

# Inégalités remplies par les dérivées des fonctions holomorphes, univalentes et bornées dans un demi-plan.

Autor(en): **Wolff, Julius**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Commentarii Mathematici Helvetici**

Band (Jahr): **15 (1942-1943)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-14893>

## **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.

# Inégalités remplies par les dérivées des fonctions holomorphes, univalentes et bornées dans un demi-plan

Par JULIUS WOLFF, Utrecht

1. M<sup>lle</sup> JACQUELINE FERRAND a démontré le théorème suivant :

Si  $f(z) = f(x + iy)$  est holomorphe, univalente et bornée dans le demi-plan  $D(x > 0)$ , alors l'axe imaginaire contient une plénitude (ensemble dont l'ensemble complémentaire est de mesure nulle) de points  $it$  tels que, quelle que soit la manière dont  $z$  tend vers  $it$ ,

$$f'(z) = o\left(\frac{\sqrt{|z - it|}}{x}\right) \quad (1)$$

M. DENJOY avait obtenu la relation (1) en supposant que  $z$  tende vers  $it$  sur une courbe ayant avec l'axe imaginaire un contact d'ordre  $< 1$  (*C. R. Ac. des Sc.* t. 213, p. 115). Ensuite j'ai étendu ce résultat au cas où  $z$  tend vers  $it$  sur une courbe convexe quelconque (*Proc. Ned. Ak. v. Wetensch.* t. 44, 1941). M<sup>lle</sup> Ferrand s'affranchit de toute hypothèse sur la manière dont  $z$  tend vers  $it$ . Sa démonstration repose sur un lemme de H. CARTAN.

Voici une simple démonstration n'utilisant pas ce lemme.

Soit  $\varepsilon > 0$  et appelons  $E(\varepsilon)$  l'ensemble des points  $it$  qui sont limites de points  $z_n$  tels que

$$|f'(z_n)| > \varepsilon \cdot \frac{\sqrt{|z_n - it|}}{x_n} \quad (2)$$

De (2) et d'un théorème de KOEBE résulte que sur le disque circulaire  $\gamma_n$  de centre  $z_n$  et de rayon  $x_n/2$

$$|f'(z_n)| > k\varepsilon \cdot \frac{\sqrt{|z_n - it|}}{x_n}$$

où  $k$  est une constante universelle. Par suite dans la représentation conforme réalisée par  $f(z)$  l'aire  $\omega_n$  de l'image de  $\gamma_n$  satisfait à

$$\omega_n = \iint_{\gamma_n} |f'|^2 dx dy > k^2 \varepsilon^2 \cdot \frac{|z_n - it|}{x_n^2} \cdot \frac{\pi x_n^2}{4} = \frac{1}{4} \pi k^2 \varepsilon^2 |z_n - it|$$

---

<sup>1)</sup> C. R. Ac. des Sc. du 10 novembre 1941 et Thèse du 12 janvier 1942.

Or  $\gamma_n$  est contenu dans le demi-cercle  $\Gamma_n$ , situé dans  $D$ , de centre  $it$  et de rayon  $\varrho_n = 2 |z_n - it|$ . Donc l'aire  $\Omega_n$  de l'image de  $\Gamma_n$  satisfait à

$$\Omega_n > \frac{1}{8} \pi k^2 \varepsilon^2 \varrho_n . \quad (3)$$

Tout point de  $E(\varepsilon)$  étant ainsi centre d'une suite d'intervalles de longueurs  $2\varrho_n \rightarrow 0$ , les  $\varrho_n$  satisfaisant à (3), on peut, en vertu d'un théorème classique de VITALI, recouvrir une plénitude de  $E(\varepsilon)$  par une suite de ces intervalles extérieurs deux à deux. Les  $\Gamma_n$  ayant ces intervalles pour diamètres sont de même extérieurs deux à deux. De (3) résulte donc que l'aire de l'image de la réunion de ces  $\Gamma_n$  est plus grande que  $\frac{1}{8}\pi k^2 \varepsilon^2 \cdot \mu E(\varepsilon)$ , où  $\mu E(\varepsilon)$  est la mesure extérieure de  $E(\varepsilon)$ .

Or, quelque petit que soit le nombre positif  $a$ , on peut supposer que les  $\Gamma_n$  soient dans la bande  $B(a)$ , définie par  $0 < x < a$ . Alors l'aire de l'image de  $B(a)$  est plus grande que  $\frac{1}{8}\pi k^2 \varepsilon^2 \cdot \mu E(\varepsilon)$ . D'autre part, comme  $f(z)$  est bornée cette aire tend vers zéro avec  $a$ , donc  $\mu E(\varepsilon) = 0$ . Considérons une suite de nombres positifs  $\varepsilon_n$  tendant vers zéro. La réunion  $E$  des ensembles  $E(\varepsilon_n)$  est de mesure nulle. Or  $E$  est l'ensemble des points  $it$  ne satisfaisant pas à (1); le théorème est démontré.

2. On sait que  $xf'(z)$  tend vers zéro, quelle que soit la manière dont  $z$  s'approche de l'axe imaginaire. En revanche nous démontrerons le

**Théorème.** *A tout nombre positif  $\varepsilon$  correspondent des fonctions  $f(z)$  holomorphes, bornées et univalentes dans  $D(x > 0)$  telles que l'axe imaginaires contient un résiduel (ensemble dont l'ensemble complémentaire est la réunion d'ensembles non denses  $e_n, n = 1, 2, \dots$ ) de points  $it$  ayant la propriété que sur toute courbe  $|y - t| = x^p, 0 < p < \infty$ ,*

$$\limsup_{z \rightarrow it} x^{1-\varepsilon} |f'(z)| = \infty . \quad (4)$$

*Démonstration.* Choisissons sur l'axe imaginaire une suite partout dense de points  $\alpha_k, k = 1, 2, \dots$ ; fixons un nombre positif  $\theta$  entre  $1 - \varepsilon$  et 1 et considérons la fonction

$$f(z) = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k^{-2}}{1 + |\alpha_k|} (z - \alpha_k)^{1-\theta} .$$

$f(z)$  est holomorphe dans  $D$  et sa dérivée  $f'(z) = (1-\theta) \sum_{k=1}^{\infty} \frac{k^{-2}}{1 + |\alpha_k|} (z - \alpha_k)^{-\theta}$  est à partie réelle positive, donc  $f(z)$  est univalente dans  $D$ .

A tout nombre positif  $n$  correspond un résiduel  $R_n$  de points  $it$  sur l'axe imaginaire tels que la suite  $\alpha_k$  contient une suite  $\alpha_{k_\nu}$  satisfaisant à

$$k_\nu^n |\alpha_{k_\nu} - it| < 1, \quad \nu = 1, 2, \dots \quad (5)$$

Soit  $it$  sur  $R_n$  et soit  $p$  un nombre positif. Considérons sur la courbe  $|y - t| = x^p$  la suite des points  $z_\nu = x_\nu + iy_\nu$  situés avec les  $\alpha_{k_\nu}$  sur des droites parallèles à l'axe réel, donc

$$z_\nu - \alpha_{k_\nu} = x_\nu = |\alpha_{k_\nu} - it|^{\frac{1}{p}} = |y_\nu - t|^{\frac{1}{p}}, \quad \nu = 1, 2, \dots \quad (6)$$

Or

$$|f'(z_\nu)| \geq \Re \{f'(z_\nu)\} > (1 - \theta) \frac{k_\nu^{-2}}{1 + |\alpha_{k_\nu}|} x_\nu^{-\theta}, \quad \nu = 1, 2, \dots$$

Donc d'après (5) et (6)

$$|f'(z_\nu)| > (1 - \theta) x_\nu^{-\theta + \frac{2p}{n}} (1 + |\alpha_{k_\nu}|)^{-1} \sim \frac{1 - \theta}{1 + |t|} x_\nu^{-\theta + \frac{2p}{n}} \text{ pour } \nu \rightarrow \infty. \quad (7)$$

Parce que  $\theta > 1 - \varepsilon$ , l'exposant de  $x_\nu$  dans (7) est plus petit que  $\varepsilon - 1$ , si  $n$  est suffisamment élevé, ce qui conduit à (4). L'ensemble commun aux résiduels  $R_n, n = 1, 2, \dots$  est un résiduel  $R$  et, pour  $it$  dans  $R$ , la relation (4) est remplie quel que soit le nombre positif  $p$ . Donc, abstraction faite de la condition que  $f(z)$  soit bornée dans  $D$ , le théorème est démontré. Mais,  $f(z)$  étant à partie réelle positive dans  $D$ , la fonction

$$\Phi(z) = \frac{1}{f(z) + 1}$$

est holomorphe, univalente et bornée dans  $D$  et il est clair que sur  $R$  elle satisfait à (4) comme  $f(z)$ , quel que soit le nombre positif  $p$ .

(Reçu le 26 novembre 1942.)