

## C - Séries entières

Les objectifs de cette section sont les suivants :

- étudier la convergence d'une série entière et mettre en évidence la notion de rayon de convergence ;
- étudier les propriétés de sa somme en se limitant à la continuité dans le cas d'une variable complexe ;
- établir les développements en série entière des fonctions usuelles.

Les séries entières trouveront un cadre d'application dans la notion de fonction génératrice en probabilités.

### a) Rayon de convergence

Série entière de la variable réelle, de la variable complexe.

Lemme d'Abel :

si la suite  $(a_n z_0^n)$  est bornée alors, pour tout nombre complexe  $z$  tel que  $|z| < |z_0|$ , la série  $\sum a_n z^n$  est absolument convergente.

Rayon de convergence  $R$  défini comme borne supérieure dans  $[0, +\infty]$  de l'ensemble des réels positifs  $r$  tels que la suite  $(a_n r^n)$  est bornée.

Intervalle ouvert de convergence.

Disque ouvert de convergence.

Avec  $R_a$  (resp.  $R_b$ ) le rayon de convergence de  $\sum a_n z^n$ , (resp.  $\sum b_n z^n$ ) :

- si  $a_n = O(b_n)$ , alors  $R_a \geq R_b$  ;
- si  $a_n \sim b_n$ , alors  $R_a = R_b$ .

Application de la règle de d'Alembert pour les séries numériques au calcul du rayon.

Rayon de convergence de la somme et du produit de Cauchy de deux séries entières.

La série  $\sum a_n z^n$  converge absolument si  $|z| < R$ , et elle diverge grossièrement si  $|z| > R$ .

Pour  $\alpha \in \mathbb{R}$ ,  $R(\sum n^\alpha x^n) = 1$ .

Le résultat s'applique en particulier lorsque  $a_n = o(b_n)$ .

La limite du rapport  $\frac{|a_{n+1}|}{|a_n|}$  peut être directement utilisée.

### b) Régularité de la somme d'une série entière de la variable réelle

Convergence normale d'une série entière d'une variable réelle sur tout segment inclus dans l'intervalle ouvert de convergence.

Continuité de la somme sur l'intervalle ouvert de convergence.

Primitivation d'une série entière d'une variable réelle sur l'intervalle ouvert de convergence.

Caractère  $\mathcal{C}^\infty$  de la somme d'une série entière d'une variable réelle sur l'intervalle ouvert de convergence et obtention des dérivées par dérivation terme à terme.

Expression des coefficients d'une série entière de rayon de convergence strictement positif au moyen des dérivées successives en 0 de sa somme.

L'étude des propriétés de la somme au bord de l'intervalle ouvert de convergence n'est pas un objectif du programme.

Relation  $R(\sum a_n x^n) = R(\sum n a_n x^n)$ .

### c) Développement en série entière au voisinage de 0 d'une fonction d'une variable réelle

Fonction développable en série entière sur un intervalle  $] -r, r[$ .

Série de Taylor d'une fonction de classe  $\mathcal{C}^\infty$ .

Unicité du développement en série entière.

Formule de Taylor avec reste intégral.

## CONTENUS

Développements des fonctions usuelles.

## CAPACITÉS & COMMENTAIRES

Les étudiants doivent connaître les développements en série entière des fonctions : exponentielle, cosinus, sinus, cosinus et sinus hyperboliques,  $\text{Arctan}$ ,  $x \mapsto \ln(1+x)$  et  $x \mapsto (1+x)^a$ .

Les étudiants doivent savoir développer une fonction en série entière à l'aide d'une équation différentielle linéaire.

L'unicité de la solution d'un problème de Cauchy adapté sera explicitement admise.

---

### **d) Séries géométrique et exponentielle d'une variable complexe**

---

Continuité de la somme d'une série entière de la variable complexe sur le disque ouvert de convergence.

La démonstration est hors programme.

Développement de  $\frac{1}{1-z}$  sur le disque unité ouvert.

Développement de  $\exp(z)$  sur  $\mathbb{C}$ .

---

# Colle 7 du 16-01-2023 au 29-01-2023

## C - Séries entières

Les objectifs de cette section sont les suivants :

- étudier la convergence d'une série entière et mettre en évidence la notion de rayon de convergence;
- étudier les propriétés de sa somme en se limitant à la continuité dans le cas d'une variable complexe;
- établir les développements en série entière des fonctions usuelles.

Les séries entières trouveront un cadre d'application dans la notion de fonction génératrice en probabilités.

CONTENUS CAPACITÉS & COMMENTAIRES

### a) Rayon de convergence

Série entière de la variable réelle, de la variable complexe.

Lemme d'Abel :

si la suite  $(a_n z_0^n)$  est bornée alors, pour tout nombre complexe  $z$  tel que  $|z| < |z_0|$ , la série  $\sum a_n z^n$  est absolument convergente.

Rayon de convergence  $R$  défini comme borne supérieure dans  $[0, +\infty]$  de l'ensemble des réels positifs  $r$  tels que la suite  $(a_n r^n)$  est bornée.

Intervalle ouvert de convergence.

Disque ouvert de convergence.

Avec  $R_a$  (resp.  $R_b$ ) le rayon de convergence de  $\sum a_n z^n$ , (resp.  $\sum b_n z^n$ ) :

- si  $a_n = O(b_n)$ , alors  $R_a \geq R_b$  ;
- si  $a_n \sim b_n$ , alors  $R_a = R_b$ .

Application de la règle de d'Alembert pour les séries numériques au calcul du rayon.

Rayon de convergence de la somme et du produit de Cauchy de deux séries entières.

La série  $\sum a_n z^n$  converge absolument si  $|z| < R$ , et elle diverge grossièrement si  $|z| > R$ .

Pour  $\alpha \in \mathbb{R}$ ,  $R(\sum n^\alpha x^n) = 1$ .

Le résultat s'applique en particulier lorsque  $a_n = o(b_n)$ .

La limite du rapport  $\frac{|a_{n+1}|}{|a_n|}$  peut être directement utilisée.

### b) Régularité de la somme d'une série entière de la variable réelle

Convergence normale d'une série entière d'une variable réelle sur tout segment inclus dans l'intervalle ouvert de convergence.

Continuité de la somme sur l'intervalle ouvert de convergence.

Primitivation d'une série entière d'une variable réelle sur l'intervalle ouvert de convergence.

Caractère  $\mathcal{C}^\infty$  de la somme d'une série entière d'une variable réelle sur l'intervalle ouvert de convergence et obtention des dérivées par dérivation terme à terme.

Expression des coefficients d'une série entière de rayon de convergence strictement positif au moyen des dérivées successives en 0 de sa somme.

L'étude des propriétés de la somme au bord de l'intervalle ouvert de convergence n'est pas un objectif du programme.

Relation  $R(\sum a_n x^n) = R(\sum n a_n x^n)$ .

### c) Développement en série entière au voisinage de 0 d'une fonction d'une variable réelle

Fonction développable en série entière sur un intervalle  $] -r, r[$ .

Série de Taylor d'une fonction de classe  $\mathcal{C}^\infty$ .

Unicité du développement en série entière.

Développements des fonctions usuelles.

Formule de Taylor avec reste intégral.

Les étudiants doivent connaître les développements en série entière des fonctions : exponentielle, cosinus, sinus, cosinus et sinus hyperboliques, Arctan,  $x \mapsto \ln(1+x)$  et  $x \mapsto (1+x)^\alpha$ .

Les étudiants doivent savoir développer une fonction en série entière à l'aide d'une équation différentielle linéaire.

L'unicité de la solution d'un problème de Cauchy adapté sera explicitement admise.

### d) Séries géométrique et exponentielle d'une variable complexe

Continuité de la somme d'une série entière de la variable complexe sur le disque ouvert de convergence.

Développement de  $\frac{1}{1-z}$  sur le disque unité ouvert.

Développement de  $\exp(z)$  sur  $\mathbb{C}$ .

La démonstration est hors programme.

1. Les développements en séries entières des fonctions usuelles seront connus et les élèves sauront les retrouver.
2. Les étudiants sauront utiliser une équation différentielle ou une équation fonctionnelle pour calculer un DSE.
3. Ils sauront aussi utiliser les séries entières pour calculer la somme d'une série.
4. Les liens entre séries numériques, séries de fonctions et séries entières devront être parfaitement établis.
5. Le cours devra être parfaitement maîtrisé.

1. Colle 7
  2. Séries entières
  3. Séries entières
-