

JOURNAL
DE
MATHÉMATIQUES

PURES ET APPLIQUÉES

FONDÉ EN 1836 ET PUBLIÉ JUSQU'EN 1874

PAR JOSEPH LIOUVILLE

G. LEJEUNE-DIRICHLET

Sur un théorème relatif aux séries

Journal de mathématiques pures et appliquées 2^e série, tome 1 (1856), p. 80-81.

http://www.numdam.org/item?id=JMPA_1856_2_1__80_0

 gallica

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Gallica de la Bibliothèque nationale de France
<http://gallica.bnf.fr/>

et catalogué par Mathdoc
dans le cadre du pôle associé BnF/Mathdoc
<http://www.numdam.org/journals/JMPA>

SUR

UN THÉORÈME RELATIF AUX SÉRIES,

PAR M. G. LEJEUNE-DIRICHLET.

Le théorème que je vais établir d'une manière nouvelle est le même qui m'a servi comme lemme dans plusieurs Mémoires précédents. La démonstration que j'en ai donnée dans le premier de ces Mémoires [*] suppose une certaine condition qui, bien qu'elle se trouve remplie dans la plupart des applications qu'on peut faire du lemme, n'est pas indispensable, comme j'en ai déjà fait la remarque ailleurs, et comme on pourra au reste le voir dans ce qui va suivre.

Je commence par un cas particulier très-simple et qui consiste en ce que, a et b désignant des constantes positives et ρ une variable également positive, on a

$$\lim_{\rho \rightarrow \infty} \rho \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(b+na)^{\rho+1}} = \frac{1}{a},$$

la limite se rapportant au décroissement indéfini de ρ . Pour démontrer ce cas particulier, considérons l'intégrale

$$\int_b^{\infty} \frac{dx}{x^{\rho+1}} = \frac{1}{\rho b^{\rho}}$$

comme l'aire d'une courbe ayant x pour abscisse; cette courbe se rapprochant de plus en plus de l'axe des x , si l'on mène des parallèles à cet axe par les extrémités des ordonnées qui répondent à $x = b, b+a, \text{etc.}$, on aura des rectangles extérieurs et intérieurs à notre aire, et l'on conclura sur-le-champ que la somme dont il s'agit d'avoir la limite, se trouve comprise entre les deux quantités

$$\frac{1}{ab^{\rho}} - \frac{\rho}{b^{\rho+1}} \quad \text{et} \quad \frac{1}{ab^{\rho}},$$

dont la limite commune est $\frac{1}{a}$.

Pour passer maintenant au théorème général, soient

$$k_1, k_2, k_3, \dots, k_n, \dots,$$

des constantes positives rangées par ordre de grandeur croissante, de sorte que $k_n < k_{n+1}$,

et supposons que ces constantes soient telles, qu'en désignant par t une variable continue et positive, et par T le nombre des termes de notre suite qui ne surpassent pas t , le rapport

$$\frac{T}{t}$$

converge vers la limite finie α lorsque t croît indéfiniment. Cela supposé, je dis que cette

[*] *Journal de Crelle*, tome XIX.

même quantité α sera aussi la limite de la somme

$$(1) \quad \rho \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{k_n^{1+\rho}}$$

pour une valeur infiniment petite de ρ .

D'après la condition supposée, on peut, δ désignant un nombre aussi petit que l'on voudra, en choisir un autre τ assez grand pour que, t surpassant τ , on ait constamment

$$\alpha - \delta < \frac{T}{t} < \alpha + \delta.$$

Cela fait, soit N la valeur de T qui répond à $t = \tau$, et ne considérons d'abord que les termes de notre série ayant un indice $n > N$. Un pareil terme k_n peut présenter deux cas, selon que l'on aura $k_n < k_{n+1}$ ou $k_n = k_{n+1}$. Dans le premier cas, la valeur de T qui répond à $t = k_n$ sera n , et l'on aura

$$\alpha - \delta < \frac{n}{k_n} < \alpha + \delta.$$

Dans le second cas, soit, parmi les termes qui suivent k_n , $k_{m'}$ le dernier qui soit encore égal à k_n ; soit de plus, parmi les termes précédents, k_m le premier dont la valeur soit inférieure à celle de k_n . Si maintenant nous faisons croître t à partir de $t = k_m$, T restera invariablement égal à m , tant que t n'atteindra pas la valeur $k_{m'}$, et notre rapport $\frac{T}{t}$ approchant ainsi indéfiniment de $\frac{m}{k_{m'}}$, en même temps qu'il reste toujours supérieur à $\alpha - \delta$, nous aurons

$$\frac{m}{k_{m'}} > \alpha - \delta.$$

Mais comme par le premier cas nous avons aussi $\frac{m'}{k_{m'}} < \alpha + \delta$, et en outre $m < n < m'$, $k_n = k_{m'}$, nous concluons, comme précédemment,

$$\alpha - \delta < \frac{n}{k_n} < \alpha + \delta.$$

Cette double inégalité étant mise sous la forme

$$(\alpha - \delta)^{1+\rho} \frac{\rho}{n^{1+\rho}} < \frac{\rho}{k_n^{1+\rho}} < (\alpha + \delta)^{1+\rho} \frac{\rho}{n^{1+\rho}},$$

si nous sommes depuis $n = N + 1$ jusqu'à $n = \infty$, il viendra

$$(\alpha - \delta)^{1+\rho} \cdot \rho \sum \frac{1}{n^{1+\rho}} < \rho \sum \frac{1}{k_n^{1+\rho}} < (\alpha + \delta)^{1+\rho} \cdot \rho \sum \frac{1}{n^{1+\rho}}.$$

Or l'expression $\rho \sum \frac{1}{n^{1+\rho}}$ rentrant dans le cas particulier examiné plus haut, en supposant $b = N + 1$, $a = 1$, et ayant par suite l'unité pour limite, on voit que la partie de notre somme (1), qui s'étend depuis $n = N + 1$ jusqu'à $n = \infty$, finira par rester comprise entre $\alpha - \varepsilon$ et $\alpha + \varepsilon$, le nombre ε étant tant soit peu supérieur à δ et par conséquent, comme ce dernier, d'une petitesse arbitraire, et comme en même temps la première partie qui n'a qu'un nombre fini N de termes, converge évidemment vers zéro, il s'ensuit que la limite de l'expression (1) est en effet α ; c. Q. F. D.