

Zeitschrift: L'Enseignement Mathématique
Herausgeber: Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique
Band: 15 (1969)
Heft: 1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

Artikel: ENTIERS ALGÈBRIQUES POLYGONES ET POLYÈDRES RÉGULIERS
Autor: PÓLYA, G.
Kapitel: I. Entiers algébriques
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-43224>

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: 03.07.2025

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

ENTIERS ALGÈBRIQUES POLYGONES ET POLYÈDRES RÉGULIERS

G. PÓLYA

A la mémoire de J. Karamata

On pourrait dire que l'objet de la science est de voir le principe général dans les cas particuliers et les cas particuliers dans le principe général. En tout cas il y a un précepte pédagogique qui me paraît évident: L'introduction d'une notion générale doit être précédée par des cas particuliers qui la suggèrent et suivie par des cas particuliers qui l'illustrent en montrant l'utilité. Mais ce précepte de sens commun est, malheureusement, souvent négligé aujourd'hui: Le professeur ne parle que de notions générales que l'élève critique doit trouver vides de contenu et d'intérêt. Descartes a observé que le sens commun est, en effet, chose peu commune — hélas, cela paraît être le cas encore aujourd'hui.

Le but de cet article est d'illustrer la théorie des entiers algébriques par des applications qui ne présupposent que les rudiments de la théorie. L'intérêt de la proposition du n° 1.2 sera montré par les conséquences qu'on peut en tirer; voir les propositions des n°s 2.2 et 2.3 sur les polygones réguliers et celle du n° 3.6 sur les polyèdres réguliers.

I. ENTIERS ALGÈBRIQUES

1.1. Un entier algébrique α est, par définition, un nombre réel ou complexe satisfaisant une équation de la forme

$$\alpha^n + a_1 \alpha^{n-1} + a_2 \alpha^{n-2} + \dots + a_{n-1} \alpha + a_n = 0$$

où $a_1, a_2, \dots, a_{n-1}, a_n$ sont des entiers ordinaires. Nous supposons connues quelques propriétés élémentaires des entiers ordinaires ou rationnels

$$\dots, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots$$

et nous utiliserons deux faits concernant les entiers algébriques:

Si α et β sont des entiers algébriques

$$\alpha + \beta, \quad \alpha - \beta \quad \text{et} \quad \alpha\beta$$

seront aussi des entiers algébriques.

Un entier algébrique qui est un nombre rationnel est nécessairement un entier ordinaire.

1.2. *Si les nombres*

$$\theta/\pi \quad \text{et} \quad \cos \theta$$

sont rationnels tous les deux, $\cos \theta$ aura une des cinq valeurs suivantes :

$$1, \frac{1}{2}, 0, -\frac{1}{2}, -1.$$

Par hypothèse, θ/π est rationnel,

$$\theta = \frac{2\pi m}{n}$$

où m et n sont des entiers ordinaires, $n \geq 1$. Posons

$$e^{i\theta} = \xi.$$

Alors

$$\xi^n - 1 = 0 \quad \text{et} \quad (\xi^{-1})^n - 1 = 0.$$

Donc ξ, ξ^{-1} et

$$\xi + \xi^{-1} = 2 \cos \theta$$

sont des entiers algébriques. Par hypothèse, $\cos \theta$ est rationnel, donc $2 \cos \theta$ est un entier ordinaire. Mais la valeur absolue de $2 \cos \theta$ ne peut pas être supérieure à 2, donc $2 \cos \theta$ ne peut prendre qu'une des valeurs suivantes

$$2, 1, 0, -1, -2$$

qui seront actuellement prises lorsque θ est

$$0, \frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{2}, \frac{2\pi}{3}, \pi,$$

respectivement. Nous avons établi la proposition énoncée.

1.3. *Si les nombres*

$$\theta/\pi \quad \text{et} \quad (\tan \theta)^2$$

sont rationnels tous les deux, $(\tan \theta)^2$ aura une des cinq valeurs suivantes :

$$0, \frac{1}{3}, 1, 3, \frac{1}{0}.$$

(J'ai pris la liberté de regarder $\infty = 1/0$ comme « rationnel ».)

Par hypothèse, $2\theta/\pi$ et

$$\cos 2\theta = \frac{1 - \tan^2 \theta}{1 + \tan^2 \theta}$$

sont rationnels tous les deux et ainsi nous n'avons qu'à appliquer la proposition du n° 1.2.

1.4. *Excepté les quatre cas suivants : $n = 1, 2, 4$, et 8 , $\tan 2\pi/n$ est un nombre irrationnel pour chaque entier ordinaire positif n .*

En observant que $\sqrt{3}$ est irrationnel, on déduira facilement cette proposition de celle du n° 1.3¹⁾.

II. POLYGONES RÉGULIERS

2.1. Nous considérons un système de coordonnées rectangulaires dans le plan et nous appellerons *point du réseau plan* un point (x, y) dont les deux coordonnées x et y sont des entiers ordinaires.

Si un polygone à n côtés est équiangle et tous ses sommets sont des points du réseau plan, n est nécessairement 4 ou 8.

Appelons une ligne droite *ligne du réseau* si elle contient deux points différents du réseau plan. La tangente de l'angle qu'une ligne du réseau fait avec l'axe des abscisses est évidemment rationnelle. Je dis que la tangente de l'angle compris par deux droites quelconques du réseau est aussi rationnelle. En effet, soient α et β les angles que ces deux droites font avec l'axe des abscisses. L'angle compris par elles est $\alpha - \beta$ et

$$\tan(\alpha - \beta) = \frac{\tan \alpha - \tan \beta}{1 + \tan \alpha \tan \beta}.$$

L'angle extérieur formé par deux côtés consécutifs d'un polygone équiangle à n côtés est $2\pi/n$. Dans notre cas, par hypothèse, les deux côtés sont des droites du réseau et ainsi $\tan 2\pi/n$ doit être rationnelle. Par le théorème du n° 1.4, n est égal à 4 ou à 8.

¹⁾ La proposition du n° 1.2 a été énoncée et démontrée différemment par H. HADWIGER, *Elemente der Math.*, 1, 98-100, 1946. Elle n'est en effet que le cas particulier le plus simple de la proposition générale suivante: Soient k et n deux entiers ordinaires premiers entre eux, $n > 2$. Alors $2 \cos(2\pi k/n)$ sera un entier algébrique de degré $\varphi(n)/2$; voir D. H. LEHMER, *Amer. Math. Monthly*, 40, 165-166, 1933. (Un entier algébrique est rationnel s'il est de degré 1; si $\varphi(n)/2 = 1$ on a $n = 3, 4$ ou 6 .)