

**CHAMBRE A NUAGE  
A TEMPÉRATURE QUASI-UNIFORME  
POUR ÉTUDES  
SUR LE SEUIL D'ACTION GLAÇOGÈNE**

Par R. MONTMORY,

Laboratoire de Thermodynamique,  
Faculté des Sciences, Clermont-Ferrand.

Un certain nombre d'expériences de laboratoire ont conduit à admettre un seuil d'activité pour chaque produit glaçogène, c'est-à-dire une température maximum pour laquelle apparaissent les premiers cristaux de glace dans un aérosol d'eau surfondue. On peut se demander si, pour une substance donnée, ce seuil d'action est unique c'est-à-dire indépendant des conditions de formation, de granulométrie et de l'« histoire » du nuage et de la substance glaçogène.

Ce problème a peut-être encore plus d'intérêt pour le thermodynamicien que pour le géophysicien, car sa solution éclairerait le mécanisme d'un changement de phase particulièrement important.

On peut se demander par exemple, dans le cas particulier de l'iodure d'argent, si le seuil observé habituellement à  $-4^{\circ}\text{C}$  est absolument indépendant de la granulométrie du nuage, des procédés de dispersion de l'iodure, des circonstances de l'interaction des deux aérosols etc....

Les chambres à nuage actuellement utilisées permettent d'avoir approximativement un seuil d'action, mais semblent ne se prêter qu'à une connaissance sommaire du phénomène.

C'est pour préciser le problème des seuils que nous avons été conduit à construire une nouvelle chambre à nuage dont voici la description.

**Description de la chambre à nuage.** — Nous avons utilisé un conservateur à glace commercial. Le schéma de montage est représenté figure 1.

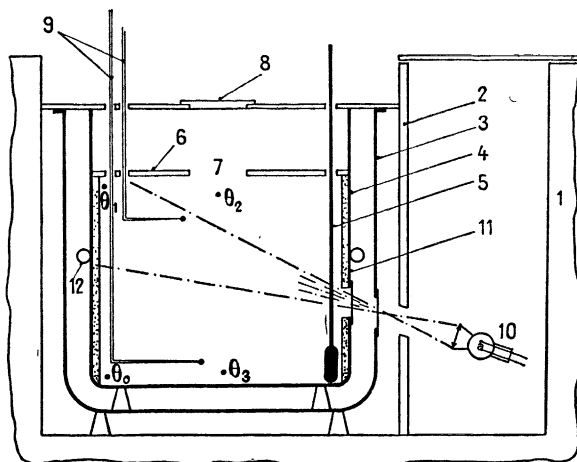


FIG. 1. — Schéma de la chambre à nuage.

La cuve (1) de ce conservateur, de dimensions  $60 \times 40 \times 42 \text{ cm}^3$  est divisée en deux compartiments inégaux par une cloison isolante (2). La chambre à

nuage proprement dite est constituée par deux récipients (3) et (4) en aluminium, de forme cylindrique, de diamètres respectifs 35 et 30 cm, et de hauteurs égales, disposés à la façon d'un calorimètre Berthelot. Une tranche d'air immobilisée entre (3) et (4) régularise la température à l'intérieur du récipient (4). La partie utile de ce dernier est située au-dessous du plateau d'aluminium (6). Les ouvertures de la chambre à nuage sont réduites au minimum : une fenêtre en rhodoïd pour permettre le passage des radiations lumineuses du projecteur (10), une ouverture tubulaire non visible sur le schéma pour l'arrivée de l'aérosol aqueux. La dispersion solide peut être introduite par un petit trou pratiqué dans la fenêtre mobile de plexiglas (8). L'ouverture (7) permet d'examiner les modifications du nuage, et si nécessaire de filmer le déroulement des phénomènes. Un cylindre de feutre noir (11) permet de maintenir une certaine humidité dans la chambre. La température est repérée avec deux thermocouples cuivre-constantan (9) pouvant se déplacer selon un mouvement hélicoïdal. Le thermomètre à contact réglable gradué au  $1/5$  de degré, couplé avec un relai, permet d'amener la température de la chambre à une valeur choisie d'avance et de l'y maintenir approximativement pendant un temps déterminé par l'expérimentateur. Accessoirement, ce thermomètre indique une valeur approchée de la température de la chambre à nuage. L'ensemble a été peint intérieurement en noir mat ; il est très facilement démontable et peut être rendu hermétique.

**Mesure des températures.** — Il faut pouvoir observer ou filmer la transformation du nuage aqueux en un nuage de cristaux de glace tout en contrôlant la température. L'expérience nous a montré qu'il valait mieux rendre automatique l'une des deux observations. C'est l'une des raisons qui nous a incité à supprimer thermomètre, millivoltmètre ou galvanomètre de nos dispositifs expérimentaux. La méthode qui nous a paru le mieux convenir est d'enregistrer les variations de la température en fonction du temps avec un enregistreur électronique Meci Speedomax. Les caractéristiques de cet appareil sont les suivantes :

1° sensibilité réglable depuis 1 mV pour toute l'étendue de l'échelle, ce qui permet d'apprécier facilement une variation de température inférieure au quart de degré ;

2° cadence de mesure très rapide : un point représentatif toutes les quatre secondes ;

3° la résistance des couples thermoélectriques peut atteindre  $6\,000 \Omega$  ce qui permet d'utiliser des fils très fins. Ce dernier point est important car on a intérêt à diminuer le plus possible l'inertie thermique du couple.

**Dispositif d'humidification.** — Pour produire le nuage, nous avons adopté un générateur d'aérosol du type médical. La colonne de pulvérisation Halpern ou Jouan ORL est alimentée par un petit compresseur. Le débit gazeux peut être contrôlé : on peut envoyer un courant d'air dépoussiéré, un courant d'argon ou de tout autre gaz. Il peut aussi être réglé par un robinet débit mètre sur le circuit d'alimentation. En choisissant convenablement la colonne de pulvérisation, on peut dans une certaine mesure imposer une granulométrie au nuage, mais on est limité par les coalescences entre gouttelettes. L'avantage de cet

appareillage est qu'il ne nécessite aucun noyau de condensation — car c'est un procédé de dispersion mécanique — et qu'en prenant certaines précautions on peut éviter tout réchauffement de la chambre.

Le dispositif adopté consiste à envoyer dans la colonne une atmosphère non refroidie et provoquer le refroidissement ultérieur de l'aérosol. Celui-ci circule dans une spirale en cuivre rouge représentée en (12) sur la figure (1). Ce dispositif, non seulement, permet d'envoyer dans la chambre à nuage une atmosphère connue, mais encore parfait l'homogénéité des températures. La chambre peut alors être considérée comme à température uniforme.

**Étude thermique de la chambre à nuage.** — Nous avons enregistré les variations de température de la chambre en fonction du temps, depuis le passage par le point 0 °C jusqu'à — 15°. Les deux couples thermoélectriques (9) étaient distants d'environ 25 cm.

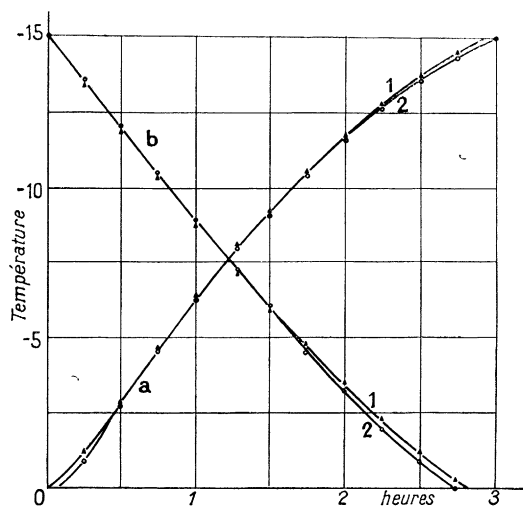


Fig. 2. — ▲ (1) couple thermoélectrique supérieur.  
○ (2) couple thermoélectrique inférieur.

Le graphique 2a reproduit les résultats de cet enregistrement. On constate une très légère inversion de température lorsqu'il y a un écart entre les indications des deux couples thermoélectriques. Le gradient de température suivant la verticale est au maximum de 1/100 de degré par cm. La vitesse moyenne de refroidissement entre 0 °C et — 15 °C est de 5 °C à l'heure.

L'étude du réchauffement de la chambre à nuage à partir de — 15 °C conduit au graphique 2b. La vitesse moyenne de réchauffement est légèrement supérieure à celle du refroidissement — 15° en 2 h 45 mn au lieu de 3 h — ce qui donne environ une variation de 0,05 °C à la minute. On note encore lorsqu'il y a un écart entre les indications des deux thermocouples (toujours inférieur à 0,3 °C) une légère inversion de température. Celle-ci est due au fait que le fond des

conservateurs commerciaux n'est pas réfrigéré par une circulation de fréon, mais seulement calorifugé.

**Étude du gradient de température.** — Pour avoir une précision encore meilleure dans la détermination de la distribution des températures, nous avons remplacé l'enregistrement Meci par un montage potentiométrique permettant d'apprécier 1 μV, c'est-à-dire 2/100 de degré. Un couple thermoélectrique différentiel permet de mesurer l'écart de températures entre deux points, par exemple  $\theta_0$  et  $\theta_1$ , un second couple entre  $\theta_1$  et  $\theta_2$ . Nous avons étudié les variations de  $\Delta\theta_1 = \theta_0 - \theta_1$ ,  $\Delta\theta_2 = \theta_1 - \theta_2$ ... en fonction du temps. Les résultats sont donnés figure 3.  $\Delta\theta_4$  est nul pendant toute la durée des mesures,  $\Delta\theta_1$  est toujours ou nul ou positif, c'est-à-dire qu'il y a tendance à inversion de température.  $\Delta\theta_2$  est toujours négatif ; la variation brusque de  $\Delta\theta_2$  au bout d'une heure est pro-

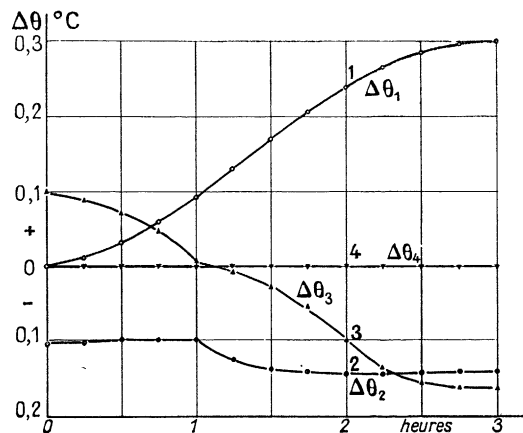


Fig. 3. — Gradient de température en fonction du temps.

voquée par la mise en fonctionnement du projecteur (10).  $\Delta\theta_3$  est suivant le cas, ou positif ou négatif. L'examen du graphique nous montre en outre, d'une part, que l'écart absolu entre deux points de la chambre est au maximum 0,5 °C pour une distance de 30 cm, d'autre part, que l'écart maximum n'est pas nécessairement donné par la différence de température entre deux points situés comme le sont  $\theta_2$  et  $\theta_3$  puisqu'il faut tenir compte de l'influence perturbatrice des ouvertures et parois latérales.

**Conclusion.** — On peut donc, avec une telle chambre à nuage, espérer définir un seuil d'action glaçogène, dans des conditions expérimentales bien déterminées, avec une précision que l'on estime à  $\pm 0,25$  °C. Cette chambre semble avoir pour nouveautés un très faible gradient de température, une évolution très lente des températures au cours du temps et un procédé d'humidification qui ne perturbe pas son homogénéité.

Lettre reçue le 14 avril 1957.