

Zeitschrift: L'Enseignement Mathématique
Herausgeber: Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique
Band: 14 (1912)
Heft: 1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

Artikel: DÉFINITION DES FONCTIONS TRIGONOMÉTRIQUES PAR LEUR THÉORÈME D'ADDITION
Autor: Schuepp, H.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-14290>

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: 23.01.2026

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

($\mathbf{a} \wedge \nabla$ est un nouvel *opérateur symbolique*!); elles correspondent, avec nos notations, aux

$$-\operatorname{div} \mathbf{b} \cdot \mathbf{a} + \frac{d\mathbf{b}}{dP} \mathbf{a}, \quad -\operatorname{div} \mathbf{b} \cdot \mathbf{a} + K \frac{d\mathbf{b}}{dP} \mathbf{a}.$$

Il est bien entendu que M. JAUMANN obtient tout cela avec les coordonnées et ensuite ses opérateurs symboliques font ressembler ses formules à de véritables hiéroglyphes égyptiens. Il n'y a rien d'absolu et de concret dans ces opérateurs; rien qui soit pratique et qui réponde aux idées logiques précises de l'œuvre magistrale de HAMILTON.

Ces opérateurs symboliques, semblables à ceux dont GIBBS et ses élèves font un si large usage, sont donc inutiles et ils ont beaucoup retardé le développement logique du calcul vectoriel. Nous espérons l'avoir démontré, d'après ce que nous avons dit.

C. BURALI-FORTI (Turin) et R. MARCOLONGO (Naples).

DÉFINITION DES FONCTIONS TRIGONOMÉTRIQUES PAR LEUR THÉORÈME D'ADDITION

M. OSGOOD, dans son livre sur la Théorie des fonctions¹, démontre que toutes les fonctions, possédant un théorème d'addition analogue à celui du sin, et cos, sont, au fond, identiques à ces fonctions. La démonstration d'Osgood n'est pas très simple et conduit finalement à l'équation différentielle $y'' + y = 0$. La démonstration peut être simplifiée et comme l'exposé suivant ne suppose rien de l'analyse supérieure, cette détermination des fonctions trigonométriques par une équation fonctionnelle pourrait être accessible à l'enseignement secondaire (dans un exposé un peu serré).

Osgood établit d'une façon élémentaire, au début de son exposé, que la continuité en un point entraîne la continuité en tout point. Nous ferons donc à priori les hypothèses suivantes, qui n'impliquent aucune restriction.

¹ *Lehrbuch der Funktionentheorie*, tome I, page 510 et suivantes.

Soient $S(x)$ et $C(x)$ 2 fonctions définies et continues, satisfaisant aux équations fonctionnelles :

$$(1) \quad \begin{cases} S(x+y) = S(x) \cdot C(y) + C(x) \cdot S(y) \\ C(x+y) = C(x) \cdot C(y) - S(x) \cdot S(y) \end{cases}$$

$$(2) \quad S(-x) = -S(x), \quad C(-x) = C(x).$$

De (2) résulte pour $x = 0$

$$(3) \quad S(0) = 0.$$

D'où, d'après (1)

$$C(0) = C^2(0);$$

on aura donc soit

$$C(0) = 0 \quad \text{ou} \quad C(0) = 1.$$

La 1^{re} valeur donne, en faisant $y = 0$ dans (1) comme solution du problème

$$S(x) = 0, \quad C(x) = 0.$$

Nous ne considérerons donc dans la suite que le cas

$$(4) \quad C(0) = 1.$$

De la 2^{me} équation (1) résulte, pour $y = -x$, et d'après (2)

$$(5) \quad 1 = C^2(x) + S^2(x).$$

Les valeurs des fonctions sont donc comprises entre -1 et $+1$.

On déduit, ensuite, exactement comme en trigonométrie les formules

$$(6) \quad 2C^2\left(\frac{x}{2}\right) = 1 + C(x) \quad \text{et} \quad 2S^2\left(\frac{x}{2}\right) = 1 - C(x).$$

Si $x = p$ est un zéro de $S(x)$, $x = np$ est aussi un zéro; car de (1) résulte pour $y = p$ et $x = p, 2p, 3p, \dots$ successivement :

$$S(2p) = 0 \quad S(3p) = 0, \dots \quad S(np) = 0, \dots$$

On peut donc déterminer un intervalle $0 < x \leq \varepsilon$, ne renfermant aucun zéro; car, sinon, ε étant pris aussi petit qu'on le désire, les zéros de $S(x)$ s'accumuleraient partout et $S(x)$ serait identiquement 0¹.

¹ La marche suivie jusqu'ici est aussi celle d'Osgood.

A cause de la continuité, le signe de $S(x)$ reste constant dans l'intervalle.

De plus, à cause de (4) et de la continuité de $C(x)$, on peut choisir ϵ suffisamment petit pour que $C(x)$ reste toujours positif dans l'intervalle.

Soit a un point quelconque de l'intervalle $S(a)$ la valeur correspondante de $S(x)$.

Puisque $|S(a)| < 1$, on peut déterminer un angle α , $-\frac{\pi}{2} < \alpha < +\frac{\pi}{2}$, tel que

$$S(a) = \sin \alpha .$$

D'après (5), et puisque $C(a) > 0$,

$$C(a) = +\sqrt{1 - \sin^2 \alpha} = \cos \alpha .$$

De (6) résulte, puisque $S(x)$ conserve dans tout l'intervalle le signe de $\sin \alpha$ et que $C(x)$ reste positif,

$$S\left(\frac{a}{2}\right) = \pm \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}} = + \sin \frac{\alpha}{2} ,$$

et, par répétition, pour un entier positif

$$S\left(\frac{a}{2^m}\right) = \sin\left(\frac{\alpha}{2^m}\right) \quad \text{et également} \quad C\left(\frac{a}{2^m}\right) = \cos\left(\frac{\alpha}{2^m}\right) .$$

Si l'on emploie successivement les équations (1) pour

$$y = \frac{a}{2^m} , \quad x = \frac{a}{2^m} , \quad \frac{2a}{2^m} , \quad \dots , \quad \frac{(n-1)a}{2^m} ,$$

on obtient

$$S\left(\frac{n}{2^m} a\right) = \sin\left(\frac{n}{2^m} \alpha\right) \quad C\left(\frac{n}{2^m} a\right) = \cos\left(\frac{n}{2^m} \alpha\right)$$

Les points $\frac{n}{2^m}$ sont partout denses. A cause de la continuité, on a donc pour tout p positif,

$$S(p \cdot a) = \sin(p \cdot \alpha) , \quad C(p \cdot a) = \cos(p \cdot \alpha) ,$$

et comme les fonctions $S(x)$ et $\sin(x)$, $C(x)$ et $\cos(x)$ sont en même temps paires ou impaires, les relations sont vraies encore si p est négatif.

En faisant enfin

$$pa = x, \quad \frac{x}{a} = \mu$$

on a, pour tout x ,

$$(7) \quad S(x) = \sin(\mu x) \quad C(x) = \cos(\mu x).$$

Une vérification montre que cette forme des fonctions cherchées est non seulement nécessaire, mais encore que toute valeur de μ fournit une solution.

La méthode s'applique aussi à la fonction $\operatorname{tg}(x)$.

H. SCHUEPP (Zurich).

(Traduction de M. F. LÉVY, Genève.)

NOUVEAU PROCÉDÉ POUR LE DÉVELOPPEMENT DES FRACTIONS DÉCIMALES PÉRIODIQUES SIMPLES

I. — On sait qu'une fraction proprement dite $\frac{R_0}{N}$ à dénominateur N premier relativement à 10, fournit un développement décimal purement périodique. On l'obtient par division décimale de R_0 par N . Nous indiquons, dans ce qui suit, un procédé beaucoup plus simple, qui n'a pas été signalé jusqu'ici, bien qu'il soit élémentaire. Il s'appuie uniquement sur l'addition et la multiplication, il est donc, quant au degré des opérations utilisées, plus simple que le procédé habituel.

Nous supposons le dénominateur N de la forme $10m - 1$, ceci sans nuire à la généralité, car dans les 3 autres possibilités $10m + 1$, $10m + 3$, $10m - 3$, on peut passer à la forme choisie, en multipliant haut et bas par 9, 3 ou 7.

Les équations suivantes traduisent le procédé usité par division :

$$(1) \quad \left\{ \begin{array}{l} 10R_0 = N \cdot y_1 + R_1, \\ 10R_1 = N \cdot y_2 + R_2, \\ \dots\dots\dots \\ 10R_{k-1} = N \cdot y_k + R_k, \end{array} \right. \quad k = (1, 2, 3 \dots)$$