1700	—	—	—	—	Ma 20	—	—	—
2000	Me 16,5	OY 15	Ei 10	Ei 10	Eg 18	Mn 14	St 7	—
2500	Bb 12,5	Kl 10,5	Ei 10	—	St 13,5	Ei 10	—	—
3000	Ei 9	—	—	OY 6	Ei 8	OY 6,5	—	—
3500	Mu 5	—	Tö 6	Tö 5	— 3,5	Tö 2	LQ −2	—
3700	— 3	—	—	—	—	—	—	—
3800	—	—	—	—	Kl 0	—	—	—
4700	—	—	—	—	—	—	Lu −12	— −10
5300	—	—	—	—	—	—	Al −14	
5700	—	—	—	—	—	—	—	— −15
5500	—	—	—	—	—	—	—	— −15
5000	—	—	—	—	—	—	—	— −12
4700	—	—	—	—	—	—	—	MC −10
4500	—	—	—	—	—	—	Ba −12	—
4000	—	—	—	—	—	—	—	Lg −5
3800	—	—	—	—	Ol 0	—	—	—
3500	Di 4,5	—	—	Di 8	Ba 2,5	—	Lg −2	Cs 0
3000	Ol 7,5	Ds 7,5	—	—	Be 6	Di 8	—	Co 3
2500	Ba 11	Ol 13,5	Ol 16	Be 8	Te 12	Ct 12	Sv 5	Sa 8
2000	Lg 15	Be 16	—	—	Co 13	Co 14,5	—	—
1500	Co 20	Sv 21,5	Co 20	Co 20	Sv 15	Sv 17	Ci 12	Ci 15
1000	Ci 23,5	Ci 25	Ci 22	Ci 22	Ci 16	Ci 19	—	—
500	Mi 25,5	Mi 29,5	—	Mi 30	—	Mi 23	—	Mi 22

TABELLE N° 3 *(suite)*.

m	A 16.VIII		R 16.VIII		A 17.VIII		R 17.VIII		A 18.VIII		R 18.VIII		A 19.VIII		R 19.VIII	
		°		°		°		°		°		°		°		°
500	Dü	20	Dü	20	Dü	19,5	Dü	21		—		—	Gf	24	Us	22
1000	Fo	17	—	16	Gf	17	—	18		—	Us	16	—	20	Gf	20
1500	He	13	—	13	Ri	14	—	13,5	LZ	14	Ra	14	LZ	16	Ri	18
2000	Ww	10	—	12	—	9	Ei	8,5	Ei	8	Ei	12	LZ	14	Ei	15
2500	Ei	8	Ei	10	Kl	6,5	Kl	5	OY	7	OY	10	Ei	11	OY	11
3000	Mu	4	Kl	4	—	4	Lk	3		—	Kl	7	OY	6	Kl	9
3200		—		—		—		—		—		—		—		—
3300		—		—	—	2		—		—		—		—		—
3500	Mt	0	Ba	1		—		—	Sh	4		—	Tö	4	Sd	8
3500		—		—		—		—	Ba	4		—		—		—
3200		—		—		—		—		—	Tö	4		—		—
3000	Be	3	MB	5		—	Lk	6		—		—	Ba	8	Ct	8
2500	Lg	6	Cs	7		—	Po	9	Lg	10	Ct	10	Lg	12	Be	12
2000	Co	9	Co	11	Lg	12	Co	13	Co	12	Ba	14	Co	16	Lg	18
1500	—	12	—	15	Co	15	—	16,5	Co	14	MR *	18	Sa	18	Ci	20
1000	—	15	—	18	—	18	—	21	Ci	18	Ci	20	Ci	22	Sa	24
500	Mi	20	—	22	Mi	22	Mi	24	Mi	21	Mi	25	Mi	22	Mi	30

* Redescendu à Como à 800 mètres, 22 degrés.

TABELLE N° 3 *(suite)*.

m	A 21.VIII	R 21.VIII	A 22.VIII	R 22.VIII	A 23.VIII	R 23.VIII	A 24.VIII	R 24.VIII
	°	°	°	°	°	°	°	°
500	—	—	Dü 14	—	Dü 12	—	Zh ×	Dü 15
1000	Ch 15	—	Oe 12	Gf * 12	—	—	Zh 9	Us 10
1500	—	—	Oe 8	Ch 8	Wa 10	Ww 7	Zh 7	Gf 6
2000	Lk 11	—	Eg 4	Di 6	Ch 8	—	Zh 4	LZ 2
2500	Lk 11	—	Dü 1	—	An 4	— 3	Zh 2	LZ 0
3000	—	—	Dü −2	—	SB −2	—	Zh −2	Ei −1
3200	—	Mu 2	—	—	—	—	—	—
3500	—	—	Ra −6	—	—	—	D.n. −5	— −5
4000	—	—	— −10	—	—	—	D.n. −7	— −5
4100	—	—	—	—	—	—	—	— −6
4500	—	—	— −14	—	—	—	—	—
5000	—	—	— −16	—	—	—	—	—
5300	—	—	— −16	—	—	—	—	—
4500	—	—	— −12	—	—	—	—	—
4000	—	—	— −8	—	—	—	—	—
3500	—	—	— −4	—	—	—	Di −4	Cd −1
3000	—	Tö 5	— 2	—	—	SB 0	Ba −2	Lg 0
2500	Lg 18	—	— 6	Lk 5	Be 4	VC 4	Lg 4	Co 4
2000	Be 12	Ba 14	Gr 10	Be 8	Co 7	Be 6	Co 9	Sa 10
1500	Ci 20	Lg 16	Co 15	Lg 15	Ci 10	Co 12	Sv 14	Sv 16
1000	— 22	Ci 20	Ci 16	Sv 18	Mi 14	Ci 15	Ci 16	Ci 19
500	Mi 26	—	Sv 24	Mi 24	Mi 18	Ta 20	Mi 18	Mi 24

* Wallenstadt, 2000 m, + 4°.
Uznach, 2000 m, + 2°.
Rapperswil, 1500 m, + 8°.

TABELLE N° 3 *(suite)*.

m	A 25.VIII		R 25.VIII		A 26.VIII		R 26.VIII		A 28.VIII		R 28.VIII	
		°		°		°		°		°		°
500	Dü	13	Dü	16	Dü	15	Dü	18	Dü	15,5	Dü	18
1000	Dü	11	Gf	12	Eg	14	Gf	15	Ma	14,5	Gf	15
1500	Me	10	Gf	9	Me	14	Gf	13	—	14	Ma	15
2000	Ri	10	LZ	7	Ei	13	Ri	10	Bb	13	Bb	12,5
2500	Ei	7	Ei	4	OY	9	Ei	7	Ei	9	OY	8
3000	OY	4	OY	2	My	4	OY	3	Mu	5	Cl	45,
3200	—		—		Tö	2,5	—		—		—	
3300	—		—		—		—		—	3	—	
3500	Tö	2	Tö	2	—		—		—		Di	2
3200	—		—		Tö	1	Tö [3]	0	—		—	
3000	Ct	5	Ct	4	—		Ct	4	PM	4	Ol	5
2500	Ba	6	Ba	6	Be	8	Ba	10	Ol	8,5	Mv	9,5
2000	Be	8	Be	8	Lg	12	Lg	13	Ba	10	Ba	12
1500	Lg	12	Sa [2]	14	Lg	13	Co	14	MC	11	Sv	15
1000	Co [1]	16	Ci	16	Sa [4]	16	Ci	19	—	13	Ci	16,5
500	Mi	22	Mi	22	Mi	—	Ta	24	Lg	18	Mi	20,5

TABELLE N° 3 *(fin)*.

m	A 29.VIII		R 29.VIII		A 30.VIII		R 30.VIII		A 31.VIII		R 31.VIII	
		°		°		°		°		°		°
500	Dü	16	Dü	18	Dü	15,5	Dü	18	Dü	16	Gf	18
1000	Eg	14,5	—	16,5	Ma	13,5	Eg	14	Gf	15	LZ	12
1500	Me	15	Eg	15	Eg	13	Me	11	Eg	13	Ei	8
2000	Ri	12,5	Ri	12,5	Bb	9,5	Bb	7,5	LZ	12	—	
2500	Bb	10	OY	7,5	Ei	7	OY	5	Ei	10	OY	3
3000	My	5	Mu	3,5	UY	4	Kl	1,5	My	5	—	
3200	—		—		—		—		—		Mu	4
3500	Wg	2	Tö	0	Tö	0	—		Tö	0	Tö	0
3700	—		—	−1	—		—	−3	—		—	
3500	—		Ol	1	—		PM	−1,5	—		—	
3200	—		—		—		—		—		—	
3000	Sd	4	Mv	4,5	PM	2	MC	3	Be	2	Ct	6
2500	Ba	7	Ba	8,5	Lk	4	Ml	5	Lg	5	Ba	9
2000	Be	9,5	Be	11,5	Ci	5	Co	5,5	Co	11	Ba	14
1500	Lg	10,5	Co	11	Ci	6	Sv	9	Sv	13	Lg	15
1000	—	15	Ci	16,5	Mi	10	Ci	13,5	Ci	14	Co	16
500	Ci	17,5	Mi	20,5	Mi	15	Mi	18	Mi	16	Ci	20

[1] Près de Côme à 1000 m, + 17°.
[2] Côme, 1500 m, + 12°.
[3] Au Sud du Tödi.
[4] Côme à 1200 m, + 15°.

Remarques générales.

Ces vols eurent lieu dans des circonstances météorologiques assez identiques. D'après le *Bulletin mensuel de l'Office météorologique fédéral*[1], le mois d'août 1933 fut chaud, sec, nuageux. Les chiffres de la tabelle 4 donnent quelques précisions:

Tabelle N° 4.

Stations	Altitudes	Température		Précipitations		Humidité	Nébulosité
		Moy.	Ecarts	Moy.	Ecarts		
	m	°	°	mm	mm	%	%
Zurich . .	493	19,0	1,8	61	— 71	71	43
Lucerne . .	498	18,8	1,6	62	— 93	76	53
Engelberg .	1018	15,0	1,7	103	— 121	76	48
Rigi . . .	1587	11,6	2,1	95	— 149	73	43
Saentis . .	2500	6,5	1,9	157	— 136	75	65
Lugano . .	276	21,4	0,9	107	— 84	62	24

Les altitudes sont exprimées en mètres; les températures en degrés centigrades; les précipitations en mm; la nébulosité et l'humidité en %. La nébulosité du ciel étant estimée en dixièmes, l'humidité relative étant mesurée avec des hygromètres à cheveux (appareils simples mais si, si délicats) il est prudent de ne pas attribuer à ces % une précision trop rigoureuse.

Les températures moyennes et précipitations moyennes sont celles du mois d'août 1933. Les écarts indiquent de combien le mois fut plus chaud que d'habitude et le déficit des pluies calculées d'après une longue série.

Sur le versant N des Alpes, le temps sec et chaud a été la conséquence de la prédominance de divers régimes anticycloniques.

La comparaison des températures à la montée et à la descente met en lumière de légères différences. Il est naturel d'en trouver pour différentes raisons:

[1] Publié dans le *Schweiz. Zeitschrift für Forstwesen*, 1933.

a) Les vols Zurich-Milan et Milan-Zurich ne furent pas simultanés. Les premiers eurent lieu de 09 h. 30 à 11 h. 00; les autres de 11 h. 30 à 13 h. 00. Sur le versant N, la température a peu évolué;

b) L'avion ne suivit pas des trajectoires identiques à l'aller et au retour. Par mesure de sécurité le pilote gagna le plus rapidement possible de l'altitude et ne commença le vol plané qu'à l'instant où il avait franchi la chaîne principale des Alpes. Cette manœuvre est la raison pour laquelle l'avion évolua plus loin des montagnes à la montée qu'à la descente;

c) Les trajectoires aller et retour étant plus ou moins éloignées des Alpes, les températures doivent être un peu différentes s'il existe une large zone horizontale d'influence des montagnes.

D'une manière générale, les températures observées à la montée sont un peu supérieures à celles des descentes.

Dans la majorité des cas, il fait plus chaud à toutes altitudes, sur le versant S des Alpes qu'en Suisse allemande, non seulement au voisinage du sol, mais jusqu'à 3-6000 mètres. En fin de matinée, il est intéressant de noter que la variation diurne de température se fait surtout sentir jusque vers 1000-1500 m sur le versant N des Alpes tandis qu'au-dessus de la vallée du Pô elle se manifeste jusqu'à 2-3000 m sur mer.

Gradients thermiques verticaux.

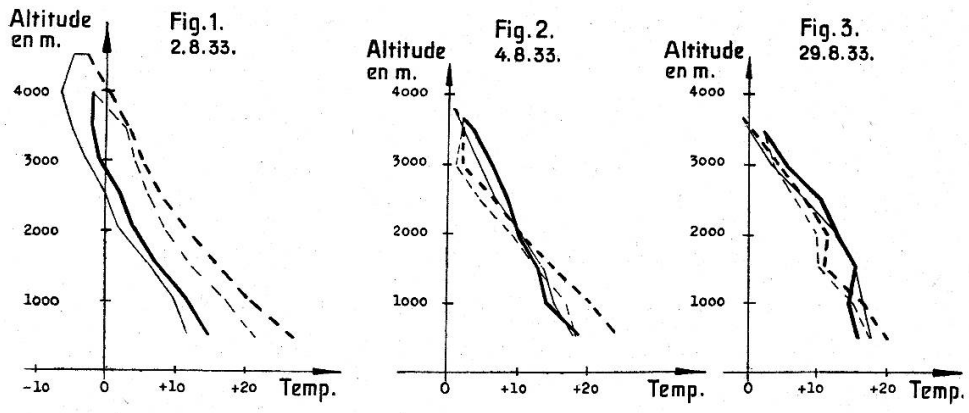
Si, pour chaque vol, les températures sont notées de part et d'autre des Alpes en fonction des altitudes, on obtient des diagrammes pouvant être groupés autour de trois types.

a) Les températures sont constamment plus chaudes sur le versant S que sur le versant N (fig. 1). Les vols qui illustrent le mieux ce fait sont ceux du 2.VIII.33 et du 22.VIII.33. Cette répartition de température fut la plus fréquente;

b) En altitude, il fait plus froid au Tessin qu'en Suisse allemande; le vol le plus typique à ce point de vue est celui du

4.VIII.33 (fig. 2). En dessous de 2000 m il fait légèrement plus chaud au S qu'au N des Alpes;

c) Entre 1000 et 2000 m environ, il fait plus froid au Tessin que dans la Suisse orientale (fig. 3). Ce cas est peu fréquent; le 29.VIII.33, il est bien accusé.



Dans les figures 1 à 3, les températures sont portées en abscisses; elles sont positives à droite de l'origine des coordonnées, négatives de l'autre côté. Les altitudes sont représentées en ordonnées. Le trait épais correspond à la montée, le trait fin à la descente, le trait continu au versant N et le pointillé au versant S. Tant à Milan qu'à Dubendorf les températures au sol ne sont pas marquées.

Pour avoir une vue d'ensemble des divers écarts, à différentes altitudes, des températures observées à la montée et à la descente de chaque vol, groupons les résultats sous forme de tabelle. Calculons aussi pour différents niveaux et pour chaque jour les différences thermiques entre les observations faites au cours des montées de part et d'autre des Alpes. Ces renseignements sont contenus dans la tabelle 5:

En première colonne sont données les altitudes de référence.

Les lignes *n* correspondent aux mesures sur le versant N.

Les lignes *s* correspondent aux mesures sur le versant S.

Les lignes *d* correspondent aux différences de températures aux montées, à l'aller et au retour.

Dans les colonnes < 1, < 2, etc., aux lignes *n* et *s*, les chiffres du numérateur indiquent le nombre de fois qu'il fit plus froid à la

descente qu'à la montée, tandis que ceux du dénominateur indiquent le phénomène inverse; les chiffres de la ligne *d* représentent le nombre de fois qu'il fit plus chaud (numérateur) et le nombre de fois qu'il fit plus froid (dénominateur) au Tessin qu'en Suisse alémanique.

TABELLE N° 5.

		< 1°	< 2°	< 3°	< 4°	< 5°	< 6°	< 7°	< 8°	< 9°	< 10°	< 11°	< 12°
	n	2/1	1/6	2/5	–/4	–/3	—	—	—	—	—	—	—
500	*s*	2/1	5/–	–/1	3/–	2/–	1/1	—	—	—	—	—	—
	d	1/–	1/1	3/–	5/–	4/–	2/–	1/–	1/–	1/–	1/–	—	1/–
	n	7/9	3/3	1/1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1000	*s*	2/–	6/2	8/–	5/1	—	—	—	—	—	—	—	—
	d	4/1	4/–	6/–	2/–	3/–	1/–	—	—	1/–	—	—	—
	n	10/4	5/2	2/–	—	1/–	—	—	—	—			
1500	*s*	4/1	9/1	5/–	3/1	1/–	—	—	—	—			
	d	2/2	6/–	3/1	3/2	2/–	—	—	—	1/–			
	n	9/1	5/2	3/–	2/1	—	1/–	—	—	—			
2000	*s*	1/4	11/2	4/1	–/–	1/–	—	—	—	—			
	d	4/3	3/4	—	2/2	2/–	—	1/–	—	1/–			
	n	6/–	10/1	3/1	1/1	—	—	1/–	—				
2500	*s*	4/9	6/–	6/–	2/–	—	—	—	—				
	d	4/4	5/1	5/–	—	1/–	1/–	—	—				
	n	8/–	11/3	1/1	1/–	—	—						
3000	*s*	6/1	12/–	3/–	1/–	—	—						
	d	9/4	3/–	3/–	1/1	—	1/–						
	n	3/1	4/–	2/–	–/1	—	—						
3500	*s*	7/3	1/2	1/–	1/–	1/–	—						
	d	7/1	1/1	1/–	1/–	—	1/–						
	n	–/1	—	1/–	1/–	—							
4000	*s*	—	3/1	—	1/–	—							
	d	2/–	—	–/1	—	—							
	n	—	—	—	—	—							
4500	*s*	—	—	—	—	1/–							
	d	1/–	—	—	—	—							
	n	—	—	—	—	—							
5000	*s*	—	1/–	—	—	—							
	d	1/–	—	—	—	—							

Cette tabelle met en lumière quelques faits qu'il est aisé d'analyser par régions.

Versant N.

Jusqu'aux environs de 1000 m s/m. l'air traversé était généralement plus chaud à la descente (à 12 h. 30-13 h. 00) qu'à la montée (à 09 h. 30-10 h. 00). La cause semble en être la zone surchauffée au voisinage du sol vers midi. Dès 1500 m, les températures mesurées au cours du vol Milan-Zurich sont inférieures à celles du trajet Dubendorf-Taliedo. Ce phénomène semble provoqué par l'influence orographique des Alpes.

Dans la majorité des cas les écarts de température entre l'aller et le retour sont inférieurs à 4° C; les plus fréquents sont ceux de:

1° C entre 1000 et 2000 m.
2° C entre 2500 et 3500 m.
3° C à environ 500 m.

A la montée les températures furent constamment: supérieures dans deux cas, inférieures dans un cas seulement à celles de la descente.

Versant S.

A quelques exceptions près, l'air traversé était plus froid à la descente (à 11 h. 00-11 h. 30) qu'à la montée (à 11 h. 30-12 h. 00). Les causes semblent en être:

a) L'influence orographique;
b) La variation diurne, qui est minime en pleine atmosphère.

A l'aller, l'avion traversait des masses d'air plus proches des montagnes qu'au retour; ainsi pour les vents ascendants, à la descente, les deux effets *a* et *b* s'additionnent, tandis qu'ils se neutralisent plus ou moins sur le versant N.

Les écarts de température entre l'aller et le retour sont presque tous inférieurs à 4° C; les plus fréquents sont ceux de:

2-3° C entre 500 et 1000 m; 2° C en dessus de 1500 m.

Six fois, les températures à la montée furent constamment supérieures à celles de la descente.

Les variations observées de température sur le versant N

semblent plus compliquées que celles sur le versant méridional, mais elles s'expliquent par:

La variation thermique diurne,
La zone surchauffée au voisinage du sol dans la plaine de la Glatt à midi,
L'influence orographique supposée des Alpes,
Les passages nuageux.

En effet, si le gradient pression Δp a une composante NS non négligeable les masses d'air au voisinage des Alpes sont contraintes à s'élever, par conséquent à se refroidir adiabatiquement; cette baisse de température peut être plus importante que le réchauffement dû à la variation thermique diurne. Au retour de Milan, sur le versant N des Alpes, les vols eurent lieu plus au S, plus près des montagnes qu'à la montée. D'après les mesures il semble que l'avion a traversé les masses d'air refroidies adiabatiquement.

A première vue, les écarts de température semblent assez importants entre les montées sur chaque versant. Les différences maximales sont:

12° C à 500 m.
9° C à 2000 m.
6° C à 3500 m.

Pour les couches de l'atmosphère ces écarts thermiques maximum diminueraient de 1° par 500 m environ.

Les différences de température (entre les montées de part et d'autre des Alpes) les plus fréquentes sont:

4-5° C à 500 m.
3-4° C à 1000 m.
2° C à 1500 m et 2000 m.
2-3° C à 2500 m et 3000 m.
1° C à 3500 m et 4000 m.

En tenant compte que même sur un sommet (Saentis, 2500 m) la variation moyenne de température en août 1933, de 09 h. 30 à 12 h. 30, fut seulement de 1° C environ, il faut admettre qu'il faisait plus chaud au-dessus du Tessin de 3 à 1° C environ, entre 1000 et 3500 m, qu'en Suisse allemande.

(à suivre)