

A. GUILMIN

Lettre. Sur les approximations et sur les fractions continues

Nouvelles annales de mathématiques 1^{re} série, tome 4 (1845), p. 205-208

http://www.numdam.org/item?id=NAM_1845_1_4__205_1

© Nouvelles annales de mathématiques, 1845, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Nouvelles annales de mathématiques » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

LETTRE

Sur les approximations et sur les fractions continues.

Monsieur le Rédacteur,

La question d'approximation traitée par M. Dutermé, dans votre dernier numéro (p. 124), se résout immédiatement par l'emploi de la formule (α) indiquée (t. I, p. 257, de vos Annales), et relative au calcul par approximation de l'incommensurable A^m ; cette formule donne pour limite de l'erreur qui peut être commise sur A quand on veut avoir A^m à $\frac{1}{\delta}$ près, $e = \frac{1}{mA^{m-1}\delta}$.

Considérons l'un quelconque $a(q+x)^n$ des moyens géométriques de la question proposée; on aura ici $e = \frac{1}{na(q+x)^{n-1}\delta}$; on aura une limite à fortiori en prenant $e = \frac{1}{ma(q+x)^{m-1}\delta}$, puisque n n'est pas moindre que m . Mais $(q+x)^{m-1} = \frac{b}{a}$; donc $e = \frac{1}{mb\delta}$ est une limite. C'est la même que celle de M. Dutermé, car j'ai appelé $\frac{1}{\delta}$ ce qu'il appelle δ .

Dans la note suivante (p. 126), M. Catalan démontre une proposition dont voici l'énoncé : dans une fraction continue périodique, le nombre des périodes étant illimité, il est

indifférent d'en prendre une de plus ou une de moins. Ce théorème n'est qu'une conséquence immédiate de la formule d'approximation relative aux réduites en général. En effet, soient

$$x = a + \frac{1}{b + \frac{1}{c + \frac{1}{\ddots}}}$$

et $y = a + \frac{1}{b + \frac{1}{c + \frac{1}{a + \frac{1}{b + \frac{1}{c + \frac{1}{\ddots}}}}}}$

$\ddots$ etc.

Si on forme successivement les réduites de x et de y , en prenant dans chacune le même nombre de quotients incomplets, on aura chaque fois le même résultat pour les deux; or une réduite commune $\frac{Q}{Q'}$ obtenue à cette condition, diffère de x et de y , dans le même sens d'une quantité moindre que $\frac{1}{Q'^2}$; donc la différence entre x et y est moindre à fortiori que $\frac{1}{Q'^2}$; or cette limite peut descendre au-dessous de tout nombre assignable: donc x et y doivent être considérés comme égaux.

M. Catalan a moins eu peut-être pour objet de démontrer cette proposition que d'établir les théorèmes qu'il indique et démontre chemin faisant. Ces théorèmes peuvent être démontrés plus simplement en même temps que la proposition elle-même.

Reprenons la fraction continue périodique:

$$y = a + \frac{1}{b + \frac{1}{c + \frac{1}{a + \frac{1}{b + \frac{1}{c + \frac{1}{\ddots}}}}}}$$

$\ddots$ etc....

Nommons γ_i la réduite $\frac{A}{A'}$ que l'on obtient en s'arrêtant à la première période; soient γ_n, γ_{n+1} , deux réduites quelconques $\frac{P}{P'}, \frac{Q}{Q'}$, s'arrêtant chacune à la fin d'une période, et dont la deuxième en comprend une de plus que la première.

Soient encore $\frac{M}{M'}, \frac{N}{N'}$, les deux réduites qui précèdent immédiatement γ_n ou $\frac{P}{P'}$. Nous avons les égalités :

$$\gamma_n \text{ ou } \frac{P}{P'} = \frac{Nd + M}{N'd + M'},$$

$$\gamma_{n+1} = \frac{N \left(d + \frac{1}{\gamma_i} \right) + M}{N' \left(d + \frac{1}{\gamma_i} \right) + M'} = \frac{P\gamma_i + N}{P'\gamma_i + N'}; \quad (1)$$

d'où

$$\gamma_{n+1} - \gamma_n = \frac{P\gamma_i + N}{P'\gamma_i + N'} - \frac{P}{P'} = \frac{NP' - PN'}{(P'\gamma_i + N')P'} = \frac{\pm 1}{(P'\gamma_i + N')P'}. \quad (2)$$

L'égalité (2) prouve la proposition principale, celle que j'ai déjà démontrée; car en remplaçant γ_i par $\frac{A}{A'}$, on peut écrire :

$$\gamma_{n+1} - \gamma_n = \frac{\pm A'}{(P'A + N'A')P'}. \quad (3)$$

Or A' est un nombre constant indépendant de n , tandis que P' et N' peuvent dépasser toutes limites.

Elle prouve aussi l'un des théorèmes énoncés (p. 129, 3).
Remplaçons de même γ_i dans γ_{n+1} , nous aurons :

$$\gamma_{n+1} = \frac{PA + NA'}{P'A + N'A'}.$$

Appelons Q et Q' ces deux termes; il est facile de prouver

qu'ils sont premiers entre eux , et forment sans réduction la réduite y_{n+1} ; en effet

$$y_{n+1} - y_n = \frac{Q}{Q'} - \frac{P}{P'} = \frac{P'Q - PQ'}{Q'P'} ;$$

en ayant égard à l'égalité (3) et à la valeur de Q' , on voit que

$$QP' - PQ' = \pm A'. \quad (4)$$

Par suite si Q et Q' admettaient un commun diviseur d , ce nombre diviserait A' , et par suite PA et $P'A$, d'après les valeurs de Q et Q' ; or d serait premier avec A puisque $\frac{A}{A'}$ est une réduite ; donc il diviserait P et P' , ce qui est impossible , car $\frac{P}{P'}$ est aussi une réduite. Donc la formule (1) fournit immédiatement la réduite y_{n+1} , et indique une loi pour former les réduites de période en période (p. 129, 2).

De plus l'égalité (4) prouve que si A' divise P' , il divisera Q' ; or pour $n = 1$, $P' = A'$; donc les dénominateurs des réduites y_n , y_{n+1} , etc. , sont tous divisibles par A' , et on peut écrire :

$$y_{n+1} - y_n = \frac{\pm 1}{P'Q''},$$

en posant $\frac{Q'}{A'} = Q''$ (nombre entier).

Agréez, Monsieur, l'expression de mes sentiments les plus distingués.

A. GUILMIN.