

ANNEAUX DE FATOU

Autor(en): **Chabert, Jean-Luc**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **L'Enseignement Mathématique**

Band (Jahr): **18 (1972)**

Heft 1: **L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE**

PDF erstellt am: **19.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-45364>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ANNEAUX DE FATOU

par Jean-Luc CHABERT

1. HISTORIQUE

Fatou [6] a donné une propriété de l'anneau $\mathbb{Z}$ des entiers rationnels, résultat repris par Polya [9] et connu sous le nom de:

1.1 LEMME DE FATOU. *Soient $P(X)$ et $Q(X)$ des polynômes à coefficients entiers rationnels tels que P et Q soient étrangers entre eux, que Q soit primitif et que $Q(o)$ soit non nul. Si les coefficients a_n du développement en série à l'origine de la fraction $P(X)/Q(X) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n X^n$ sont des entiers, alors $Q(o) = 1$.*

Mais cette propriété de $\mathbb{Z}$ est encore vraie pour d'autres anneaux. Ainsi Pisot [8] l'a démontrée pour les anneaux d'entiers d'un corps de nombres:

1.2. PROPOSITION. *Soit a_n le terme général d'une suite d'entiers d'un corps de nombres K . Supposons qu'il existe entre les éléments a_n une relation de récurrence d'ordre s :*

$$(1.2.1) \quad a_{n+s} + q_1 a_{n+s-1} + \dots + q_s a_n = 0$$

et qu'il n'en existe aucune d'ordre $s-1$. Alors $q_1, q_2, \dots, q_s$ sont des entiers de K .

C'est bien une généralisation du lemme de Fatou, car:

1.3. Etant donné un corps K , pour que la série $\sum a_n X^n$ où les a_n sont des éléments de K représente une fraction rationnelle $P(X)/Q(X)$ de $K(X)$ il faut et il suffit que, pour n assez grand, les éléments a_n vérifient une relation de récurrence de la forme (1.2.1) ([2], Algèbre, IV, § 5, exercice 3). Lorsque ceci est réalisé et que l'ordre s de la relation est le plus petit possible, il existe une représentation de la fraction rationnelle correspondante avec des polynômes $P(X)$ et $Q(X)$ de $K[X]$ étrangers entre eux et

$$Q(X) = 1 + q_1 X + \dots + q_s X^s.$$

Si de plus le degré de P est strictement inférieur à celui de Q , alors la récurrence (1.2.1) commence à $n = 0$.

1.4. Pour tout anneau intègre A de corps des fractions K , la propriété (i) ci-dessous implique la propriété (ii):

(i) Pour tout couple de polynômes $P(X)$ et $Q(X)$ de $K[X]$ tels que P et Q soient étrangers entre eux, que $\deg(P) < \deg(Q)$ et que $Q(o) = 1$, si les coefficients du développement en série à l'origine de $P(X)/Q(X)$ sont dans A , alors les coefficients de $Q(X)$ sont eux aussi dans A .

(ii) Pour tout couple de polynômes $P(X)$ et $Q(X)$ de $A[X]$ tels que P et Q soient étrangers entre eux, que Q soit primitif et que $Q(o)$ soit non nul, si les coefficients du développement en série à l'origine de $P(X)/Q(X)$ sont dans A , alors $Q(o)$ est inversible dans A .

Notons en outre que Dress [5] a étendu à son tour la propriété (i) en question aux anneaux factoriels.

Ce qui précède conduit à donner les définitions suivantes:

1.5. Etant donné un corps K , une fraction rationnelle $P(X)/Q(X)$ à coefficients dans K est dite normalisée si (i) P et Q sont étrangers entre eux (ii) $\deg(P) < \deg(Q)$ (iii) $Q(o) = 1$.

1.6. DÉFINITION (Benzaghou [1]). *Un anneau intègre A de corps des fractions K est dit de Fatou lorsque les propriétés équivalentes suivantes sont vérifiées :*

(i) Pour toute fraction rationnelle normalisée $P(X)/Q(X)$ de $K(X)$ si les coefficients de son développement en série à l'origine sont dans A , alors les coefficients de $Q(X)$ sont eux aussi dans A .

(ii) Si une suite $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$ d'éléments de A vérifie une relation de récurrence du type (1.2.1), où les coefficients q_k appartiennent à K et où l'ordre s de la récurrence est le plus petit possible, alors les q_k sont eux-mêmes dans A .

2. SITUATION RÉCENTE

2.1. *Un anneau intègre qui est intersection d'anneaux de valuation de hauteur 1 est un anneau de Fatou [1].*

Cette assertion donne en particulier tous les cas d'anneaux de Fatou envisagés au paragraphe 1.

2.2. *Un anneau de Fatou est complètement intégralement clos [1].*

2.3. *Rappel.* Un anneau intègre A de corps des fractions K est dit complètement intégralement clos si: $x \in K$, $d \in A - \{0\}$ et, $\forall n \in \mathbb{N}$, $dx^n \in A$ implique $x \in A$.

(Pour montrer l'assertion 2.2 il suffit d'appliquer la définition 1.6. (i) à la fraction rationnelle $\frac{d}{1 - xX}$.)

Ces deux résultats font poser la question: la classe des anneaux de Fatou est-elle distincte de la classe des anneaux qui sont intersection d'anneaux de valuation de hauteur 1 et de la classe des anneaux complètement intégralement clos [1]? A ce propos on notera que l'on trouve difficilement des exemples d'anneaux complètement intégralement clos qui ne sont pas intersection d'anneaux de valuation de hauteur 1 (cf. exemple de Nakayama [7], cf. aussi [2], Algèbre commutative, VI, § 4, exercice 6).

2.4. *La classe des anneaux de Fatou est distincte de la classe des anneaux qui sont intersection d'anneaux de valuation de hauteur 1* [4].

2.5. *La propriété pour un anneau d'être de Fatou passe à la fermeture intégrale* [1] *et aux anneaux de polynômes* [3], *mais ne passe pas aux localisés* [4] (tout comme pour la propriété d'être complètement intégralement clos).

3. UN ANNEAU EST DE FATOU SI ET SEULEMENT SI IL EST COMPLÈTEMENT INTÉGRALEMENT CLOS

Etant donné l'assertion 2.2., il reste à montrer que la condition est suffisante. Soit donc A un anneau complètement intégralement clos de corps des fractions K et soit $P(X)/Q(X)$ une fraction rationnelle normalisée de $K(X)$ dont le développement en série à l'origine $\sum_{n=0}^{\infty} a_n X^n$ est à coefficients dans A . Il s'agit de montrer que $Q(X)$ appartient à $A[X]$.

Comme $Q(0) = 1$, $Q(X)$ est égal au produit $\prod_{0 \leq i \leq q} (1 - \alpha_i X)$ où q est le degré de $Q(X)$ et où les α_i sont les inverses des racines de $Q(X)$ dans un corps de décomposition. Pour que les coefficients de $Q(X)$ soient dans A il faut et il suffit que les α_i soient entiers sur A . Comme la fermeture intégrale dans une extension de corps d'un anneau complètement intégralement clos est aussi un anneau complètement intégralement clos ([2], Algèbre commutative, V, § 1, exercice 14), on peut supposer que les racines

de $Q(X)$ sont dans K et il s'agit de montrer que leurs inverses sont dans A . Soit donc $\alpha \in K$ tel que $Q\left(\frac{1}{\alpha}\right) = 0$. Soit $d \in A - \{0\}$ tel que $R(X) = d \cdot Q(X)/(1 - \alpha X)$ soit dans $A[X]$ et considérons le développement en série $\sum b_n X^n$ de la fraction rationnelle $d \cdot P(X)/(1 - \alpha X) = R(X) \cdot (P(X)/Q(X))$. Les b_n vérifient la relation de récurrence:

$$b_{n+1} = \alpha \cdot b_n \text{ (pour } n \geq q \text{) et donc:}$$

$$b_{n+q} = \alpha^n \cdot b_q \text{ (pour } n \geq 0 \text{)}.$$

En outre b_q ne peut être nul, sinon tous les b_{q+n} seraient nuls, $P(X)/(1 - \alpha X)$ serait un polynôme, $\frac{1}{\alpha}$ serait racine de $P(X)$ et la fraction rationnelle $P(X)/Q(X)$ ne serait pas normalisée.

D'autre part, l'égalité:

$(\sum a_n X^n) \cdot R(X) = \sum b_n X^n$ montre que, pour $n \geq 0$, b_{q+n} est combinaison des a_m et des coefficients de $R(X)$ qui sont dans A , les uns par hypothèse, les autres par construction. Ainsi, pour $n \geq 0$, b_{q+n} c'est-à-dire $\alpha^n \cdot b_q$ appartient à A et, A étant complètement intégralement clos, α appartient à A .

BIBLIOGRAPHIE

- [1] BENZAGHOU, B. Algèbres de Hadamard, *Bull. Soc. math. France*, t. 98, 1970, pp. 209-252 (Thèse Sc. math. Paris, 1969).
- [2] BOURBAKI, N. Éléments de mathématique. Paris, Hermann (*Act. scient. et ind.*).
- [3] CAHEN, P.-J. Transfert de la propriété de Fatou aux anneaux de polynômes, *Bull. Sc. math.*, 2^e série, t. 94, 1970, pp. 81-83.
- [4] CHABERT, J.-L. Anneaux de polynômes à valeurs entières et anneaux de Fatou, *Bull. Soc. math. France*, t. 99, 1971, p. 273-283.
- [5] DRESS, Fr. Familles de séries formelles et ensembles de nombres algébriques, *Ann. scient. Ec. Norm. Sup.*, 4^e série, t. 1, 1968, pp. 1-44 (Thèse Sc. math. Paris, 1967).
- [6] FATOU, P. Séries trigonométriques et séries de Taylor, *Acta. Math.*, Uppsala, t. 30, 1906, pp. 335-400 (Thèse Sc. math. Paris, 1907).
- [7] NAKAYAMA, T. On Krull's conjecture concerning completely integrally closed integrity domains, *Proc. Imp. Acad. Tokyo*, t. 18, 1942, pp. 185-187 et pp. 233-236, et, *Proc. Japan Acad.*, t. 22, 1946, pp. 249-250.
- [8] PISOT, Ch. La répartition modulo 1 et les nombres algébriques, *Ann. Sc. Norm. Sup.*, Pisa, série 2, t. 7, 1938, p. 205-248 (Thèse Sc. math. Paris, 1938).
- [9] POLYA, G. Ueber Potenzreihen mit ganzzahligen Koeffizienten, *Math. Ann.*, t. 77, 1916, pp. 497-513.

(Reçu le 24 février 1972).

Jean-Luc Chabert
10, Villa des Gobelins
75-Paris 13^e