

2. – DÉTERMINATION DU RAYON DE CONVERGENCE R.

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **L'Enseignement Mathématique**

Band (Jahr): **30 (1931)**

Heft 1: **L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE**

PDF erstellt am: **19.09.2024**

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.

2. — DÉTERMINATION DU RAYON DE CONVERGENCE R.

Pour déterminer le rayon de convergence R de la série (4'), remarquons que, si l'on peut former *une suite réelle de fonctions positives*¹

$$\bar{\Phi}_0(z), \bar{\Phi}_1(z), \dots, \bar{\Phi}_m(z), \dots \quad (6)$$

vérifiant sur tout le domaine fermé D, les inégalités $\bar{\Phi}_m(z) \geq |\Phi_m(z)|$ ($m \geq 0$), la série auxiliaire

$$\sum_{m=0}^{\infty} \lambda^m \bar{\Phi}_m(z) \quad (7)$$

admettra dans le plan λ un cercle de convergence de rayon plus petit, au plus égal à celui qui correspond à la série (4').

Soient $\underline{P}_m(z)$, $\bar{Q}_{m,n}(z)$ et $\bar{R}_m(z)$, trois suites réelles et positives de polynomes ou de fonctions dépendant de z , qui vérifient sur D les inégalités

$$\bar{Q}_{m,n}(z) \geq |Q_{m,n}(z)| \quad \bar{R}_m(z) \geq |R_m(z)| \quad (8)$$

$$0 < \underline{P}_m(z) \leq |P_m(z)|$$

En les remplaçant dans la relation récurrente (2'), ce qui correspond² à une majoration des modules des polynomes donnés du second membre et à une minoration dans le premier membre, il est clair que les fonctions $\bar{\Phi}_m(z)$ qui satisfont à la relation récurrente ainsi obtenue, rentreront dans la catégorie (6) considérée plus haut.

Prenons en particulier

$$\bar{R}_m(z) = R(z), \quad \bar{Q}_{m,n}(z) = \bar{Q}_{m-n}(z) \quad (9)$$

¹ En désignant ces fonctions avec $\bar{\Phi}_m(z)$, nous mettons seulement en évidence leur dépendance du point z , mais il importe de savoir qu'elles sont réelles et positives.

² Sur l'axe réel positif.

$R(z)$ étant le maximum sur le cercle C du module de la fonction représentée par la série (5), pour z appartenant à D , et $\overline{Q}_{m-n}(z)$ des polynômes ou des fonctions qui dépendent seulement de la différence $(m - n)$. Pour le premier groupe $\overline{R}_m(z)$, les inégalités correspondantes (9) sont précisément celles de Cauchy que l'on déduit de l'holomorphie de (5) sur le cercle C . Quant aux fonctions $\overline{Q}_{m,n}(z)$, leur choix dépend de la convergence uniforme des séries

$$\sum_{m=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\rho}\right)^m Q_{m, m-p}(z) \quad (p = 0, 1, \dots) \quad (10)$$

sur tout le cercle fermé C et pour z appartenant à D . Si cette condition est remplie quel que soit p , nous remplacerons les $Q_{m,n}(z)$ respectivement par les maxima $Q_{m-n}(z)$ sur C des fonctions représentées par les séries (10) correspondant aux mêmes valeurs $m - n$ de p .

Passons maintenant aux polynômes $P_m(z)$, que nous supposons être de la forme ¹

$$P_m(z) = \left(1 - \frac{z}{\zeta_{m,1}}\right) \left(1 - \frac{z}{\zeta_{m,2}}\right) \dots \left(1 - \frac{z}{\zeta_{m,k}}\right). \quad (11)$$

c'est-à-dire ne s'annulant pas à l'origine ². Ils pourront être remplacés par les expressions suivantes

$$\underline{P}_m(z) = \left(1 - \frac{|z|}{|\zeta_{m,1}|}\right) \left(1 - \frac{|z|}{|\zeta_{m,2}|}\right) \dots \left(1 - \frac{|z|}{|\zeta_{m,k}|}\right) \quad (11')$$

pourvu que les inégalités (8) soient remplies. Ceci ne sera possible que si z est intérieur au cercle Γ_1 dont le centre est à l'origine O_z et dont le rayon est égal au module du plus proche de O_z zéro

¹ k dépend en général aussi de n .

² Si un nombre fini p de zéros des polynômes $P_m(z)$ coïncide avec O_z , multipliant la série (4) par z^p et effectuant sur les $\Phi_m(z)$ quelques transformations analogues à celles employées au § 4°, nous obtenons un système récurrent du type (2') pour lequel aucun des polynômes $P_m(z)$ ne s'annule à l'origine.

de tous les polynomes $P_m(z)$ car, dans cette hypothèse, nous avons quel que soit m et i ,

$$0 < 1 - \frac{|z|}{|\zeta_{m,i}|} \leq \left| 1 - \frac{z}{\zeta_{m,i}} \right|.$$

La relation de récurrence (2') devient après toutes ces modifications

$$\rho P_m(z) \bar{\Phi}_m(z) = \sum_{n=1}^m \frac{\bar{Q}_{m-n}(z)}{\rho^n} \bar{\Phi}_{m-n}(z) + \frac{R(z)}{\rho^m},$$

d'où, remplaçant m par $m-1$, divisant la relation obtenue par ρ et la soustrayant de la première, nous déduisons

$$\rho P_m(z) \bar{\Phi}_m(z) = [P_{m-1}(z) + \bar{Q}_{m-1}(z)] \bar{\Phi}_{m-1}(z).$$

En résolvant de proche en proche cette relation récurrente particulière, nous obtenons la série auxiliaire (7) sous la forme

$$R(z) \sum_{m=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\rho}\right)^m \frac{1}{P_m(z)} \prod_{i=0}^{m-1} \left[1 + \frac{\bar{Q}_i(z)}{P_i(z)} \right], \quad (12)$$

son rayon de convergence R étant donné par la limite

$$R = \lim_{m \rightarrow \infty} \rho \left\{ \frac{P_{m-1}(z)}{P_m(z)} + \frac{\bar{Q}_{m-1}(z)}{P_m(z)} \right\}^{-1} \quad (13)$$

que nous supposons pour le moment bien déterminée et différente de zéro. Dans cette hypothèse, z étant supposé intérieur au cercle Γ_1 , il résulte que la série de fonctions rationnelles (4) converge absolument et uniformément à l'intérieur de tout cercle concentrique au cercle C'

$$|\lambda| = R$$

mais de rayon plus petit. Elle représente donc une fonction holomorphe de la variable λ dans C' .

La convergence uniforme de la série (4) dans C' entraîne l'holomorphie de la fonction qu'elle représente, aussi par rapport à z à l'intérieur du cercle Γ_1 , résultat qu'on établit à l'aide du théorème classique de Weierstrass qui se réfère aux séries de fonctions holomorphes. *Il résulte donc que la série (4') représente une fonction holomorphe par rapport à l'ensemble des deux variables z et λ respectivement à l'intérieur des cercles Γ_1 et C' .*

3. — PROLONGEMENT ANALYTIQUE DANS LE PLAN z .

La méthode utilisée pour établir le caractère effectif de la série (4') à l'intérieur du cercle Γ_1 peut être employée, après une simple transformation du système récurrent (2'), aussi au prolongement analytique dans le plan z de l'élément de fonction qu'on obtient en développant cette série suivant les puissances entières et positives de z . En effet, supposons que de tout l'ensemble des zéros des polynomes $P_m(z)$ il n'y ait qu'un seul situé sur le cercle Γ_1 , le point ζ , qui annule seulement le polynome $P_p(z)$. Nous supposerons de plus que c'est un zéro de degré *un* de multiplicité.

Ceci précisé, remarquons qu'en multipliant la série (4') par $\left(1 - \frac{z}{\zeta}\right)$ et effectuant les réductions, le point ζ n'annulera plus les dénominateurs des expressions qui correspondent aux divers coefficients des puissances de λ ainsi modifiés. *Formellement*, le point ζ n'apparaît plus comme un pôle de la fonction représentée par la série (4') multipliée par le facteur considéré. Nous allons montrer que ceci a lieu aussi d'une manière *effective*. Pour cela, posons

$$\Phi_m^1(z) = \left(1 - \frac{z}{\zeta}\right) \Phi_m(z) \quad (m = p, p + 1, \dots)$$

et désignons par $P_p^1(z)$ le polynome $P_p(z)$ dans l'expression duquel on aurait supprimé le facteur $\left(1 - \frac{z}{\zeta}\right)$. Le système récurrent (2')