

# Progression en Mathématiques pour la CPGE ECG2

Année scolaire 2026-2027

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| Compléments sur les suites et séries réelles                | CSS |
| Algèbre linéaire                                            | AL  |
| Compléments sur l'étude des fonctions d'une variable réelle | F1V |
| Calcul Intégral                                             | CI  |
| Systèmes différentiels                                      | SD  |
| Fonctions à deux variables réelles                          | F2V |
| Probabilité                                                 | P   |
| Statistiques                                                | STA |

|                                               | Thèmes                                                      | Contenus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | TD & TD-Cours                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | TP Python et SQL                                                                                                                                 | Sem.        | DM           | DS   |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|------|
| S<br>E<br>M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>E<br><br>1 | Ch.1<br>Compléments sur les suites et les séries réelles    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaison de suites réelles</li> <li>- Suites négligeable devant une suite, notation</li> <li>- Suites équivalentes, notation</li> <li>- Études de comportement asymptotique de suites.</li> <li>• Compléments sur les séries</li> <li>- Sommes télescopiques <math>\sum (u_{n+1} - u_n)</math></li> <li>- Convergence des séries de Riemann</li> <li>- Séries à termes positifs. Comparaison des séries à termes positifs dans les cas où <math>u \leq v</math>, <math>u = o(v)</math> et <math>u \sim v</math></li> <li>- Exemples d'étude de séries à termes quelconques. On utilisera la notion de convergence absolue vue en première année.</li> </ul>                                                                                                                                                                                               | <b>TD 1 :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Étude de comportement asymptotique de suites</li> <li>- Détermination de la nature d'une série</li> <li>- Calcul de limite</li> <li>- Calcul de somme</li> <li>- Recherche d'équivalent</li> <li>- Étude de séries à termes quelconques</li> </ul>                 | <b>TP. 1 :</b> Révisions Python<br>Suites et séries réelles :<br>- Afficher valeurs des termes généraux<br>- Algorithme de seuil                 | 1<br>&<br>2 | DM 1         | DS 1 |
|                                               | Ch.2<br>Espaces vectoriels réels de dimension finie         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Espaces vectoriels réels</li> <li>- Espace vectoriel sur <math>\mathbb{R}</math> de dimension finie. <math>\mathbb{R}^n</math>, <math>\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{R})</math>, <math>\mathbb{R}_n[x]</math></li> <li>- Familles libres, familles génératrices, bases. Base canonique de <math>\mathbb{R}^n</math>, <math>\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{R})</math>, <math>\mathbb{R}_n[x]</math></li> <li>- Sous-espaces vectoriels. Combinaisons linéaires</li> <li>- Dimension d'un espace vectoriel</li> <li>- Cardinal d'une famille libre (resp. génératrice) d'un espace vectoriel de dimension <math>n</math></li> <li>- Une famille libre (resp. génératrice) à <math>n</math> vecteurs d'un espace vectoriel de dimension <math>n</math> est une base</li> <li>- Dimension d'un sous-espace vectoriel</li> <li>- Rang d'une famille de vecteurs.</li> </ul> | <b>TD 2 :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Détermination d'espaces vectoriels de dimension finie et de sous-espaces vectoriels</li> <li>- Détermination de familles libres, familles génératrices et de bases</li> <li>- Détermination de dimension</li> <li>- Détermination du rang d'une famille</li> </ul> |                                                                                                                                                  | 3<br>&<br>4 | DM 2<br>DM 3 |      |
|                                               | TD-Cours 1<br>Suites récurrentes du type $u_{n+1} = f(u_n)$ | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Étude de suites récurrentes d'ordre 1</li> <li>- Notion de point fixe d'une application</li> </ul> <p>Si la suite <math>(u_n)_{n \in \mathbb{N}}</math> converge vers <math>\ell</math> et si <math>f</math> continue en <math>\ell</math>, alors <math>\ell</math> est un point fixe de <math>f</math>.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>TD-COURS 1 :</b><br>Suites récurrentes $u_{n+1} = f(u_n)$<br>- Étude (existence, monotonie, convergence) : Cas où $f$ est croissante, IAF, etc.<br>- Illustration Python                                                                                                                                               | <b>TP. 2 :</b> - Calcul des termes généraux d'une suite récurrente d'ordre 1 - Représentation graphique d'une suite $(u_n)_{n \in \mathbb{N}}$ . | 5           | DM 5         |      |

Vacances de Toussaint (du 17 octobre au 3 novembre 2026)

|                                           |                                                                                          |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |               |                  |      |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|------------------|------|
| S<br>E<br>M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>E<br>1 | Ch. 4<br>Applications<br>linéaires d'un<br>espace de<br>dimension finie<br>dans un autre | AL-2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Endomorphismes d'une espace vectoriel de dimension finie - Application linéaire, noyau, image.</li> <li>Endomorphismes, isomorphismes, automorphismes.</li> <li>Composée de deux applications linéaires. Application réciproque d'un isomorphisme</li> <li>Espace vectoriel <math>\mathcal{L}(E, F)</math> des applications linéaires d'un espace vectoriel E dans un espace vectoriel F. Espace vectoriel <math>\mathcal{L}(E)</math> des endomorphismes de E. Ensemble <math>\mathcal{GL}(E)</math> des automorphismes de E</li> <li>- Rang d'une application linéaire.</li> <li>- Théorème du rang. Application à la caractérisation des isomorphismes en dimension finie</li> <li>- Matrice associée à une application linéaire dans des bases, matrice d'un endomorphisme.</li> <li>- Isomorphisme entre <math>\mathcal{L}(E, F)</math> et <math>\mathcal{M}_{n,p}(\mathbb{R})</math>, entre <math>\mathcal{L}(E)</math> et <math>\mathcal{M}_n(\mathbb{R})</math></li> <li>- Lien entre le rang d'une matrice et le rang de l'application linéaire associée</li> <li>- Lien entre le produit matriciel et la composition des applications linéaires</li> <li>- Matrice de la réciproque d'un isomorphisme</li> <li>- Changements de bases, matrice de passage. Effet du changement de base sur les composantes d'un vecteur, sur la matrice associée à un endomorphisme <math>u</math> de E</li> <li>-Matrices semblables.</li> </ul>                                                                                 | <b>TD 4 :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Montrer qu'une application est linéaire</li> <li>- Détermination du noyau et de l'image</li> <li>- Montrer l'injectivité, la surjectivité et la bijectivité d'une application linéaire</li> <li>- Application du Théorème du Rang</li> <li>- Détermination du rang</li> <li>- Changement de bases</li> </ul> | <b>TP 2 : STATISTIQUES BIVARIÉES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Série statistique à deux variables, nuage de points associé. Point moyen <math>(\bar{x}; \bar{y})</math> du nuage.</li> <li>- Covariance empirique, coefficient de corrélation empirique, droites de régression</li> <li>- On tracera le nuage de points et les droites de régression et on pourra effectuer des prétransformations pour se ramener au cas linéaire.</li> <li>- On différenciera les variables explicatives des variables à expliquer. Commandes : <code>plt.plot</code>, <code>plt.scatter</code>, <code>np.corrcoeff</code></li> </ul> | 8<br>&<br>9   | DM 7<br><br>DM 8 |      |
| S<br>E<br>M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>E<br>1 | Ch. 5<br>Compléments sur<br>les fonctions                                                | F1V  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparaison des fonctions au voisinage d'un point</li> <li>- Comparaison des fonctions au voisinage d'un point. Fonction négligeable devant une fonction, fonctions équivalentes. Notations <math>f = o(g)</math> et <math>f \sim g</math></li> <li>-Reformulation des théorèmes de croissances comparées vus en première année avec les notations de la négligeabilité</li> <li>-Traduction, en termes de négligeabilité et d'équivalence, des limites connues concernant les fonctions usuelles</li> <li>- Compatibilité de l'équivalence vis-à-vis des opérations : produit, quotient, composition par une fonction puissance entière. Mise en garde contre l'extension abusive à l'addition ou à la composition par d'autres fonctions (<math>\ln</math>, <math>\exp</math>,...).</li> <li>• Développements limités</li> <li>- Développement limité d'ordre 2 (respectivement d'ordre 1) en <math>x_0</math> d'une fonction de classe <math>\mathcal{C}^2</math> (respectivement de classe <math>\mathcal{C}^1</math>) au voisinage de <math>x_0</math>. Unicité</li> <li>- Allure locale du graphe d'une fonction admettant un D.L du type : <math>f(x) = a_0 + a_1(x - x_0) + a_2(x - x_0)^2 + (x - x_0)^2 \varepsilon(x - x_0)</math> avec <math>a_2</math> non nul</li> <li>- Formule de Taylor-Young</li> <li>- Cas des fonctions <math>x \mapsto e^x</math>, <math>\ln(1 + x)</math>, <math>(1 + x)^a</math> au voisinage de 0</li> <li>- Sur des exemples, application à l'étude locale de fonctions.</li> </ul> | <b>TD 5 :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Recherche de négligeabilité</li> <li>- Recherche d'équivalent</li> <li>- Calcul de limites</li> <li>- Détermination de DL</li> <li>- Applications : Équivalent, Tangente et Asymptote</li> </ul>                                                                                                             | <b>TP 3 (Partie 2) : BASES DE DONNÉES</b><br>Commandes exigibles <ul style="list-style-type: none"> <li>- « WHERE », « SELECT ». Sélection de données dans une table, « INSERT INTO » Insertion de données dans une table. On pourra utiliser « VALUES (élément1, élément2,...) ».</li> <li>- « DELETE FROM » Suppression de données d'une table, « UPDATE » Mise à jour de données d'une table.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                            | 10<br>&<br>11 | DM 9             | DS 3 |

|                                                          |                                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |       |                                                                                          |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| S<br>E<br>M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>E<br><br>1            | Ch.6<br>Réduction des matrices carrées              | AL-3 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Réduction des matrices carrées</li><li>- Valeurs propres, vecteurs colonnes propres, sous-espaces propres d'une matrice carrée. Valeurs propres d'une matrice triangulaire</li><li>- Spectre d'une matrice carrée. Notation <math>\text{Sp}(A)</math></li><li>- Si <math>Q</math> est un polynôme annulateur de <math>A</math>, toute valeur propre de <math>A</math> est racine de ce polynôme.</li><li>- Une concaténation de familles libres de sous-espaces propres associées à des valeurs propres distinctes forme une famille libre</li><li>- Matrice carrée diagonalisable</li></ul> | <b>TD 6 :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Polynôme annulateur et valeurs propres</li><li>- Réduction de matrices carrées</li><li>- Exemples de diagonalisation de matrices carrées.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <ul style="list-style-type: none"><li>- « SELECT*FROM » et « JOIN »</li></ul> Réalisation d'une jointure. On pourra ajouter une condition « ON $\Phi$ » dans le cas où $\Phi$ est une conjonction d'égalités.                                                                                                                        | 12<br>&<br>13 | DM 10 |                                                                                          |
|                                                          |                                                     |      | Une matrice carrée $A$ d'ordre $n$ est diagonalisable s'il existe une matrice $D$ , diagonale, et une matrice $P$ , inversible, telles que $D = P^{-1}AP$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |       | <ul style="list-style-type: none"><li>- « CREATE TABLE » Création d'une table.</li></ul> |
|                                                          |                                                     |      | Les colonnes de $P$ forment une base de $\mathcal{M}_{n,1}(\mathbb{R})$ constituée de vecteurs propres de $A$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |       |                                                                                          |
|                                                          |                                                     |      | <ul style="list-style-type: none"><li>- Toute matrice carrée <math>A</math> d'ordre <math>n</math> admettant <math>n</math> valeurs propres distinctes est diagonalisable.</li><li>- Une matrice carrée d'ordre <math>n</math> est diagonalisable si et seulement si la somme des dimensions de ses sous-espaces propres est égale à <math>n</math></li><li>- Toute matrice symétrique est diagonalisable.</li></ul>                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |       |                                                                                          |
| Concours blanc 1                                         |                                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |       |                                                                                          |
| Vacances de Noël (du 19 décembre 2026 au 4 janvier 2027) |                                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |       |                                                                                          |
| S<br>E<br>M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>E<br><br>1            | TD-Cours 2<br>Puissances de matrice et applications | AL-4 | <ul style="list-style-type: none"><li>• Calcul de puissance :</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <b>TD-COURS 2 :</b> Puissances de matrice <ul style="list-style-type: none"><li>- Sur des exemples, application au calcul de puissances <math>n</math>-ièmes d'une matrice carrée.</li><li>- Exemples de calculs de puissances <math>n</math>-ièmes d'une matrice carrée, non nécessairement diagonalisable, à l'aide de la formule du binôme.</li><li>- Couple de suite récurrentes linéaires croisées</li><li>- Application à l'étude de Suites récurrentes linéaires d'ordre <math>n</math>.</li></ul> | <b>TP 4 (Partie 3) :</b> BASES DE DONNEES <ul style="list-style-type: none"><li>Commandes non exigibles</li><li>On pourra utiliser par commodité la liste d'opérateurs, fonctions et commandes ci-dessous.</li><li>- Les opérateurs ensemblistes : Union « UNION », intersection « INTERSECTION », différence « EXCEPT » .</li></ul> | 15            | DM 11 |                                                                                          |
|                                                          |                                                     |      | <ul style="list-style-type: none"><li>- par diagonalisation</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |       |                                                                                          |
|                                                          |                                                     |      | <ul style="list-style-type: none"><li>- par formule du binôme de Newton</li></ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |       |                                                                                          |
|                                                          |                                                     |      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |               |       |                                                                                          |

|                                           |                                                                                     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |               |                |      |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------------|------|
| S<br>E<br>M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>E<br>1 | Ch. 7<br>Intégrales<br>généralisées                                                 | CI | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Intégration sur un intervalle non borné <math>[a; +\infty[, ]-\infty; b], ]-\infty; +\infty[</math></li> <li>- Convergence des intégrales <math>\int f(t) dt</math> où <math>f</math> est définie sur <math>[a; +\infty[</math></li> <li>- Linéarité, positivité, relation de Chasles</li> <li>- Règles de calcul sur les intégrales convergentes, linéarité, relation de Chasles, positivité.</li> <li>- Convergence des intégrales de Riemann <math>\int \frac{1}{t^2} dt</math> sur <math>[1; +\infty[</math> et <math>\int e^{-at} dt</math> sur <math>[0; +\infty[</math></li> <li>- Convergence absolue</li> <li>- Extension des notions précédentes aux intervalles <math>] -\infty; b]</math> et <math>] -\infty; +\infty[</math>.</li> <li>• Convergence des intégrales de fonctions positives sur un intervalle de type <math>[a; +\infty[</math> ou <math>] -\infty; a]</math></li> <li>- Soit <math>f</math> une fonction continue et positive sur <math>[a; +\infty[</math>. L'intégrale généralisée converge si et seulement si la fonction primitive est majorée sur <math>[a; +\infty[</math>.</li> <li>- Règles de comparaison dans les cas <math>f \leq g</math>, <math>f = o(g)</math> et avec <math>f</math> et <math>g</math> positives au voisinage de <math>+\infty</math>.</li> <li>- On utilisera comme intégrales de référence les intégrales de Riemann et avec <math>\exp(-at)</math></li> </ul> | <b>TD 7 :</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Convergence d'intégrales généralisées</li> <li>- Calcul d'intégrales généralisées</li> </ul>                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les opérateurs spécifiques de l'algèbre relationnelle : projection, sélection (ou restriction), renommage, produit cartésien.</li> <li>- Les fonctions d'agrégation : Min « MIN », max « MAX », somme « SUM », moyenne « AVG », comptage « COUNT ».</li> <li>- Les commandes « DISTINCT », « ORDER BY ».</li> </ul>                    | 16<br>&<br>17 | DM 12<br>DM 13 | DS 4 |
| S<br>E<br>M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>E<br>1 | TD-Cours 3<br>Systèmes<br>différentiels<br>linéaires à<br>coefficients<br>constants | SD | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Écriture sous la forme <math>X' = AX</math> où <math>A</math> est une matrice réelle</li> <li>- Existence et unicité de la solution d'un problème de Cauchy</li> <li>- Pratique de la résolution dans le cas où la matrice <math>A</math> est diagonalisable de taille 2 ou 3</li> <li>- Comportement asymptotique des trajectoires en fonction du signe des valeurs propres de <math>A</math> dans le cas où <math>A</math> est diagonalisable</li> <li>- Stabilité des solutions, état d'équilibre</li> <li>- Équivalence entre une équation scalaire d'ordre 2 et un système de 2 équations d'ordre 1</li> <li>- Lien avec la forme des solutions d'une équation scalaire d'ordre 2 étudiée en première année.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <b>TD-Cours 3 :</b><br>Exemples de résolution :<br><ul style="list-style-type: none"> <li>- cas particulier où la matrice est diagonalisable</li> <li>- comportement asymptotique des trajectoires</li> </ul> | <b>TP 5 : EQUATIONS ET SYSTEMES DIFFERENTIELS</b><br><ul style="list-style-type: none"> <li>- Représentations graphiques de trajectoires. Sur des exemples des notions qualitatives en lien avec le programme.</li> <li>- Interprétation des paramètres. Influence des conditions initiales.</li> <li>- Utilisation du solveur : <code>scipy.integrate.odeint</code></li> </ul> | 18            | DM 14          |      |

|                                               |                                            |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |               |       |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------|-------|
| S<br>E<br>M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>E<br><br>2 | Ch. 8<br>Variables aléatoires<br>à densité | P-2 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables aléatoires à densité</li> <li>- Définition d'une variable aléatoire à densité. Définition d'une fonction densité. Caractérisation de la loi d'une variable à densité par la donnée d'une densité</li> <li>- Transformation affine d'une variable à densité.</li> <li>• Moments d'une variable aléatoire :</li> <li>- Espérance d'une variable aléatoire à densité</li> <li>Exemples de variables aléatoires n'admettant pas d'espérance. Variable aléatoire centrée</li> <li>- Théorème de transfert pour l'espérance à densité</li> <li>- Variance, écart-type, variables aléatoires centrées réduites. Exemples de variables aléatoires n'admettant pas de variance.</li> <li>• Lois à densité usuelles :</li> <li>- Loi uniforme sur un intervalle, Notation. Espérance, Variance.</li> <li>- Loi exponentielle, Notation. Caractérisation par l'absence de mémoire. Espérance, Variance</li> <li>- Loi normale centrée réduite</li> <li>- Fonction de répartition « Phi ». Propriété de la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite : <math>\forall x \in \mathbb{R}, \Phi(-x) = 1 - \Phi(x)</math>.</li> <li>- Loi normale ou de Laplace-Gauss. Espérance, Variance. Une somme de variables aléatoires indépendantes suivant des lois normales suit une loi normale.</li> <li>- Lien entre loi normale et loi normale centrée réduite</li> <li>- Représentation graphique des fonctions densités des lois normales et utilisation de la loi normale centrée réduite.</li> <li>- Exemples simples de transferts</li> <li>- Calculs de fonctions de répartition et de densités de fonctions d'une variable aléatoire à densité : densités de <math>aX + b</math>, <math>X^2</math>, <math>\exp(X)</math>, etc.</li> <li>Loi de <math>X = -\frac{1}{\lambda \ln(1 - Y)}</math>, où <math>Y</math> suit une loi uniforme à densité sur l'intervalle <math>[0; 1[</math></li> <li>- Transformées affines de variables aléatoires suivant des lois uniformes et normales</li> <li>• Compléments sur les variables aléatoires réelles quelconques</li> <li>- Indépendance de deux variables aléatoires réelles quelconques. Généralisation à un ensemble fini ou une suite de variables aléatoires réelles quelconques.</li> <li>- Lemme des coalitions</li> <li>- Espérance d'une somme de variables aléatoires. Généralisation à <math>n</math> variables aléatoires.</li> <li>- Croissance de l'espérance</li> <li>- Espérance du produit de variables aléatoires indépendantes. Généralisation à <math>n</math> variables aléatoires mutuellement indépendantes.</li> <li>- Variance d'une somme de variables aléatoires indépendantes. Généralisation à <math>n</math> variables aléatoires mutuellement indépendantes.</li> </ul> | <p><b>TD 8 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Détermination de la fonction de répartition de <math>f(X)</math> fonction d'une variable aléatoire <math>X</math>, cas particulier des fonction de référence</li> <li>- Étude de l'existence de la densité de <math>f(X)</math></li> <li>- Espérance et variance de <math>f(X)</math></li> <li>- Calcul de moments</li> </ul> |  | 19<br>&<br>20 | DM 15 |
|-----------------------------------------------|--------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------|-------|

Vacances de carnaval (du 6 février au 22 février 2027)

|                                               |                                                               |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |               |  |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--|
| S<br>E<br>M<br>E<br>S<br>T<br>R<br>E<br><br>2 | Ch. 9<br>Fonctions<br>numériques de deux<br>variables réelles | F2V | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonctions continues sur <math>\mathbb{R}^2</math></li> <li>- Exemples de fonctions réelles de deux variables réelles. Fonctions coordonnées <math>(x, y) \mapsto x</math> et <math>(x, y) \mapsto y</math></li> <li>Fonctions polynomiales de deux variables réelles</li> <li>- Distance euclidienne de deux points <math>\mathbb{R}^2</math>. Notation</li> <li>- Continuité d'une fonction définie sur <math>\mathbb{R}^2</math> et à valeurs dans <math>\mathbb{R}</math>. Lien avec la continuité des fonctions d'une variable réelle.</li> <li>- Opérations sur les fonctions continues : somme, le produit, quotient (quand le dénominateur est non nul) de deux fonctions continues, composée d'une fonction continue à valeurs dans un intervalle I de <math>\mathbb{R}</math> par une fonction continue sur I à valeurs dans <math>\mathbb{R}</math></li> <li>- Fonctions polynomiales de deux variables réelles sur <math>\mathbb{R}^2</math></li> <li>- Fonctions coordonnées sur <math>\mathbb{R}^2</math>.</li> <li>- Lignes de niveau : Illustration sur des exemples (Cobb-Douglas, etc.)</li> <li>• Calcul différentiel pour les fonctions définies sur <math>\mathbb{R}^2</math></li> <li>- Dérivées partielles d'ordre 1, Notations <math>\partial_1(f)</math>, <math>\partial_2(f)</math>. Fonctions de classe <math>\mathcal{C}^1</math></li> <li>- Lien entre classe <math>\mathcal{C}^1</math> et continuité</li> <li>- Opérations sur les fonctions de classe <math>\mathcal{C}^1</math></li> <li>- Gradient de <math>f</math> en un point. Notation</li> <li>- Développement limité d'ordre 1 d'une fonction de classe <math>\mathcal{C}^1</math>. Unicité</li> <li>- Dérivées partielles d'ordre 2. Notations</li> <li>- Lien entre classe <math>\mathcal{C}^2</math> et classe <math>\mathcal{C}^1</math></li> <li>- Opérations sur les fonctions de classe <math>\mathcal{C}^2</math></li> <li>- Théorème de Schwarz</li> <li>- Matrice hessienne d'une fonction de deux variables réelles au point <math>(x; y)</math>. Notation</li> <li>- Extrema d'une fonction de deux variables réelles</li> <li>- Notions d'ouverts et de fermés de <math>\mathbb{R}^2</math>. On donnera la définition d'un ensemble borné</li> <li>- Maximum, minimum local d'une fonction de deux variables réelles. Maximum, minimum global d'une fonction de deux variables réelles sur une partie de <math>\mathbb{R}^2</math></li> <li>- Une fonction continue sur une partie fermée et bornée de <math>\mathbb{R}^2</math> est bornée et atteint ses bornes sur cette partie</li> <li>- Condition nécessaire d'existence d'un extremum local. Point critique</li> <li>- Condition suffisante d'existence d'un extremum local</li> <li>- Point col (ou point selle)</li> </ul> | <p><b>TD 9 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Étude de fonctions de deux variables (Continuité, recherche d'extremums ...)</li> </ul> | <p><b>TP 6 :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Graphe d'une fonction de deux variables, lignes de niveau.</li> <li>- Étude d'extrema locaux et globaux. Programmation de fonctions variées permettant de mettre en évidence les notions d'extrema locaux ou globaux.</li> </ul> <p>On pourra prendre des exemples issus de l'économie ou de la finance : minimisation du risque, maximisation du profit...</p> | 21<br>&<br>22 |  |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--|



