

**Zeitschrift:** L'Enseignement Mathématique  
**Herausgeber:** Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique  
**Band:** 3 (1957)  
**Heft:** 1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

**Artikel:** SUR LES FORMULES D'INTÉGRATION DE L'ANALYSE VECTORIELLE  
**Autor:** Kervaire, Michel A.  
**Kapitel:** 4. Remarques et conventions de calcul.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-33741>

### **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:** 18.04.2026

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

toute valeur de l'argument dans un domaine fixé, on peut dire qu'un morceau de courbe est une application continûment différentiable du segment unité dans l'espace (vectoriel).

Une *courbe* est une combinaison linéaire finie de morceaux de courbe à coefficients entiers. Notation:  $C = n_1 C_1 + n_2 C_2 + \dots + n_k C_k$ , où  $C_1, \dots, C_k$  sont des morceaux et  $n_1, \dots, n_k$  des entiers. Une courbe est un objet algébrique: on peut additionner et soustraire des courbes en formant la somme ou la différence des combinaisons linéaires qui les définissent (les courbes forment un groupe abélien libre). Exemple: Soient  $C_1, C_2, C_3$  des morceaux;  $C_1 + 3C_2, C_2 - 2C_3$  sont des courbes dont la différence est  $C_1 + 2C_2 + 2C_3$  (on écrit  $-C$  au lieu de  $(-1)C$  pour simplifier les notations).

Les définitions sont analogues pour surfaces et volumes: un *morceau de surface* est une application continûment différentiable du carré unité dans l'espace, c'est-à-dire un vecteur  $\mathbf{r}(u, \nu)$  fonction de deux paramètres  $u$  et  $\nu$  défini pour  $0 \leq u \leq 1, 0 \leq \nu \leq 1$ , tel que les dérivées partielles  $\mathbf{r}_u$  et  $\mathbf{r}_\nu$  existent et soient continues pour toutes valeurs de  $u$  et  $\nu$  dans les limites assignées. Une *surface* est par définition une combinaison linéaire finie à coefficients entiers de morceaux. Notation:  $S = n_1 S_1 + n_2 S_2 + \dots + n_k S_k$ , où les  $S_1, \dots, S_k$  sont des morceaux et  $n_1, \dots, n_k$  des entiers.

Un *morceau de volume* est une application différentiable du cube unité dans l'espace. Un *volume* est une combinaison linéaire finie à coefficients entiers de morceaux de volume.

#### 4. REMARQUES ET CONVENTIONS DE CALCUL.

On n'exige pas que les applications  $\mathbf{r}(t), \mathbf{r}(u, \nu)$  ou  $\mathbf{r}(u_1, u_2, u_3)$  soient biunivoques. En fait, on n'a même pas exigé que les dérivées partielles soient linéairement indépendantes. Un exemple extrême est celui où l'une des dérivées partielles est identiquement nulle.

On dira que le morceau de courbe  $C$ , représenté par  $\mathbf{r}(t)$ ,  $0 \leq t \leq 1$  est *dégénéré*, si  $\mathbf{r}'$  (la dérivée par rapport à  $t$ ) est identiquement nulle (dans l'intervalle de définition  $0 \leq t \leq 1$ ). De même, le morceau de surface  $S$ , donné par  $\mathbf{r}(u, \nu)$ ,  $0 \leq u, \nu \leq 1$

sera dit *dégénéré* si l'une des dérivées partielles  $\mathbf{r}_u$  ou  $\mathbf{r}_v$  (ou les deux) s'annule identiquement. On a une définition similaire pour un morceau de volume  $V$ , représenté par  $\mathbf{r}(u_1, u_2, u_3)$  qui sera dit *dégénéré* si l'une au moins des dérivées partielles  $\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2, \mathbf{r}_3$  est identiquement nulle.

*On convient, dans le calcul avec les courbes, surfaces ou volumes, de ne pas distinguer entre éléments qui ne diffèrent que par une combinaison linéaire de morceaux dégénérés* (par élément, nous entendons courbe, surface ou volume suivant le cas). Par exemple, si  $S_1$  et  $S_2$  sont deux morceaux dégénérés, on écrira  $2S_1 + S_2 - S_3 = -S_3$  (« on néglige les éléments dégénérés » est une forme souple pour l'expression rigoureuse : on passe dans le groupe quotient modulo le sous-groupe engendré par les éléments dégénérés).

#### 5. BORD ALGÈBRIQUE D'UNE SURFACE, D'UN VOLUME.

Le bord d'une surface sera une courbe (surface et courbe étant pris au sens des paragraphes précédents). Soit  $S$  une surface, on notera  $bS$  son bord <sup>4</sup>. On exige que le bord soit linéaire, i.e. si  $S_1 = n_1 S_1 + n_2 S_2$  (au sens de l'addition des surfaces), on exige que  $bS = n_1 bS_1 + n_2 bS_2$  (au sens de l'addition des courbes). Grâce à la linéarité <sup>5</sup>, pour définir le bord d'une surface quelconque, il suffit de définir le bord d'un morceau de surface. Soit  $\mathbf{r}(u, v)$  un tel morceau ( $0 \leq u \leq 1, 0 \leq v \leq 1$ ), disons  $S$ . Il s'agit de définir  $bS$ . Soient  $C_i, i = 1, 2, 3, 4$  les courbes définies par les fonctions  $\mathbf{r}_i(t)$  suivantes :

$$\mathbf{r}_1(t) = \mathbf{r}(1, t), \quad \mathbf{r}_2(t) = \mathbf{r}(0, t), \quad \mathbf{r}_3(t) = \mathbf{r}(t, 1), \quad \mathbf{r}_4(t) = \mathbf{r}(t, 0) \quad (5.1)$$

(ce sont bien des morceaux de courbe car  $t$  varie dans le bon intervalle et les dérivées premières sont continues). On pose, par définition

$$bS = C_1 - C_2 - C_3 + C_4 \quad (5.2)$$

(où  $-C$  est mis pour  $(-1)C$ ).

<sup>4</sup> La notation usuelle (en topologie algébrique) est  $\partial S$ .

<sup>5</sup> On vérifiera que le bord d'un élément dégénéré est dégénéré. Ceci nous garantit que l'exigence de la linéarité n'est pas en contradiction avec la convention de négliger les éléments dégénérés.