

**Zeitschrift:** Archives des sciences physiques et naturelles  
**Herausgeber:** Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève  
**Band:** 29 (1947)

**Artikel:** Conséquences immédiates de l'absorption et de l'émission de l'énergie calorique dans l'atmosphère  
**Autor:** adež, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-742256>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 14.03.2025

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

CONSÉQUENCES IMMÉDIATES DE  
**L'ABSORPTION ET DE L'ÉMISSION**  
**DE L'ÉNERGIE CALORIQUE**  
DANS L'ATMOSPHERE

PAR

**M. ČADEŽ**

(Avec 2 fig.)

---

C'est avant tout du soleil que notre atmosphère reçoit l'énergie nécessaire au maintien d'une quantité de phénomènes météorologiques qui s'y produisent. L'énergie calorifique du soleil se transforme dans l'atmosphère en différentes sortes d'autres énergies, entre autres en une diminution de chaleur, c'est-à-dire en énergie qui sans cesse rayonne de notre planète dans l'univers en rayons calorifiques à ondes longues.

L'énergie calorifique est celle qui donne la vie à l'atmosphère; c'est pourquoi la première question que nous devons nous poser, si nous voulons connaître tout le fonctionnement du mécanisme météorologique, est celle de la transformation dans l'atmosphère de l'énergie calorifique en d'autres sortes d'énergie.

Il s'agit de connaître les conséquences immédiates que nous pouvons observer pendant que l'air absorbe ou émet une quantité de chaleur définie et suffisamment faible à un endroit quelconque de l'atmosphère.

Pendant que l'air absorbe dans une atmosphère tranquille une quantité déterminée de chaleur, il se réchauffe. En même temps l'air ainsi chauffé et dont l'entropie a été augmentée par suite de l'afflux de chaleur, augmente de volume; ce faisant il repousse les couches d'air environnantes. L'air environnant doit donc se serrer dans un espace plus petit, ainsi une condensation (impulsion) apparaît autour de l'air réchauffé (fig. 1);

immédiatement après sa formation, elle se répand dans l'atmosphère élastique avec la vitesse de propagation des impulsions (c'est-à-dire avec la vitesse du son) tout autour de son lieu de formation (fig. 2).

Nous observerions un phénomène semblable si l'atmosphère émettait une certaine quantité d'énergie calorifique. Dans le

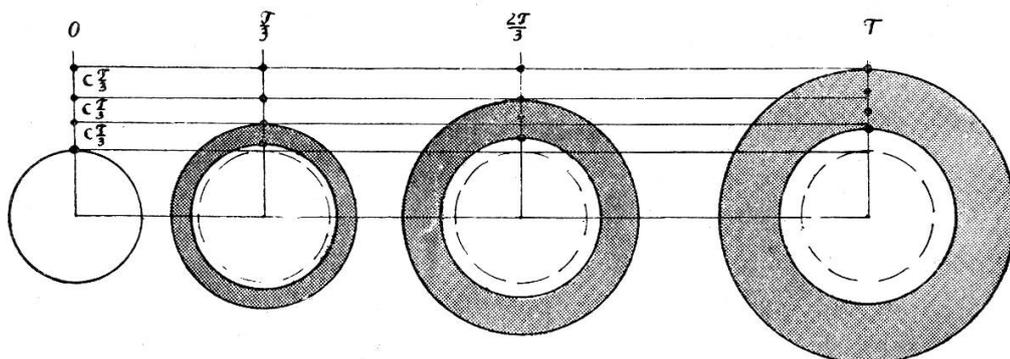


Fig. 1

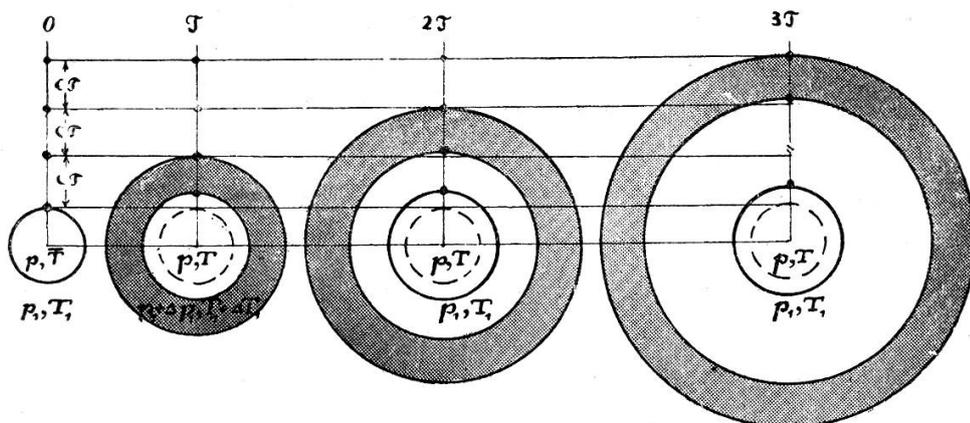


Fig. 2.

cas d'une émission, l'air se refroidirait, par là son entropie diminuerait, et parallèlement son volume diminuerait également. Comme conséquence de ce resserrement, une impulsion sous forme de dilatation apparaîtrait tout autour de l'air ainsi refroidi. Et de même que la compression précédente, la dilatation, immédiatement après sa formation, se propagerait avec la vitesse du son autour du lieu de sa formation.

Dans une atmosphère calme donc, des condensations se forment pendant l'afflux de chaleur autour des centres de con-

fluence, mais lors de la diffusion de la chaleur des dilatations se produisent autour des centres de diffusion. Les premières sont dues à la compression (adiabatique) ce qui fait que l'air compris à un moment donné dans la condensation contient *plus* d'énergie qu'il n'en avait au moment où il n'y avait pas encore de condensation à cet endroit. Au contraire, l'air compris à un moment donné dans la dilatation possède *moins* d'énergie qu'il n'en avait au moment où cette zone de dilatation n'existait pas encore à cet endroit; en effet, elle avait été provoquée par la dilatation (adiabatique). Nous qualifierons cette *différence* d'énergie de l'air, qui est toujours positive dans les condensations et toujours négative dans les dilatations, *d'énergie ondulatoire ou impulsive*.

Si nous considérons notre atmosphère, nous reconnaissons que les afflux et les émissions de chaleur se font dans les conditions les plus variées. Ainsi pendant l'afflux et la diffusion de la chaleur nous avons souvent une transformation de la pression atmosphérique (par exemple l'air qui absorbe ou émet de la chaleur s'élève), ou de la masse d'air (par exemple lors de l'évaporation ou de la condensation de l'eau) ou des deux; tout cela influe sur le volume qui a absorbé ou émis la chaleur et par là sur l'importance de l'énergie ondulatoire qui se montre autour de ce volume changé. Il n'est évidemment pas nécessaire que toutes ces transformations soient dans un rapport quelconque avec l'énergie calorifique reçue ou donnée! Il va de soi que d'autres rapports peuvent exister, par exemple la relation bien connue entre la chaleur de condensation latente au moment où elle se libère et la transformation simultanée des vapeurs aqueuses en état liquide ou solide (diminution de la masse d'air).

Nous reconnaissons que pendant l'afflux ou la diffusion de la chaleur, le volume de l'air qui a reçu ou émis de la chaleur peut varier en général dans les trois conditions suivantes:

1. Par suite de la variation de l'énergie interne, provoquée par l'afflux ou le départ de chaleur et qui apparaît en rapport avec la transformation simultanée de l'entropie;
2. Par suite de la variation de la pression atmosphérique et
3. Par suite de la variation de la masse.

En relation avec la transformation subie par le volume d'air, une condensation ou une dilatation se fait autour de cet air, et nous nous proposons d'en calculer l'énergie ondulatoire. Afin d'arriver à des résultats généraux nous allons calculer tous les trois facteurs possibles.

Selon la première loi de la théorie de la chaleur :

$$dQ = mc_v dT + pdv \quad (1)$$

où  $dQ$  signifie la quantité de chaleur absorbée par la masse d'air  $m$ ,  $mc_v dT$  la variation d'énergie interne qui apparaît alors, et  $pdv$  le travail fourni par l'air pendant qu'il se détend à un volume plus grand ( $c_v$  est la chaleur spécifique de l'air  $m$  à volume constant,  $dT$  et  $dv$  la variation respective de la température  $T$  et du volume  $v$ , qui apparaît pendant l'afflux de chaleur;  $p$  est la pression extérieure, égale à la pression intérieure).

Nous aurions pu nous servir de la formule ci-dessus également pour expliquer les phénomènes qui se produisent là où la masse d'air  $m$  se transforme par suite d'un changement partiel de l'état d'agrégation de l'eau qui s'y trouve. Pour de tels exemples (pour les mouvements adiabatiques humides (« feuchtadiabatisch ») de l'air) les formules obtenues ne seraient qu'approximatives; cela se comprend car nous devrions encore prendre en considération la variation de l'énergie interne et du volume de l'eau à l'état liquide ou solide qui se trouve dans l'air de masse  $m$ . Toutes ces influences sont très faibles [1]<sup>1</sup> et sans importance pour une évaluation première de l'influence des diverses énergies ondulatoires sur les phénomènes météorologiques.

En partant de l'équation de l'état statique

$$\frac{pv}{m} = RT \quad \left( R \text{ constante du gaz, } \frac{m}{v} = \rho \text{ densité} \right), \quad (2)$$

nous obtenons par dérivation logarithmique, si nous prenons en considération que  $R$  change aussi par exemple à cause du changement de l'humidité spécifique entre l'élévation ou l'abaissement adiabatique humide de l'air :

$$\frac{dp}{p} + \frac{dv}{v} = \frac{dm}{m} + \frac{dT}{T} + \frac{dR}{R}. \quad (3)$$

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets se rapportent à la Bibliographie (*in fine*).

Si nous introduisons dans (1) la variation  $d\nu$  tirée de (3), et si nous considérons (2) ainsi que le rapport bien connu :

$$R = c_p - c_v \quad (4)$$

( $c_p$  chaleur spécifique de l'air à pression constante), nous obtenons pour la variation de température :

$$dT = \frac{1}{mc_p} \left[ dQ + \nu dp - p\nu \left( \frac{dm}{m} + \frac{dR}{R} \right) \right]; \quad (5)$$

de là et de (3), si nous considérons à nouveau (2) et (4), nous obtenons pour le travail effectué pour déplacer l'air

$$pd\nu = \frac{k-1}{k} \left[ dQ + mc_v T \left( \frac{dm}{m} - \frac{dp}{p} + \frac{dR}{R} \right) \right], \quad (6)$$

où  $k$  signifie le quotient bien connu

$$k = \frac{c_p}{c_v}. \quad (7)$$

Si nous prenons  $dT$  de (5) dans  $mc_v dT$ , nous obtenons d'une manière semblable pour la variation de l'énergie interne de la masse  $m$  :

$$dN_m = mc_v dT = \frac{1}{k} dQ - \frac{k-1}{k} mc_v T \left( \frac{dm}{m} - \frac{dp}{p} + \frac{dR}{R} \right). \quad (8)$$

Si le travail fourni  $pd\nu$  est positif, une condensation apparaît autour de l'air observé, au moment où cet air de masse  $m$  absorbe de la chaleur ( $dQ$ ). La condensation ainsi produite renferme immédiatement après sa formation autant d'énergie ondulatoire qu'il a fallu fournir de travail pour sa formation; ceci n'est vrai que si l'entropie de l'air environnant ne change pas par suite de sa formation et de son augmentation (si elle augmente adiabatiquement).

Nous savons en effet [2] que le travail nécessaire à la compression adiabatique du gaz (si nous négligeons ici les transformations éventuelles sans importance de l'énergie cinétique et

potentielle, qui peuvent être directement en rapport avec la compression) est égal à l'augmentation de l'énergie interne du gaz comprimé. Ainsi donc l'air environnant s'étant comprimé de manière isentropique et par là aussi adiabatique, l'atmosphère environnante a reçu par l'énergie ondulatoire  $dV$  autant en énergie interne  $dN_e$  que l'air observé a dû fournir de travail pendant que son volume augmentait de  $d\nu$  sous la pression  $p$ ; donc

$$\boxed{dN_e = dV = pd\nu} \quad (9)$$

Toutes les formules précédentes valent également pour les émissions de chaleur ( $dQ < 0$ ) et la valeur  $pd\nu$  est tantôt positive tantôt négative. Elle est négative lorsque le volume de l'air observé de masse  $m$  *diminue* pendant la réception ou l'émission de la chaleur. Dans ce cas une dilatation apparaît autour de cet air, ce qui fait que l'énergie interne de l'air environnant diminue (dilatation adiabatique de l'air environnant) et l'énergie ondulatoire de la dilatation est négative.

Des formules (6), (8) et (9) il ressort entre autre ce qui suit: Si une masse d'air quelconque de l'atmosphère absorbe (émet) une quantité d'énergie calorifique  $dQ$ , la pression et la quantité de l'air restant constantes, cette masse d'air voit son énergie interne augmenter (diminuer) de  $\frac{1}{k}dQ$ , ce qui représente 71% de la quantité de chaleur absorbée (émise). Une compression (dilatation) apparaît alors autour de l'air, laquelle renferme, si elle se propage de manière adiabatique, immédiatement après sa formation,  $\frac{k-1}{k}dQ$  d'énergie (négative) ondulatoire (29%).

Je dois mentionner qu'en météorologie le travail fourni  $pd\nu$  n'est pas interprété de la manière vue ci-dessus [3]. Partout où cela est possible on essaye d'éliminer cette partie des équations. Ainsi, par exemple, F. MÖLLER [4] dit: « Dans les appréciations météorologiques on ne voit pas de bon œil la séparation de l'absorption de la chaleur dans la partie seulement qui provoque une augmentation de la température et dans la partie qui fournit le travail... » c'est-à-dire dans les deux parties étudiées, qui seules sont naturelles.

Nous pourrions d'une manière semblable expliquer le travail fourni par un corps ou le milieu environnant pendant qu'il augmente de volume.

Après avoir absorbé ou émis des rayons calorifiques, et après condensation ou évaporation, l'air de l'atmosphère reçoit et donne sans cesse de l'énergie calorifique. Des compressions ou des dilatations de la masse d'air se forment alors autour d'une masse donnée quelconque d'air réchauffé ou refroidi; là se passe une bonne partie de la transformation d'énergie, provoquée par la réception ou l'émission de la chaleur. On comprend donc que notre première tâche consiste à considérer de près les propriétés des impulsions et des énergies ondulatoires qui y sont contenues, de rechercher ensuite comment et dans quelle mesure cette énergie ondulatoire se transforme dans l'atmosphère en d'autres sortes d'énergies et quels effets nous observons dans l'atmosphère par suite de ces transformations.

Il s'agit donc de deux choses: premièrement d'examiner toutes les conséquences dans l'atmosphère qui sont en rapport avec la variation de l'état calorifique de l'air dont l'entropie a changé à cause de la chaleur reçue ou donnée; deuxièmement d'examiner toutes les conséquences dans l'atmosphère qui sont en rapport avec l'impulsion qui apparaît en même temps.

Faire des recherches dans cette direction est la tâche que je me suis donnée, elle m'a conduit à des résultats surprenants

#### BIBLIOGRAPHIE

1. KOSCHMIEDER, H., *Dynamische Meteorologie*, 1939, page 82.
2. ——— *l. c.*, page 65.
3. HANN-SÜRING, *Lehrbuch der Meteorologie*. — EXNER, F.-M., *Dynamische Meteorologie*, 1925. — BJERKNES, V., BJERKNES, J., SOLBERG, H., BERGERON, T., *Physikalische Hydrodynamik*, 1933. — KOSCHMIEDER, H., *l. c.* — WEGENER, A. et K., *Vorlesungen über Physik der Atmosphäre*, 1935. — ERTEL, H., *Methoden und Probleme der dynamischen Meteorologie*, 1938. — CHROMOV, S.-P., *Einführung in die synoptische Wetteranalyse*, 1940.
4. MÖLLER, F., *Pseudopotentielle und äquivalentpotentielle Temperatur*, *Meteorologische Zeitschrift*, 1939, page 1.