

**Zeitschrift:** Archives des sciences physiques et naturelles  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 27 (1945)

**Artikel:** Ballons en cellux  
**Autor:** Berger, Pierre  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-742476>

#### **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:** 08.01.2026

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

# BALLONS EN CELLUX

PAR

**Pierre BERGER**

S.C.S.M.

(Avec 21 fig.)

---

## INTRODUCTION.

Dès le début de 1942, il a été de plus en plus difficile d'obtenir des ballons en caoutchouc pour effectuer les sondages à la Station aérologique fédérale des Invuardes, à Payerne. Déjà à la fin du printemps de 1942, il fut nécessaire d'envisager la nécessité de remplacer le caoutchouc par un autre matériau.

La direction de la Station centrale suisse de Météorologie (S.C.S.M.) porta son choix sur le cellux.

Les premiers ballons furent construits à Zurich; différentes formes furent essayées<sup>1</sup>. Pour plusieurs raisons techniques et économiques (homogénéité du travail, réparation, récupération, transports, prix de revient, etc.), la direction de la S.C.S.M. décida de faire construire ces ballons à Payerne et me confia la direction du travail. Leur fabrication se fait dans un atelier hors de l'observatoire.

## TENSIONS DANS L'ENVELOPPE DU BALLON.

D'après A. Piccard<sup>2</sup>, les tensions dans l'enveloppe d'un ballon sphérique entièrement dilaté, se répartissent comme

<sup>1</sup> *Annales de la S.C.S.M.*, 1941. Appendice 7. Nomographie: Poste aérologique de Payerne de la S.C.S.M., partie B, p. 42/43, par J. LUGEON.

<sup>2</sup> *Auf 16.000 m*, Schweizer Aero Revue A. G., Zurich, p. 79-82.

l'indique la figure 1 où C désigne la ceinture de suspension des agrès (sur les ballons sans filet) auxquels la nacelle est attachée. La courbe 1 représente les tensions le long d'un méridien du ballon, tandis que la courbe 2 indique celles qui se produisent le long des divers parallèles. A la hauteur de la ceinture, ces dernières s'annulent; c'est la zone la plus indiquée pour suspendre la charge à emporter (nacelle ou appareils de mesure). D'après la figure 1, les tensions sont maxima au pôle supérieur du ballon (c'est donc une région à renforcer); les tensions transversales restent très fortes dans toute la partie supérieure du ballon. De ce

fait, il y a également nécessité de renforcer les ballons le long des parallèles dans leur partie supérieure. Pendant nos sondages, à diverses reprises, des déchirures longitudinales nous ont prouvé l'importance de ces tensions.

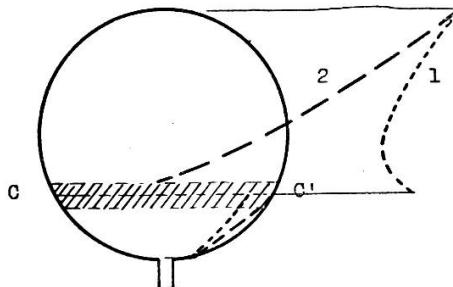


Fig. 1.

#### FORME DU BALLON.

La forme actuelle de nos ballons est l'aboutissement de diverses exigences techniques, souvent contradictoires. En effet, avec un ballon de volume déterminé, il est désirable d'atteindre les plus grandes altitudes possibles avec une vitesse ascensionnelle suffisante (afin de bien ventiler le thermomètre de la radiosonde pour en assurer un bon fonctionnement). Cela exige une forme d'aérostat présentant certaines qualités aérodynamiques. D'autre part, la dimension des locaux servant d'atelier de construction, la largeur des bandes de cellux, la résistance mécanique de ce dernier, la répartition des tensions mécaniques dans l'enveloppe du ballon et le prix de revient sont autant de facteurs qui imposent certaines contraintes constructives.

La forme des ballons construits à Payerne est donnée à la figure 2. Ils ont environ  $41 \text{ m}^2$  de surface et 16 à 17  $\text{m}^3$  de volume.

La face polaire supérieure  $SS'$  du ballon est carrée. Entre les sections  $AA'$  et  $BB'$  le ballon a la forme d'un prisme octogonal. La partie supérieure, comprise entre  $SS'$  et  $AA'$ , est un tronc de pyramide, carré en haut, octogonal à la base. La partie inférieure, comprise entre  $BB'$  et  $I$  a la forme d'une pyramide octogonale.

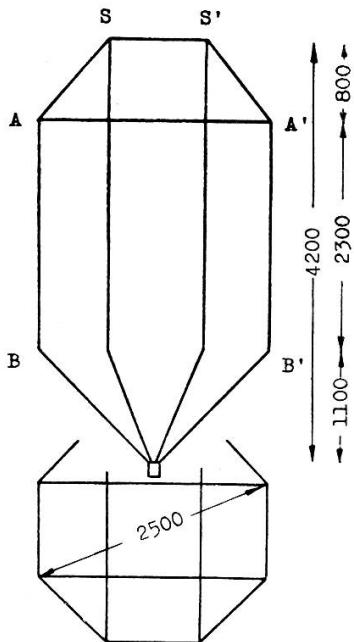


Fig. 2.

#### GABARITS POUR LA CONFECTION DES BALLONS.

L'enveloppe des ballons est en cellux ; c'est non seulement une matière très délicate, mais elle possède encore la désagréable propriété de se déchirer quasi-spontanément si, en la déroulant, ou en la travaillant on forme involontairement des plis coudés à arête vive. Pour éviter autant que possible la création inopinée de tels plis, il est nécessaire de travailler à plat, sur un gabarit.

Ce dernier a la forme du ballon ; il est composé de deux parties, dont l'une « A » — correspondant à la moitié supérieure du

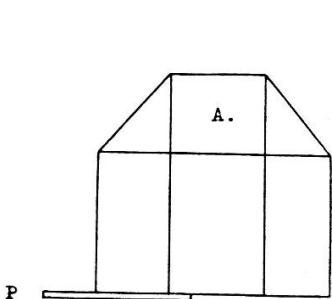


Fig. 3.

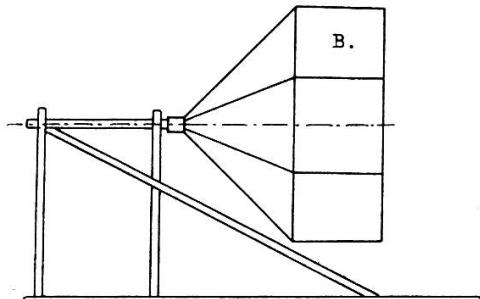


Fig. 4.

ballon — est amovible (fig. 3), tandis que l'autre « B » est montée à demeure sur un axe horizontal autour duquel elle peut tourner (fig. 4). Les figures 3 et 4 ne donnent que des représentations

schématiques. Ces gabarits sont en lattes de sapin sur lesquelles un fort papier fut tendu.

Au début de la confection d'un ballon, les parties « A » et « B » sont séparées. Pour les assembler — le gabarit « A » étant recouvert de la partie supérieure du ballon — il est nécessaire d'avoir recours à un dispositif spécial, car extérieurement il n'existe aucune prise sur « A ». Pour réunir les éléments « A » et « B », on fait pivoter la partie « A » sur les deux pieds P amovibles, puis on la couche sur les sangles réglables d'un grand berceau spécial

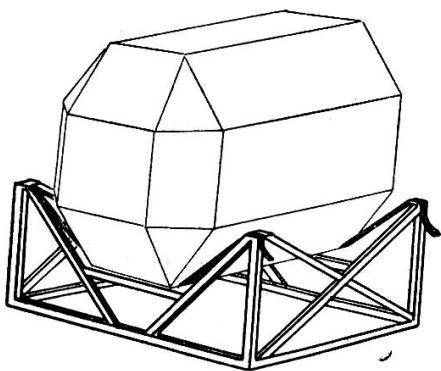


Fig. 5.

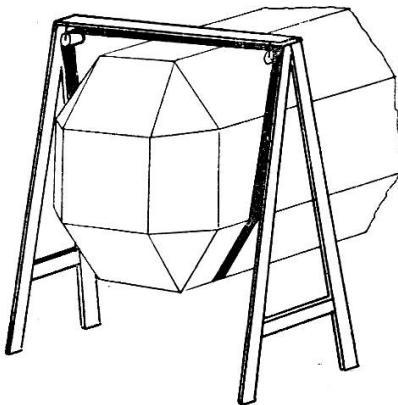


Fig. 6.

(fig. 5) et on enlève les pieds P; le berceau et son contenu sont glissés jusqu'à être en face et en contact avec « B ». « A » est assemblé à « B » par quatre boulons métalliques et quatre clés de bois. Les sangles sont relâchées, le berceau est retiré. Tout le gabarit est tenu en porte à faux sur l'axe de « B ». Malgré une construction rigide, aussi légère que possible du gabarit, il est relativement lourd; afin d'éviter une déformation de l'axe, il est prudent de soutenir le gabarit assemblé en un deuxième point, aussi près que possible de la partie supérieure de « A ». A cet effet, sous un grand chevalet qui passe par-dessus le gabarit, une sangle est montée sur rouleaux et passe sous le gabarit. Cette sangle étant en place, elle se règle et se boucle comme celle d'une selle d'équitation (fig. 6).

Pour la confection du ballon, on le tourne de manière que l'arête que l'on colle se trouve à la hauteur la plus favorable. Le

ballon étant presque terminé, on décroche la sangle du grand chevalet, on retire le ballon comme un gant, puis on démonte le gabarit dans l'ordre inverse des opérations décrites ci-dessus.

#### PRÉPARATION DES BANDES.

Les bandes de cellux qui constituent les faces du ballon ne présentent pas toutes la même forme. Nous employons deux bandes longues de plus de 11 mètres, qui formeront quatre faces du ballon. Les bandes intermédiaires sont plus courtes, environ 5 m. Toutes les bandes sont coupées par groupes sur des gabarits peints au sol. Leurs extrémités présentent des formes différentes ; celles qui forment la base du ballon sont représentées à la figure 7.

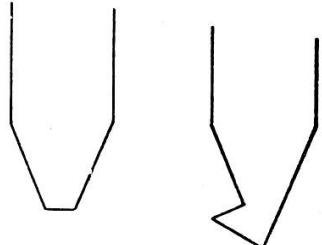


Fig. 7.

Grâce à la languette de la longue bande, l'économie de matière première est de 5%. Afin d'être plus maniables, toutes les bandes sont enroulées, les courtes en un seul rouleau, les longues en deux rouleaux à partir de chaque extrémité.

#### CONFECTIÖN DES BALLONS.

La partie supérieure du gabarit étant au sol (comme le représente la figure 3), les deux bandes de 11 m de long sont posées en croix sur le pôle du gabarit de manière que leur milieu corresponde à l'axe du ballon. Sur le sommet du gabarit, elles sont collées l'une à l'autre, puis partiellement déroulées jusqu'à sa base. L'une après l'autre, les quatre bandes courtes sont ajustées entre les deux bandes précédentes et également déroulées jusqu'à la base du gabarit ; elles sont collées « à plat », sur les longues bandes, bord sur bord. La colle employée est du cellux liquide. Des couvre-joints renforcent les joints et assurent une étanchéité parfaite. Trois ceintures en cellux sont collées sur la partie supérieure du ballon ; la troisième à environ 2 m 50 du

pôle. Grâce à la double épaisseur du cellux au sommet du ballon et aux trois ceintures, l'enveloppe est renforcée aux endroits où les tensions (latérales en particulier), signalées dans un chapitre précédent, sont maxima.

Au pied du gabarit « A », les extrémités des bandes de cellux qui serviront à confectionner la base du ballon sont encore en rouleaux; grâce à un artifice, elles ne peuvent pas se dérouler. Une sangle, placée sur le cellux, près des rouleaux, permet de serrer la partie déjà confectionnée du ballon contre le gabarit afin de faciliter l'assemblage des parties « A » et « B ». Ce travail fait, toutes les bandes sont entièrement déroulées et ajustées; elles sont collées l'une à l'autre, à raison de une sur deux seulement, jusqu'au bout, tandis que les autres ne le sont que sur la partie prismatique du ballon. Huit suspentes sont mises en place sur les arêtes des ballons, à la base de la partie prismatique. En collant les bandes bord à bord, on évite soigneusement de les tendre latéralement sur le gabarit; il y a du jeu (c'est la raison pour laquelle le volume du ballon oscille entre 16 et 17 m<sup>3</sup>) entre la forme et le ballon; ce dernier est en quelque sorte flottant, ce qui permet de le retirer plus aisément de sa forme; on l'enlève comme un gant.

Les quatre joints de la base du ballon, laissés partiellement ouverts, sont ensuite terminés sur un établi spécial.

L'appendice de remplissage, point de jonction des huit faces de la pyramide octogonale de la base du ballon et du cylindre formant l'appendice proprement dit, est un point délicat. Il est confectionné, moulé sur un petit gabarit ad hoc, puis collé sur la pointe de la pyramide. On obtient ainsi plus d'homogénéité dans le travail et une notable diminution de la durée de la main-d'œuvre.

Pour réduire celle-ci au minimum, bien des instruments spéciaux (dévidoir, établi, humecteurs à réglage automatique pour coller les bandes, etc.) furent mis au point; je ne les décrirai pas. Grâce à de nombreux tours de mains, la durée de confection d'un ballon (50 m de joints, 90 m de couvre-joints et ceintures, 1 m<sup>2</sup> de surface collée au sommet, huit suspentes, appendice et démontage du gabarit etc.) a passé de 25 à 5 h. !

La construction actuelle du ballon est toute différente de celle des ballons de 1942<sup>1</sup>.

Terminé, le poids d'un ballon oscille entre 1.450 et 1.550 g; son poids au mètre carré varie ainsi de 35 à 38 g. A titre de comparaison, voici quelques données sur les ballons en cuprophane<sup>2</sup> de 0,0065 mm d'épaisseur:

TABLEAU 1.

Volume en m <sup>3</sup>	Poids en kg	Surface en m <sup>2</sup>	Poids par m <sup>2</sup> en g
27	1,3	49	26
250	3,73	195	19
370	4,7	260	18

Nos ballons sont donc environ 50% plus lourds que les ballons allemands, mais le cellux a une épaisseur de  $0,025 \pm 10\%$  mm.

#### PRESSION A L'INTÉRIEUR DU BALLON.

Si le ballon — après avoir été vidé complètement de l'air qu'il renfermait — est partiellement gonflé d'hydrogène, comment se répartissent les surpressions sur l'enveloppe dues à ce gaz ? Au lieu de les calculer, je les ai mesurées. A cet effet, vingt-trois appendices spéciaux furent construits sur un ballon; ils furent placés le long d'un méridien et étaient toujours perpendiculaires à l'enveloppe. Les distances, entre appendices consécutifs, augmentaient du pôle supérieur au pôle inférieur du ballon. Après divers essais, les pressions furent mesurées à l'aide d'un manomètre en U, incliné à 10°,5, rempli à l'alcool. Les caractéristiques de l'expérience sont les suivantes:

Ballon: Volume: 16,5 m<sup>3</sup>; tare: 1.830 g; lest pour équilibrer: 4 kg.  
 Remplissage au tiers approximativement.  
 L'appendice de gonflement fut ensuite fermé.  
 Pression barométrique: 960 mb.  
 Température de l'hydrogène et de l'air ambiant: 15° en moyenne.

<sup>1</sup> *Annales S.C.S.M.*: 1941, l. c. p. 42-43, 1942: Quelques innovations aux méthodes suisses de radiosondages, p. 6. J. LUGEON.

<sup>2</sup> *Luftfahrtforschung*, Bd. 18, 1941, p. 147-154. EISELE: Registrir ballone aus Transparentfolien.

Pour alléger le tableau suivant, je ne donne qu'une mesure sur deux; les lettres des colonnes signifient:

A = appendice n°, compté depuis la base du ballon.  
 D = distance de l'appendice depuis la base du ballon.  
 $\Delta P$  = écart entre les pressions à l'intérieur et à l'extérieur du ballon, en mm d'eau; + = surpression, — = souspression.

TABLEAU 2.

A	D	$\Delta P$	A	D	$\Delta P$
23	412	+ 1,83	11	288	+ 0,37
21	393	+ 1,62	9	253	+ 0,10
19	375	+ 1,30	7	208	- 0,44
17	357	+ 1,18	5	148	- 0,74
15	338	+ 0,96	3	89	- 0,89
13	318	+ 0,57	1	30	- 0,96

La figure 8 donne ces résultats.

Les surpressions et les souspressions sont donc faibles; elles s'expliquent ainsi. Sous l'action de l'hydrogène, le sommet du ballon s'étale. D'autre part le ballon étant chargé de 8 sacs de lest, attachés à la base des 8 arêtes, leurs tractions devraient avoir pour effet d'étaler tout le corps central du ballon, mettant ainsi un volume trop spacieux (le ballon est gonflé au tiers seulement) à disposition de l'hydrogène dont la pression deviendrait inférieure à celle de l'air ambiant, mais la pression atmosphérique comprime les parois du ballon. Cette compression n'anule pas entièrement la dilatation contrainte de l'enveloppe du ballon. L'action de l'hydrogène dans le haut du ballon et la pression atmosphérique sur sa base lui donnent une forme caractéristique de champignon, du genre bolet amer. En tenant compte des dimensions du ballon et des écarts de pression fournis par la courbe de la figure 8, à

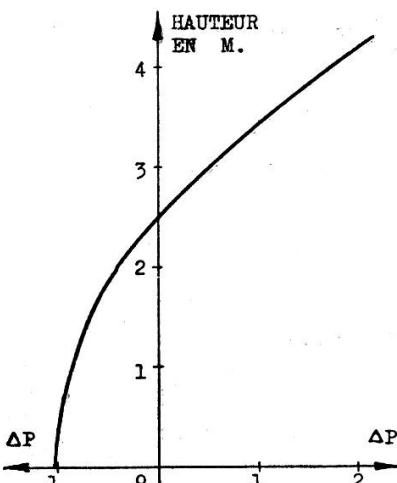
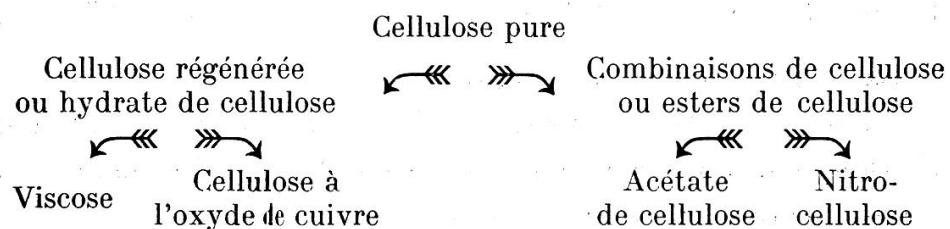


Fig. 8.

titre de contrôle, la poussée de l'hydrogène fut calculée ; elle aurait été de 5.870 g, tandis qu'en réalité elle fut de 5.830 g; la concordance est donc très bonne.

### LE CELLUX.

C'est un corps plus ou moins souple, transparent, dérivé de la cellulose  $[(C_6 H_{10} O_5)_n]$ , pouvant être livré en longues bandes très minces, présentant de remarquables qualités de résistance mécanique. Le cellux est composé de longues chaînes moléculaires orientées dans un sens déterminé. Suivant les traitements chimiques de la cellulose pure, on peut obtenir les produits de base suivants, en feuillets.<sup>1</sup>:



Les feuilles industrielles les plus connues portent les noms de:

Cellophane	dérivé de la viscose.
Transparite	» » » »
Heliozell	» » » »
Cellux	» » » »
Ultraphanne	» » l'acétate de cellulose
Acétophane	» » » » »
Transparenta	» » » » »
Cuprophane <sup>2</sup>	» » la cellulose à l'oxyde de cuivre.

Je m'abstiens de traiter plus longuement le côté chimique de cette question; le lecteur qu'elle intéresse lira avec avantage les deux ouvrages de Halama (déjà cité) et de Eggert<sup>3</sup>.

D'après la maison Feldmühle, à Rorschach (que je remercie

<sup>1</sup> *Transparentfolien*. Dr M. HALAMA, p. 12-13.

<sup>2</sup> *Luftfahrtforschung*, Bd. 18, 1941. EISELE, p. 147-154.

<sup>3</sup> *Filmgebilde aux Viskose*, J. EGGERT.

bien vivement pour les renseignements si aimablement communiqués) le cellux que nous employons est composé de:

75% de cellulose pure régénérée,  
15% de glycérine,  
10% d'eau,

à quoi il faut ajouter la couche de laque se composant de nitro-cellulose, de matières assouplissantes et de résine. La pellicule primitive a un poids de 28-30 g au mètre carré; elle est recouverte sur ses deux faces d'une couche de laque de 0,001 mm d'épaisseur, son poids réel est ainsi de 30 g — ou un peu plus — au mètre carré; la pellicule de cellux a une épaisseur théorique de  $0,021\text{mm} \pm 10\%$  environ. D'après ces chiffres, la densité du cellux oscillerait entre 1,3 et 1,7.

D'après des mesures effectuées en notre laboratoire,

- a) L'épaisseur du Cellux varie quelque peu tant dans la longueur que dans la largeur des bandes; d'après celles à notre disposition, l'épaisseur moyenne est de 0,025 mm avec un écart moyen de  $\pm 10\%$ ; ces chiffres sont basés sur 160 déterminations.
- b) Le poids au  $\text{m}^2$  varie également d'après un échantillon de 599  $\text{cm}^2$ , il serait de 31,8 gr; d'après trois autres échantillons (de 3050  $\text{cm}^2$  de surface totale), il serait de 33,4 gr.
- c) La densité serait de 1,37.

De différents côtés la question fut posée de savoir s'il n'aurait pas été plus avantageux de porter son choix sur une autre combinaison de la cellulose, sur l'acétate de cellulose en particulier, vu que ce dernier est insensible à l'eau. Les chiffres suivants, empruntés à Halama<sup>1</sup>, justifient la décision prise (v. tableau p. 36).

Il n'est pas précisé par quelles températures (probablement 15-20°) ces allongements furent déterminés.

Les mots: parallèle ou perpend. indiquent que le corps fut sollicité parallèlement ou perpendiculairement aux chaînes moléculaires.

<sup>1</sup> L. c., p. 179, 184, 185, 186.

TABLEAU 3.

	Viscose	Acétate de cellulose		
Pression homogène de rupture d'une éprouvette de $10 \text{ cm}^2$ , tenue sur son pourtour:				
Valeur moyenne . . . . .	2,39 kg/cm <sup>2</sup>	1,80 kg/cm <sup>2</sup>		
Flèche du dôme dans le cas ci-dessus . . . . .	8,0 mm	7,7 mm		
Diffusion, pour une surpression de 10 cm d'eau, pendant 60'.	11 cm <sup>3</sup>	9,3 cm <sup>3</sup>		
Poids au m <sup>2</sup> , épaisseur 0,03 mm	38 g	38 g		
	Paral-	Pend.	Paral-	Pend.
Résistance de rupture en kg, éprouvettes de $100 \times 15 \times 0,03$ mm:				
5 échantillons . . . . .	{ min. 3,60 max. 4,45 moy. 3,96	{ 2,40 3,56 3,02	{ 2,60 2,80 2,67	{ 2,63 3,15 2,81
Allongement, en %:				
5 échantillons . . . . .	{ min. 11,2 max. 22,0 moy. 15,4	{ 10,4 42,0 26,9	{ 12,0 28,0 17,4	{ 10,0 27,0 17,6

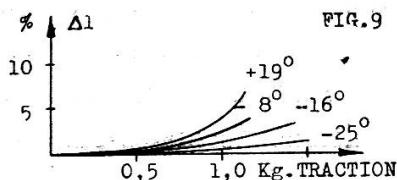
La viscose présente donc des avantages pour nos sondages puisque sa résistance à la traction et à la pression de rupture sont plus élevées que celle des feuilles d'acétate de cellulose; par contre la diffusion à travers les feuilles d'acétate de cellulose serait plus faible et le poids plus réduit. Mais nous avons vu que les feuilles de cellux ne pèsent que 32 g au mètre carré et nous verrons que la diffusion est pratiquement nulle. En résumé, le choix du cellux paraît judicieux. D'après des photographies prises à l'hypermicroscope électronique<sup>1</sup>, les fibres celluliques naturelles sont très fines ( $1/20$  à  $1/2 \mu$ ) tandis que les fibres celluliques artificielles sont approximativement 10 à 100 fois plus épaisses.

<sup>1</sup> *Cahiers d'études européennes*, 1942. Optique électronique géométrique.

INFLUENCE THERMIQUE SUR L'ALLONGEMENT  
ET LA RÉSISTANCE DE RUPTURE DU CELIUX.

Dans le livre d'Eggert, quelques influences thermiques sont signalées pour des corps semblables au cellux. J'en extrais quelques renseignements :

- a) Pour la cellophane — non laquée — perpendiculairement à l'axe des chaînes, les variations de la résistance de rupture et de l'allongement pour diverses températures, sont représentées par la figure suivante <sup>1</sup>:
- b) Après 6 mois de séjour dans un local soumis à de fortes variations de température et d'humidité, des éprouvettes de cellophane et de transparite — également non laquées — présentèrent une résistance à la rupture légèrement plus grande, tant dans le sens des chaînes que dans le sens perpendiculaire, tandis que l'allongement, sous l'effet de la traction, n'était pratiquement pas modifié. La cause de ce phénomène n'est pas bien connue; est-elle due à une perte d'eau ou de glycérine, correspond-elle à une variation de la structure ? S'il en était de même pour le cellux, il y aurait avantage à ne travailler que sur des stocks anciens.
- c) Après un séjour de 8 jours dans un four à 75° <sup>2</sup>, suivi d'un jour d'exposition à l'air libre, la résistance de rupture et l'allongement des éprouvettes de cellophane et de transparite ne sont pas très modifiés. Certains échantillons sont devenus cassants.
- d) Après un séjour de 14 jours <sup>3</sup> dans un four à 100° C., suivi d'une exposition à l'air libre, à température normale, de



<sup>1</sup> L. c., p. 18.

<sup>2</sup> F. LENZE und L. MERZ, Ueber chemische und physikalische Eigenschaften von Cellophan und Transparit. *Kunststoff*, 19. Jg., 1929, n° 12, p. 272.

<sup>3</sup> F. LENZE und L. MERZ, l. c. *Kunststoff*, 19. Jg., 1929, n° 11, p. 249 et n° 12, p. 272.

1 h, voire 24 h, la résistance à la rupture des éprouvettes de cellophane et de transparite est passablement altérée (très forte augmentation de la résistance à la rupture — environ 100% dans certains cas —) dans le sens perpendiculaire aux chaînes, tandis que dans l'autre sens la résistance était à peine modifiée; simultanément, une forte diminution de l'allongement — en particulier pour la cellophane — fut constatée, tant dans un sens que dans l'autre.

- e) Après un séjour de 15 jours dans une glacière, à raison de 8 h sur 24 par — 22° C. et le reste du temps par — 22 à — 8°, la résistance à la rupture de la majorité des éprouvettes était notablement plus grande, par contre l'allongement de celles en cellophane était plus faible; pour la transparite, c'était l'inverse.

Ces divers essais prouvent que la température modifie les propriétés mécaniques de ces deux matériaux; d'après l'essai b), cette influence cesseraient rapidement de s'exercer lorsque les conditions normales sont rétablies. Comme aucun de ces essais ne correspond aux conditions de nos sondages, j'ai déterminé la résistance à la rupture et l'allongement du cellux 305 pour diverses températures.

Ces essais furent faits de la manière suivante:

Les éprouvettes étaient collées aux deux extrémités entre deux cartons. Après environ 1 jour, elles étaient soumises aux essais. Leurs extrémités étaient pincées dans des matrices; l'une était fixée à un crochet d'un cadre placé dans notre caisson polytrope<sup>1</sup>, l'autre à un dynamomètre entraîné par une vis. A l'aide d'un dispositif latéral, les allongements étaient notés pour chaque augmentation de 500 g de la traction, de même que le temps, en secondes, depuis le début de chaque essai.

Les éprouvettes n'étaient pas toutes de mêmes dimensions (200 à 300 × 15 à 40 mm); par calculs, les résultats furent ramenés à une valeur unitaire. Après différents essais préli-

<sup>1</sup> P. DE HALLER, *Annales S.C.S.M.*, 1940: « Un caisson d'étalonnage pour météorographes ».

minaires, la forme choisie pour les éprouvettes fut celle représentée par la figure 10.

Lorsque la température choisie pour l'essai était réalisée dans le caisson, une éprouvette y était placée, fixée au dispositif de mesure et 3 à 4 min plus tard elle était soumise à des tractions croissantes, jusqu'à rupture. Au cours de ces expériences, un courant d'air de 3 à 3,5 m/sec était établi dans le caisson, de sorte que l'éprouvette était bien ventilée et au milieu d'une masse d'air de température homogène. Dans le caisson, l'humidité relative fut de:

65-75% pour les températures comprises entre + 10 et + 20°, plus faible pour les températures plus élevées, plus forte pour les températures plus basses.

L'augmentation de 500 g de l'effort de traction fut faite à la cadence moyenne suivante:

TABLEAU 4.

Effort de traction .	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500 g
Durée de l'essai, dès le début . . . .	5	10	17	25	33	42	60 sec, etc.

TABLEAU 5.

Traction	Allongement de	Après ... secondes
1 kg	4 mm	15 sec.
	6	30
	8	60
	12	120
	20	180
	23	210
1,4	26	220
1,7	33	300
1,8	40	360
2,0	44	390
2,2	53	420

D'après nos essais à  $+30 \div 35^\circ\text{C}.$ , une augmentation de 50, 100, voire 300% de cette cadence, n'influe pas de manière sensible le résultat de nos mesures dans le sens parallèle

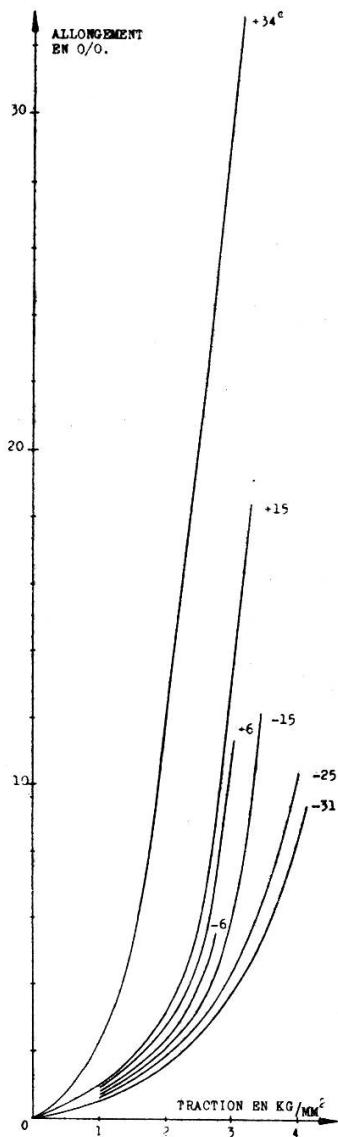


Fig. 11.

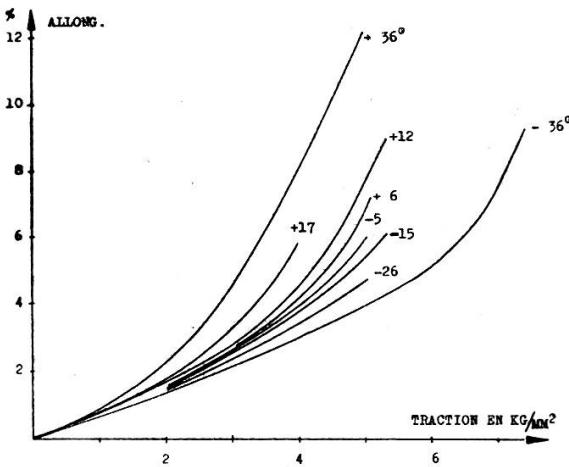


Fig. 12.

aux chaînes; mais dans le sens perpendiculaire, il en fut tout autrement. Le tableau 5 (p. 39) en donne une idée. Cet essai fut effectué à  $+16^\circ\text{C}.$ ; longueur initiale de l'éprouvette: 370 mm.

Si la traction augmente plus ou moins lentement, il ne semble pas que l'allongement maximum soit plus grand, ni que la résistance à la rupture soit plus forte.

Les résultats des 110 éprouvettes de ceux 305, soumises aux essais, sont représentés par les figures 11 et 12.

L'allongement varie dans de larges proportions.

- a) Il est d'autant plus grand que la température est plus élevée et l'effort de traction plus grand. Ces résultats correspondent qualitativement à ceux cités par J. Eggert, obtenus avec des échantillons de cellophane (voir fig. 9).

Sous l'effet d'une traction augmentant progressivement, l'allongement est souvent irrégulier; par moment l'éprouvette n'offre que peu de résistance, elle s'allonge très facilement, même si la force de traction diminue un peu. Ces irrégularités ne paraissent pas altérer la résistance de rupture.

Les charges emportées par nos ballons sont très faibles, elles agissent principalement dans le sens des chaînes et ne peuvent pas provoquer un agrandissement de nos aéronefs au cours des ascensions, d'autant plus qu'à haute altitude — si le cellux prenait la température ambiante — il serait très froid.

- b) A température et traction égales, il est beaucoup plus grand dans le sens perpendiculaire que dans le sens parallèle aux chaînes; cette différence s'atténue pour les basses températures ( $< -36^\circ$ ).
- c) A température constante, si la traction augmente, l'allongement croît plus rapidement qu'elle.
- d) Pour une traction donnée de 1, 2, 3 ou 4 kg, opérée dans le sens parallèle ou perpendiculaire aux chaînes, vers  $11^\circ$  C. (respectivement  $15^\circ$ ), l'allongement subit une importante variation; si la température varie de  $-40$  à  $+11^\circ$  (respectivement  $+15^\circ$ ), il est relativement faible; de  $+11^\circ$  (respectivement  $+15^\circ$ ) à  $+40^\circ$ , il est beaucoup plus fort; la zone de transition semble quelque peu variable.

D'après nos essais à pression atmosphérique normale, la résistance maximale à la rupture varie linéairement avec la température; le tableau suivant en donne une idée. Les tractions

sont exprimées en kilos par centimètre de largeur de l'éprouvette.

TABLEAU 6.

	Janvier 1944		Automne 1942	Eté 1943
Température, en degr. C.	+ 35	0	— 35	env. + (15 à 20)
Traction parallèle aux chaînes, en kg par cm	1,83	1,90	1,99	1,1
Traction perpendiculaire aux chaînes, en kg par cm	1,20	1,24	1,28	0,55
				0,60

Les écarts entre les mesures de 1942/1943 et celles de 1944 (effectuées par des personnes différentes) ont probablement pour causes

un appareillage trop élémentaire utilisé au début,  
une amélioration éventuelle des qualités mécaniques du cellux, par vieillissement; ce dernier facteur ne peut être responsable que d'une petite partie des écarts constatés.

Entre + 20 et — 40° C., l'allongement maximum du cellux 305 varie dans de fortes proportions. Cet allongement varie linéairement avec la température dans le sens parallèle aux chaînes et probablement de la même manière dans l'autre sens.

Le tableau suivant précise cette affirmation:

TABLEAU 7.

Température, en degrés C. . . . .	+ 20	— 10	— 40
Allongement, parallèle aux chaînes, en % . . . . .	17,5	42	6,5
Allongement, perpendiculaire aux chaînes, en % . . . . .	43,0	21 ± 10	4,0

Pour des températures de + 20 à + 40° C., il ne fut pas possible d'obtenir des allongements supérieurs; ils furent:

pratiquement constants de + 20 à + 40°, dans le sens parallèle aux chaînes;  
notablement plus faibles entre + 30 et + 40° qu'à + 20° dans le sens perpendiculaire aux chaînes.

À  $-33^{\circ}$ , les allongements maxima sont égaux; qu'ils soient mesurés parallèlement ou perpendiculairement aux chaînes.

De  $-33^{\circ}$  à au moins  $-40^{\circ}$ , les allongements dans le sens des chaînes sont plus grands que dans le sens perpendiculaire.

Si au-dessous de  $-40^{\circ}$ , les allongements continuaient à décroître linéairement, ils seraient nuls: à  $-77^{\circ}$  dans le sens des chaînes, à  $-44^{\circ}$  C. dans le sens perpendiculaire.

Dans l'air, il ne fut pas possible de poursuivre les mesures par des températures inférieures à  $-40^{\circ}$  C. et pourtant il serait intéressant de connaître le comportement du cellux par  $-60$ , voire  $-70^{\circ}$ . Pour cette raison, des bandes de cellux 305 furent posées directement sur des cylindres de neige carbonique de 18 cm de diamètre de manière à s'appliquer sur la neige sur une longueur de 8-10 cm. Pour une partie des mesures, sur la face externe des bandes de cellux, des morceaux de neige carbonique furent posés au droit du cylindre de neige sousjacent. Ces bandes furent ensuite soumises à une traction croissante dont l'intensité fut mesurée au dynamomètre.

Pour des températures de  $-50$  à  $-60^{\circ}$ , les allongements furent pratiquement inexistant. Les forces de rupture furent de:

TABLEAU 8.

Neige carbonique sur:			
une face des bandes de cellux		deux faces des bandes de cellux	
Traction en kg/cm		Traction en kg/cm	
Parallèle	Perpendiculaire	Parallèle	Perpendiculaire
0,00-0,315	0,00-0,225	0,00-0,03 1 fois 0,5	0,035-0,140

Le manque d'homogénéité de ces résultats peut avoir plusieurs causes:

Température hétérogène du cellux (très fort gradient thermique dans l'axe longitudinal des éprouvettes);

Température variable d'un point à l'autre des éprouvettes (morceaux de neige carbonique);

Température peut-être différente d'une éprouvette à l'autre; quelques-unes furent peut-être rompues avant que le cellux se fût suffisamment refroidi;

Frottement parasite plus ou moins grand entre le cellux et le cylindre de neige carbonique.

Pour éviter ces différentes causes d'erreur, différentes bandes de cellux furent disposées en sandwich dans de la neige carbonique pilée. Au bout de quelques minutes (env. 5) le cellux avait perdu toute résistance mécanique. La matière avait gelé. Les bandes de cellux ne pouvaient plus soutenir leur propre poids; elles se rompaient en menus morceaux de quelques millimètres carrés de surface et de forme très irrégulière. Dans la neige pilée, la température était de — 68 à — 72°. Cette diminution, voire disparition, des propriétés mécaniques du cellux par basse température semble limiter l'emploi des ballons en cellux si la température baisse trop, et pourtant nous avons effectué de nombreux sondages par basses températures. Le tableau suivant en donne une idée:

TABLEAU 9.

Nombre de sondages	Températures minima enregistrées, en degrés C.
35	— 40 à — 49
25	— 50 à — 59
12	— 55 à — 59
5	— 60 à — 64
3	— 65 à — 69

Température minimale enregistrée: — 69° C.

Comme nous le verrons plus loin, les températures enregistrées sont certainement un peu trop élevées. Il y a donc un paradoxe apparent entre la résistance mécanique du cellux à basse température — mesurée en laboratoire — et la résistance mécanique de l'enveloppe de nos ballons en pleine atmosphère. Pour élucider ce point, au sol, la température de l'hydrogène à l'intérieur du ballon fut mesurée par temps clair et vent faible. Elle varie beaucoup dès que le vent brasse le ballon. Si le ballon

passe de l'ombre au soleil ou du soleil à l'ombre, la température de l'hydrogène varie moins vite que si l'enveloppe du ballon n'existe pas. Au soleil, la température de l'hydrogène dans le ballon en cellux tango 305, à environ 500 m d'altitude, est de 8-9° supérieure à celle de l'air ambiant. Je ne crois pas que cette valeur représente un écart maximum. L'élévation de température du cellux tango lui-même par rapport à l'air est du même ordre de grandeur d'après toute une série de mesures. Il est à présumer qu'à haute altitude, sous l'effet d'une insolation plus forte, le cellux et l'hydrogène présenteront des écarts thermiques encore plus grands par rapport à l'air. Ainsi disparaît le paradoxe apparent signalé plus haut.

Cette élévation de température du cellux (tare du ballon: 1,5 kg) et de l'hydrogène (500 g env. par ballon) est une petite source de chaleur qui altére nos mesures. La sonde étant entraînée dans le sillage du ballon, se trouve dans de l'air quelque peu réchauffé. D'après nos mesures la chaleur spécifique du cellux (épaisseur 0,025 mm  $\pm$  10%), est de 0,48 à 0,50 cal/gr; cependant jusqu'à ce jour il ne fut pas possible de corriger quantitativement cette cause d'erreur. C'est une des raisons pour laquelle les températures du tableau 9 sont un peu trop élevées.

Pour les températures de + 5 à + 30° C., les déchirures provoquées fortuitement dans les bandes de cellux sont généralement simples et plus ou moins rectilignes — ou quelquefois en V (fig. 13 A).

D'après des ballons qui explosèrent à haute altitude par — (40  $\div$  60° C.), les déchirures présentent un tout autre caractère; elles ont la forme de dents (fig. 13 B).

Au cours des essais des éprouvettes de cellux 305 dans notre caisson, lorsque la température était supérieure à + 10° C., les ruptures étaient réduites à une simple déchirure plus ou moins perpendiculaire à l'axe de traction, tandis qu'elles devenaient de plus en plus compliquées lorsque la température baissait;

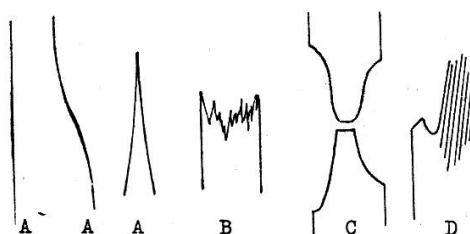


Fig. 13.

par — 30° déjà, la rupture s'étendait sur une zone de quelques centimètres de largeur et se composait de nombreuses déchirures, plus ou moins parallèles (fig. 13 D).

Ces observations confirment bien le fait que la résistance mécanique du cellux varie lorsque la température change.

A titre de comparaison, voici quelques chiffres concernant des matériaux similaires au cellux, empruntés à Lenze et Merz<sup>1</sup>. La température correspondante fut celle du laboratoire. Les dimensions des éprouvettes étaient de 50×300 mm.

TABLEAU 10.

	Epaisseur	Parallèle aux chaînes		Perpendiculaire aux chaînes	
		Traction	Allongement	Traction	Allongement
	mm	kg/mm <sup>2</sup>	%	kg/mm <sup>2</sup>	%
Cellophane 40 . . . . .	0,03	11,4	16,2	4,7	26,7
» 25.II . . . . .	0,02	6,9	6,2	3,4	11,8
Transparite 1/40.I . . . .	0,028	11,1	13,1	6,1	38,4
» 1/25.II . . . .	0,020	6,8	14,3	3,9	24,6

## PERTES PAR DIFFUSION.

En 1942, différents essais furent exécutés par M. Ackermann et moi-même à la Station aérologique; ceux réalisés sur un petit ballonnet de notre construction donnèrent des pertes assez considérables: 1,7 cm<sup>3</sup> (ou env. 0,136 mg) par seconde et par mètre carré de cellux.

En automne 1943, j'ai repris ces mesures, mais cette fois-ci sur un ballon normal, plus exactement sur le ballon, muni des vingt-trois appendices supplémentaires, dont il fut déjà question. Ce ballon fut construit exactement comme les autres, sans soins particuliers; après coup les vingt-trois appendices furent collés; ils représentaient autant de points où l'étanchéité risquait d'être moins bonne. La surface de ce ballon était de 41 m<sup>2</sup>. Les résultats de ces mesures sont donnés à la figure 14. Le gros

<sup>1</sup> L. c. *Kunststoffe*, 19. Jg., 1929, n° 12, p. 271.

trait représente la diminution de la force ascensionnelle en fonction du temps. Pour différentes raisons physiques, les valeurs mesurées ne furent pas ramenées à une pression et à une température de comparaison; la pression oscilla autour de 960 mb; la température de l'air ambiant varia de + 8 à + 23° C.; celle à l'intérieur du ballon ne put être mesurée; d'après différentes observations, elle fut toujours bien en retard sur celle de l'air ambiant.

Le trait fin (fig. 14) indique les pertes de force ascensionnelle en grammes par minute; elles sont beaucoup plus faibles que celles déterminées en 1942.

Cette différence est à attribuer aux différents degrés d'étanchéité des joints. Il est à présumer qu'au travers d'une surface de cellux sans joint elles seraient encore plus faibles. D'après des essais effectués au « Laboratoire fédéral des matériaux et Institut de recherches (industrie, génie civil, arts et métiers), à Saint-Gall», sur des éprouvettes de cellux de trois types différents: aucune perte par diffusion ne put être mise en évidence. A pression constante, les pertes de  $H_2$  sont proportionnelles à la force ascensionnelle du ballon, en d'autres termes, elles dépendent de la quantité d'hydrogène du ballon; pour cette raison, il est délicat de les évaluer au mètre carré, car la surface du ballon en contact avec l'hydrogène diminua progressivement de jour en jour. Si le gaz est brassé à l'intérieur du ballon, les pertes sont plus fortes que s'il ne l'est pas. Si le vent souffle, les pertes augmentent rapidement; il en est de même si la température s'élève (agitation moléculaire), le tableau 11 (p. 48) en fait foi.

Lorsque la température augmente, les pertes sont plus fortes que lorsqu'elle baisse; par unité de temps (min) les pertes sont plus importantes pour les grandes que pour les faibles variations de température. Pour le ballon, en groupant les pertes par diffusion lorsque la température varie de + 25 à + 17° C.

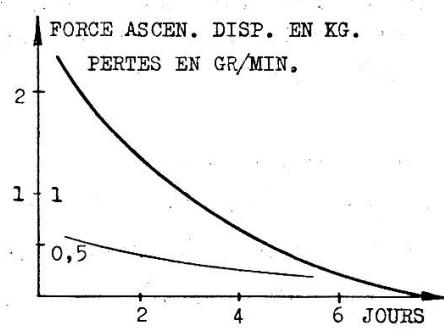


Fig. 14.

TABLEAU 11.

F	Température en hausse					Température en baisse				
	$\Delta F$	$\Delta T$	$\Delta t$	g/min	$\Delta f$	$\Delta F$	$\Delta T$	$\Delta t$	g/min	$\Delta f$
2500	165	14,5	380	0,435	0,0300	370	15,5	990	0,374	0,0242
2283	88	8,0	372	0,236	0,0296	285	9,5	1228	0,232	0,0245
2082	71	5,0	476	0,152	0,0302	289	12,5	906	0,319	0,0255
			Moyenne:	0,0299				Moyenne:	0,0247	

$F$  = force ascensionnelle totale du ballon, en g.

$\Delta F$  = diminution de la force ascensionnelle en g.

$\Delta T$  = variation de température correspondant à  $\Delta F$ , en degrés C.

$\Delta t$  = durée en minutes correspondant à  $\Delta F$ .

$\Delta f$  = pertes de la force ascensionnelle du ballon en g par minute par degré C. de variation de température.

d'une part, et de  $+17$  à  $+8^\circ\text{C}$ . d'autre part, on constate qu'elles seraient de 0,408 g par min dans le premier, de 0,258 g par min dans le deuxième cas. Ces chiffres n'ont qu'une valeur très relative, car d'autres phénomènes jouent également un certain rôle.

Au cours d'une ascension, il faut s'attendre à ce que les pertes par diffusion soient plus fortes que celles trouvées dans cet essai; les raisons en sont:

la ventilation continue du ballon;

le brassage de l'hydrogène à l'intérieur du ballon;

l'augmentation progressive de la surface de contact de l'hydrogène avec l'enveloppe du ballon au cours de l'ascension.

D'un jour à l'autre, ces pertes diffèrent un peu, vu que les ballons n'ont pas une vitesse ascensionnelle constante, que le gradient thermique vertical de l'atmosphère varie également, ainsi que l'insolation.

Au cours d'un sondage d'une durée de 30 à 60 min, ces pertes — même si elles sont 10 fois plus fortes que celles signalées ci-dessus — ne peuvent pas altérer notablement la force ascensionnelle de nos ballons.

Il est encore un fait intéressant à signaler, observé deux fois au cours de ces essais. Par suite de la diffusion de l'hydrogène

au travers de l'enveloppe du ballon, ce dernier se dégonfla très lentement pendant plusieurs jours, puis sans apport d'hydrogène, l'appendice restant constamment bouché, le ballon se gonfla à nouveau très lentement, mais régulièrement jusqu'à ce qu'il fût entièrement plein. Pour expliquer ce fait, deux hypothèses peuvent être considérées: soit un gaz se forma dans le ballon, soit de l'air y pénétra. Pour le moment, je ne peux rien dire d'autre à ce sujet.

D'après Lenze et Merz<sup>1</sup>, la diffusion du  $H_2$  sur des éprouvettes non laquées de cellophane 40 (0,03) et de transparite (1/40.II) (0,25) varie comme suit:

TABLEAU 12.

	Conditions normales $cm^3/s\ m^2$	Après 14 jours dans un four à $100^\circ C.$	Après 14 jours dans un four à $-22^\circ C.$
Cellophane 40 . . .	0,109	0,157	0,178
Transparite 1/40.II .	0,117	0,161	0,205

La température exerce une influence sur la vitesse de diffusion, mais dans des proportions assez faibles.

D'après Eisele<sup>2</sup> les pertes par diffusion pour le cuprophane 10 (0,0065 mm d'épaisseur) sont de  $0,114\ mg/h.\ cm^2$  — soit  $3,96\ cm^3/s\ m^2$  — tandis que pour un ballon en caoutchouc peu dilaté, elles sont de  $0,18\ mg/h.\ cm^2$  — soit  $6,25\ cm^3/sec.\ m^2$ . Il y a bien des années, j'avais constaté<sup>3</sup> les pertes suivantes pour la diffusion de ballons en caoutchouc :

0,24    0,34    0,41  $mg/h.\ cm^2$

(ballons pilotes pesant 32 g, gonflés à 80, 131 et 181 l; essais effectués pendant 1 h).

<sup>1</sup> *L. c. Kunststoffe*, 19. Jg., n° 12 (1929), p. 274.

<sup>2</sup> EISELE, l. c. *Luftfahrtforschung*, Bd. 18, 1941, p. 150.

<sup>3</sup> BERGER, *Sondages aérologiques et vent au gradient en Suisse*. Genève, thèse 935, p. 77-78.

## INFLUENCE DE L'HUMIDITÉ.

La couche de laque sur le cellux a pour but de préserver de l'humidité la pellicule de viscose qui, elle, est hygroscopique. Grâce à cette laque, l'influence de l'humidité de l'air est fortement diminuée, si même elle n'est pas pratiquement tout à fait supprimée sur le type de cellux que nous utilisons.

D'après Lenze et Merz<sup>1</sup>, sur des pellicules non laquées de cellophane et de transparite, l'influence de l'humidité sur les propriétés mécaniques de ces corps est insignifiante; je leur emprunte les chiffres suivants pour le transparite 1/40.I (épaisseur 0,028).

TABLEAU 13.

	Parallèles aux chaînes	Perpendiculaires aux chaînes
Force de rupture	10,7 au lieu de 11,1 kg/mm <sup>2</sup>	6,0 au lieu de 6,1 kg/mm <sup>2</sup>
Allongement . .	12,9 au lieu de 13,1 %	28,2 au lieu de 36,4 %

D'après Eggert<sup>2</sup>, au contraire, la résistance mécanique diminuerait un peu tandis que l'allongement augmenterait sensiblement (voir fig. 15, chap. « Influence de l'eau ») lorsque l'humidité augmente.

Ainsi, si pour une raison quelconque, la couche de laque est détruite sur le cellux, l'humidité altérerait très peu les propriétés mécaniques de nos ballons.

Différents essais ont confirmé, d'autres infirmé, cette hypothèse; il y a donc lieu d'admettre qu'il existe sur le cellux des plages où la couche de laque est trop mince ou même où elle est absente. D'une manière générale, la plupart des bandes de cellux perdent de leur souplesse si l'air se dessèche trop.

<sup>1</sup> L. c. *Kunststoffe*, 19. Jg., 1929, n° 12, p. 273.

<sup>2</sup> L. c., p. 17.

## INFLUENCE DE L'EAU.

Lenze et Merz<sup>1</sup> plongèrent dans l'eau, pendant 3 h, des éprouvettes de cellophane 40 et de transparite 1/25 (II); après ce laps de temps, il y eut 3 jours de séchage et les éprouvettes furent plus résistantes et légèrement moins élastiques. Voici quelques chiffres.

TABLEAU 14.

	Parallèle		Perpendiculaire	
	Avant	Après	Avant	Après
<i>Résistance de rupture.</i>				
Cellophane 40 . . .	kg/mm <sup>2</sup> 11,4	kg/mm <sup>2</sup> 13,7	kg/mm <sup>2</sup> 4,7	kg/mm <sup>2</sup> 8,4
Transparite 1/25(II)	8,2	14,3	4,5	9,5
<i>Allongement.</i>				
Cellophane 40 . . .	% 16,2	% 4,4	% 26,4	% 14,0
Transparite 1/40(II)	14,3	9,2	24,6	20,5

Pour autant que le cellux possède des propriétés similaires, le fait qu'un ballon fut mouillé pour une raison fortuite, puis séché, augmenterait ses propriétés mécaniques. Cette hypothèse paraît confirmée par de nombreux incidents de deux natures différentes, dont nos ballons furent victimes :

1. Plusieurs ballons furent employés — après réparations — une deuxième, même une troisième fois; quelques-uns nous furent retournés entièrement mouillés, ayant été exposé à la pluie, après l'atterrissement — pendant plusieurs heures — puis emballés tels quels, voire même contenant encore des poches d'eau.

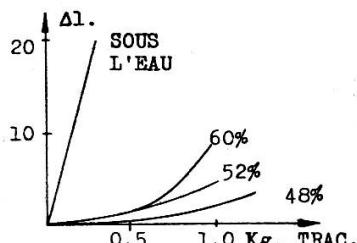


Fig. 15.

<sup>1</sup> L. c., *Kunststoffe*, 19. Jg., 1929, n° 12, p. 273.

Les ballons séchés et réparés montèrent aussi bien et aussi haut que des ballons neufs.

2. A diverses reprises il arriva fortuitement que des ballons furent partiellement recouverts d'eau de pluie pendant 2, 10, 20, 30 h et plus, dans notre garage. Après séchage, ces ballons ne présentèrent aucune défaillance.

D'après Eggert<sup>1</sup>, dans le sens des chaînes, la cellophane non laquée serait bien moins résistante dans l'eau qu'à l'air, mais se dilaterait beaucoup plus.

En admettant que les conditions précédentes soient valables pour nos ballons, pendant un sondage, si — accidentellement — la laque de cellux est détériorée, l'enveloppe en cet endroit perdrait de sa résistance mécanique au moment où l'aérostat traverserait des nuages aqueux ou des zones de pluie. Qualitativement, cette hypothèse fut confirmée par des essais au sol; le cellux est alors très souple mais peu résistant.

#### INFLUENCE DE LA LUMIÈRE.

Sous l'influence de la lumière<sup>2</sup>, déjà après peu de temps, on constate une forte contraction des feuilles de cellulose ne contenant pas de glycérine. Ces feuilles deviennent si sèches, si cassantes qu'elles peuvent se déchirer au moindre effort. Si

TABLEAU 15.

	Traction	Allongement	Traction	Allongement
	parallèles aux chaînes		perpendiculaires aux chaînes	
	kg/mm <sup>2</sup>	%	kg/mm <sup>2</sup>	%
Cellophane 25/1 à l'ombre (0,02) . . .	7,0	8,1	3,4	19,8
Cellophane 25/1 exposée 4 mois au soleil . . . . .	6,7	6,5	3,7	9,8

<sup>1</sup> J. EGGERT, l. c., p. 14-17.

<sup>2</sup> J. EGGERT, l. c., p. 19-22.

l'élasticité de la pellicule est conservée par l'adjonction d'un corps hygroscopique assouplissant (par exemple la glycérine), les feuilles de cellulose sont moins altérées par la lumière. Le tableau 15<sup>1</sup> permet de se rendre compte de cette influence.

De nombreux chimistes ont constaté que la diminution de la résistance mécanique de la cellulose sous l'action de la lumière est due à une oxydation. La lumière en est l'agent principal, l'oxygène ne fait que l'activer. Cette action est modifiée par la présence du gaz qui enveloppe la cellulose<sup>2</sup>. Des échantillons exposés 2 mois au soleil subirent une diminution d'élasticité de:

10% pour l'échantillon baigné dans de l'azote,  
40% pour l'échantillon baigné dans de l'oxygène.

Les courtes radiations du spectre solaire provoquent également la destruction de la cellulose. Il existe des coloris qui, jusqu'à un certain point, peuvent agir sur l'absorption des rayons ultra-violets. Puisque la lumière n'agit que très lentement sur la cellulose, elle ne peut modifier que d'une manière insignifiante les propriétés mécaniques de l'enveloppe de nos ballons au cours d'un sondage; par contre, il est nécessaire de les tenir à l'abri de la lumière et du soleil — de même que les rouleaux de cellux — lorsqu'ils sont emmagasinés.

#### DIFFRACTION DES RAYONS X PAR LE CELLUX.

D'après Hess et Trogus<sup>3</sup>, les interférences des rayons X produites par la cellophane et le transparite sont identiques à celles de la cellulose hydratée. Il y a donc lieu d'admettre que le cellux produit des effets similaires. Dans la cellophane, il y a plus de micelles et elles sont mieux ordonnées dans le sens de l'écoulement que dans les bandes de transparite.

<sup>1</sup> *Kunststoffe*, 19. Jg., 1929, n° 12, p. 273.

<sup>2</sup> BRUGMANN, TURNER, PHILLIPS, Ueber die Einwirkung von Sonnenlicht und Sauerstoff auf Baumwollezellulose. *Cellulosechem.*, 1931, p. 181.

<sup>3</sup> K. HESS und G. TROGUS, Höhere Orientierungen bei Cellulose-materialen. *Naturwiss.*, 18. Jg., 1930, p. 437-441; p. 440, b.

## DESTRUCTION DE LA CELLULOSE.

Puisque le cellux est composé d'une couche de cellulose régénérée, protégée par deux assises de laque, la parole de Pasteur:

« La fermentation est le résultat de la vie sans air »

prend une importance toute particulière pour le matériau de l'enveloppe de nos ballons.

Je n'entrerai pas dans le détail des actions compliquées des microorganismes sur la cellulose et me contenterai de ne citer que quelques faits; le lecteur que cette question intéresse peut se référer aux textes originaux cités en notes; ces citations ne représentent qu'une petite partie de ce qui fut écrit sur cette question, en langue allemande.

La cellulose peut être désagrégée, voire détruite par des microorganismes (bactéries ou myxomycètes); cette destruction a lieu sous l'action de ferments et d'enzymes du groupe carbohydrase qui liquéfient la cellulose. Les myxomycètes les plus actifs sont: le *Merulius lacrymus*, la *Monilia sitophila*, l'*Aspergillus cellulosae* <sup>1 2 3 4</sup>.

V. Iterson <sup>5</sup> a dénombré au moins 35 espèces de champignons qui désagrègent la cellulose.

L'*Aspergillus cellulosae* décompose très rapidement la cellulose régénérée.

La destruction de la cellulose hydratée sous l'action des ferments n'est pas à considérer comme une simple hydrolyse, mais plutôt comme une oxydoréduction catalytique <sup>6</sup>.

<sup>1</sup> R. HARTIG, *Die Zersetzungerscheinungen des Holzes*, 1878, p. 9-142.

<sup>2</sup> Ph. KOHNSTAMM, *Beihefte z. Botan. Zbl.*, 10, 1901, p. 90, cité par Eggert, l. c. p. 22.

<sup>3</sup> WENT, *J. de Bot.*, 36, 1901, p. 611, cité par Eggert, l.c. p. 22.

<sup>4</sup> W. ELLENBERGER, *J. de Bot.*, 96, 1915-16, p. 250, cité par Eggert, l. c. p. 22.

<sup>5</sup> V. ITERSON jun., *Zbl. Bakter. Parasiten-kde.*, II. Abt., Bd. XI, 1904. Die Zersetzung von Cellulose durch aerobe Microorganismen, p. 689-698.

<sup>6</sup> P. KARRER, PRINGSHEIM, THILO, *Studien über den fermentativen*

La cellulose régénérée est hydratée d'autant plus aisément par la cellulase d'escargot que l'acidité du bain employé pour la régénération est plus élevée<sup>1</sup>.

Les bactéries qui attaquent le plus énergiquement la cellulose sont celles du groupe anaérobique.

A cause des microorganismes, la cellulose régénérée traitée par des bains de sels d'ammoniac peut rapidement perdre ses propriétés mécaniques si elle est emmagasinée à l'état humide.

Par traitement chimique, l'action des microorganismes peut être annulée.

Dans un de nos essais, le 7.I.1944, par — 9° C., la rupture quasi simultanée des huit oreillettes d'un de nos ballons — déposé dans notre hangar de bois pendant quelques semaines et ayant été mouillé —, peut éventuellement être expliquée par l'action de microorganismes. Ces oreillettes étaient surdimensionnées ; elles avaient en moyenne 6 cm de large et étaient constituées par deux épaisseurs de cellux collé. Elles pouvaient donc supporter un effort de:  $2 \times 8 (6 + 6) = 192$  kg au minimum et elles se déchirèrent sous un effort de traction de 6,0 kg.

(à suivre)

Abbau von Viskoseseiden. *Cellulosechem.*, Jg. XI, 5, 1930, cité par Eggert, l. c. p. 23.

<sup>1</sup> P. KARRER und SCHUBERT, Ueber das Verhalten verschieden Cellulosen gegen Schneckencellulase. *Helv. Chim. Acta*, 1928, p. 229.

Beitrag z. Kenntnis des Verhaltens v. Viskoseseiden zur Schneckenzellulase. *Ibid.*, 1928, p. 231.

Ueber den enzymatischen Abbau von Viskoseseiden. *Ibid.*, 1927, p. 430-440.