

**Zeitschrift:** L'Enseignement Mathématique  
**Herausgeber:** Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique  
**Band:** 6 (1960)  
**Heft:** 1: L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE

**Artikel:** LES CORPS QUADRATIQUES  
**Autor:** Châtelet, A.  
**Kapitel:** 14 bis. Sous groupe des idéaux principaux rationnels.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-36339>

### **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:** 28.01.2026

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

La construction de l'*inverse* (déterminé) d'un idéal  $\mathbf{I}$ , non nul, est équivalente à la *multiplication de son conjugué  $\mathbf{I}'$  par l'inverse de leur norme commune*.

Cette règle est applicable à un idéal défini par une base (algébrique ou arithmétique), son inverse est défini par la base obtenu en multipliant les conjugués des éléments de la base de  $\mathbf{I}$  par l'inverse de la norme de  $\mathbf{I}$ . Pour un idéal principal, ceci donne une expression évidente par elle-même:

$$(\rho)^{-1} = (\rho' : N(\rho)) = \rho' \times (\rho^{-1} \times \rho'^{-1}) = (\rho^{-1}).$$

L'existence et les propriétés de la multiplication et de la division des idéaux, non nuls, peuvent être (partiellement) exprimées en disant que:

*Les idéaux (fractionnaires) non nuls*, d'un corps quadratique  $\mathbf{R}(\theta)$ , constituent un **groupe multiplicatif abélien** —ou commutatif—. Il sera, en général, désigné par  $\mathcal{G}(\theta)$ , ou simplement  $\mathcal{G}$ .

Ce groupe contient notamment les *puissances d'exposants entiers* (quelconques) de chacun de ses éléments, définies (suivant les notations usuelles) par les formules:

$$\begin{aligned} h \text{ entier positif: } \mathbf{I}^h &= \mathbf{I} \times \dots \times \mathbf{I} \quad (h \text{ facteurs égaux}); \\ \mathbf{I}^{-h} &= (\mathbf{I}^{-1})^h = (\mathbf{I}^h)^{-1}; \quad \mathbf{I}^0 = (1). \end{aligned}$$

Ces puissances vérifient manifestement les règles usuelles de calcul:

$$\mathbf{I}^h \times \mathbf{I}^k = \mathbf{I}^{h+k}; \quad (\mathbf{I}^h)^k = \mathbf{I}^{h \times k}; \quad h, k \text{ entiers quelconques.}$$

Le groupe contient, par suite, les *monômes*, ou produits de puissances,  $\mathbf{I}_1^{h_1} \times \mathbf{I}_2^{h_2} \times \dots$ , dont les règles de calcul sont également usuelles.

#### 14 bis. Sous groupe des idéaux principaux rationnels.

Dans le groupe  $\mathcal{G}(\theta)$ , la famille des idéaux principaux rationnels ( $q$ ) (II) constitue un sous-groupe, qui sera noté  $\mathfrak{Q}$ , **isomorphe** au groupe multiplicatif des nombres rationnels positifs  $q$ .

Par isomorphisme, il faut entendre que la multiplication et la division des idéaux ( $q$ ) sont obtenues par les opérations, de même nom, sur les nombres positifs  $q$  (ce qui est évident):

$$(q_1) \times (q_2) = (q_1 \times q_2); \quad (q)^{-1} = (q^{-1}).$$

Une classe  $\mathcal{N}$ , mod.  $\mathcal{Q}$ , est l'ensemble des (idéaux) produits d'un même idéal canonique  $\mathbf{M}$ , par tous les idéaux du sous-groupe  $\mathcal{Q}$  —ou l'ensemble de tous les idéaux, dont le facteur canonique est  $\mathbf{M}$ — :

$$\mathcal{N}: \quad (q) \times \mathbf{M} = q \times \mathbf{M}; \quad q \text{ nombres rationnels non nuls.}$$

Les classes  $\mathcal{N}$  constituent une *répartition* du groupe  $\mathcal{G}$ ; tout idéal, non nul, appartient à une classe et une seule: celle qui est définie par son facteur canonique.

Une classe  $\mathcal{N}$  peut aussi être engendrée en multipliant un de ses idéaux (quelconque) par tous les idéaux de  $\mathcal{Q}$  —ou par tous les éléments rationnels— :

$$(q) \times (q_0 \times \mathbf{M}) = (q \times q_0) \times \mathbf{M}; \quad q \times \mathbf{M} = (q \times q_0^{-1}) \times (q_0 \times \mathbf{M}).$$

L'idéal  $\mathbf{M}$  est le seul idéal de la classe qui soit canonique; c'est donc un élément remarquable de cette classe, d'où son nom.

Les classes se *multiplient* (et se *divisent*) entre elles.

Le produit de deux classes  $\mathcal{N}_1$  et  $\mathcal{N}_2$ , d'éléments canoniques  $\mathbf{M}_1$  et  $\mathbf{M}_2$  est l'ensemble des produits de chaque élément de l'une par chaque élément de l'autre. Cet ensemble est encore une classe, notée  $\mathcal{N}_1 \times \mathcal{N}_2$ , constituée par les produits d'un de ses éléments (idéal) par tous les nombres rationnels, non nuls —ou tous les idéaux de  $\mathcal{Q}$ — :

$$\mathcal{N}_1 \times \mathcal{N}_2: \quad (q_1 \times \mathbf{M}_1) \times (q_2 \times \mathbf{M}_2) = (q_1 \times q_2) \times (\mathbf{M}_1 \times \mathbf{M}_2);$$

Les nombres  $q_1 \times q_2$  peuvent prendre, comme  $q_1$  et  $q_2$  toutes les valeurs rationnelles, non nulles. L'idéal  $\mathbf{M}_1 \times \mathbf{M}_2$  n'est pas nécessairement canonique, mais *son facteur canonique est l'élément canonique de  $\mathcal{N}_1 \times \mathcal{N}_2$ .*

La multiplication est manifestement *associative* et *commutative* comme celle des idéaux (12).

La *classe unité* est le sous-groupe  $\mathfrak{Q}$ , ensemble des idéaux ( $q$ ) principaux rationnels. Cet ensemble est manifestement une classe dont l'élément canonique est l'idéal unité (1); c'est un *élément neutre* dans la multiplication des classes;  $\mathfrak{M} \times \mathfrak{Q} = \mathfrak{M}$ .

Deux classes  $\mathfrak{M}$  et  $\mathfrak{M}'$  sont *conjuguées*, —ou chacune est conjuguée de l'autre— lorsqu'elles sont engendrées par deux éléments canoniques conjugués  $\mathbf{M}$  et  $\mathbf{M}'$ . Chacune est constituée par l'ensemble des idéaux respectivement conjugués des idéaux de l'autre.

Deux classes conjuguées sont aussi *inverses* (au sens général de ce qualificatif), car leur produit est égal à la classe unité  $\mathfrak{Q}$ , son élément canonique étant  $\mathbf{M} \times \mathbf{M}' = (1)$ . Chacune des classes  $\mathfrak{M}$  et  $\mathfrak{M}'$  est aussi constituée par l'ensemble des idéaux inverses des idéaux de l'autre [ $q \times \mathbf{M}$  et  $(qm)^{-1} \times \mathbf{M}'$ ].

De l'existence de l'inverse de toute classe, on peut déduire (raisonnement général 1. 2), la possibilité et la détermination de la *division des classes*, ce qui comprend la détermination de la *classe neutre* et de l'*inverse* d'une classe. Le *quotient* de deux classes est d'ailleurs constitué par l'ensemble des quotients des idéaux de la classe dividende par ceux de la classe diviseur.

L'ensemble des classes d'idéaux, du groupe  $\mathcal{G}_I$ , relativement au sous-groupe  $\mathfrak{Q}$ , est, par conséquent aussi un *groupe multiplicatif abélien*. Il est appelé **groupe quotient** de  $\mathcal{G}_I$  par  $\mathfrak{Q}$  et noté  $\mathcal{G}_I | \mathfrak{Q}$ . Son existence, établie ici directement, est une propriété générale d'un groupe abélien, relativement à un sous-groupe.

## 15. Multiplication et décomposition des idéaux canoniques.

Les propriétés des congruences et notamment celles de la congruence fondamentale (5 et 6) permettent de donner des règles du calcul de la *multiplication des idéaux canoniques* (donc des classes, mod.  $Q$ ) et, par suite, d'établir une *décomposition déterminée*, en un produit —ou sous forme d'un *monôme*— d'un idéal canonique.