

**Zeitschrift:** L'Enseignement Mathématique  
**Herausgeber:** Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique  
**Band:** 27 (1928)  
**Heft:** 1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

**Artikel:** ROTATIONNEL ET FORMULE DE STOKES  
**Autor:** Bouligand, Georges / Roussel, André  
**Kapitel:** 5. — Conditions de validité de la formule (3).  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-21866>

#### 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:** 16.01.2026

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

d'ensembles de sphères dont les centres formeront des ensembles désignés par

$$e_1, e_2, \dots e_k, \dots$$

L'ensemble  $e_k$  contient tous les  $e_i$  d'indices  $i < k$ . L'ensemble  $e_\infty$  formé de tous les points des  $e_k$  est dénombrable et *partout dense*.

Soit maintenant la fonction  $J_k(M)$  définie dans les sphères de  $E_k$  de la manière suivante: dans chaque sphère dont le volume est  $\nu$ , nous lui attribuons la valeur constante  $\frac{\nu'}{\nu}$ . Cette fonction est partout définie dans  $V$ , sauf sur un ensemble de mesure nulle où nous pouvons la prendre égale à  $J(M)$ . L'intégrale de la fonction ainsi construite a évidemment pour valeur le volume  $V'$ , quelque soit  $k$ . Donc, lorsque  $k$  croît indéfiniment, elle tend vers une limite égale à  $V'$ . Or, *en vertu de la continuité de  $J(M)$* , les fonctions  $J_k(M)$  qui sont bornées d'après  $d)$  tendent vers  $J(M)$  dans tout  $V$  lorsque  $k$  croît indéfiniment. La formule (3) apparaît alors comme une conséquence immédiate de ce théorème classique de Lebesgue: *l'intégrale de la limite dans le champ des fonctions bornées est égale à la limite de l'intégrale*.

Notons que le raisonnement présenté sous cette forme ne peut se passer de l'hypothèse de la continuité de  $J(M)$ : l'ensemble sur lequel nous savons d'une manière immédiate (c'est-à-dire sans invoquer la continuité) que  $J_k(M)$  tend vers  $J(M)$  se compose de l'ensemble dénombrable  $e_\infty$  et d'une suite dénombrable d'ensembles de mesure nulle omis à chaque application de ce lemme. La limite n'est donc assurée sans la continuité que sur un ensemble de mesure nulle. Mais, si l'on fait l'hypothèse de la continuité, entraînant l'uniforme continuité, on voit aisément que cette limite est partout assurée.

### 5. — *Conditions de validité de la formule (3).*

Le champ de validité de la formule (3) est en réalité beaucoup plus large que le champ défini par les hypothèses  $a, b, c, d, e$ . Cette formule subsiste en réalité dans les conditions les plus générales pour lesquelles le second membre a un sens, c'est-à-dire lorsque la fonction  $J(M)$  existe et est sommable. La dé-

monstration conduit alors à considérer l'intégrale du second membre de (3) comme une fonction additive et absolument continue de l'ensemble V des points auxquels on l'étend. Dans ces conditions, la différence:

$$V' - \int_V J(M) d\omega_M$$

est aussi une fonction additive et absolument continue, dont la dérivée sphérique centrée est partout nulle. Le problème consiste à en déduire que cette fonction est nulle. Pour les éléments de la solution voir Lebesgue, Ann. Ec. Norm. 1910, et de La Vallée-Poussin, Intégrale de Lebesgue, fonctions d'ensembles, classes de Baire, chap. IV.

### 6. Conséquences de la formule (3).

Reprendons nos hypothèses simplificatrices de la continuité de  $J(M)$ ; on déduit qu'il y aura nécessairement dans tout volume V des points où  $J(M)$  sera égale à  $\frac{V'}{V}$  (résultat signalé par Darboux, dans des conditions plus particulières, et comparable à la formule des accroissements finis, dans le champ des fonctions monotones à dérivée continue). De ce fait, il résulte que la limite du rapport de deux volumes correspondants est  $J(M)$  lorsque le premier de ces volumes est infiniment voisin de M (sans plus).

Il n'y a alors aucune difficulté à déduire de ces résultats le théorème général de variance d'une intégrale multiple:

$$\int_{V'} g(P) d\omega_P = \int_V g(\mathcal{C}(M)) J(M) d\omega_M \quad (4)$$

théorème qui d'ailleurs a une signification physique intuitive et exprime la conservation de la masse par élément; lorsqu'on désigne par  $f(M)$  la densité de la matière qui existe au point M du volume V, par  $g(P)$  la densité qui régnera après la déformation, au point P correspondant de  $V'$ , on aura nécessairement:

$$f(M) d\omega_M = g(P) d\omega_P$$