T.D. III - Intégrale sur un segment

Exercice 1. Soit g la fonction définie pour tout $x \geqslant 1$ par $g(x) = \frac{\mathrm{e}^x}{x^3}$.

1. Déterminer la dérivée g' de g.

2. En déduire le tableau de variations de g.

3. En déduire l'encadrement : $0 \leqslant \displaystyle\int_1^3 g(t)\,\mathrm{d}t \leqslant 2\,\mathrm{e}$.

Exercice 2. Soit f la fonction définie pour tout $x \geqslant 1$ par $f(x) = \displaystyle\int_1^x \frac{\mathrm{e}^t}{t}\,\mathrm{d}t$.

1. Minorer $\frac{1}{t}$ pour tout $t \in [1,x]$ et en déduire que $f(x) \geqslant \frac{\mathrm{e}^x - \mathrm{e}}{x}$.

2. En déduire $\displaystyle\lim_{x\to+\infty} f(x)$.

Exercice 3. Montrer que $F(x) = \displaystyle\int_3^x (t^2 - 2t + 1)\,\mathrm{d}t$ est croissante.

Exercice 4. Calculer $\displaystyle\int_0^1 2\,\mathrm{e}^x + 3x^2\,\mathrm{d}x$.

Exercice 5. Calculer

1. $\displaystyle\int_0^1 x\,\mathrm{e}^x\,\mathrm{d}x$.

2. $\displaystyle\int_0^1 x^2\,\mathrm{e}^x\,\mathrm{d}x$.

3. $\displaystyle\int_0^1 x\ln(x)\,\mathrm{d}x$.

Exercice 6. Soit f la fonction définie pour tout $x \geqslant 1$ par $f(x) = \displaystyle\int_1^x \frac{\mathrm{e}^t}{t}\,\mathrm{d}t$.

1. Déterminer la dérivée f' de f.

2. En déduire l'équation de la tangente à la courbe représentative de f au point d'abscisse 1.

3. Déterminer la dérivée seconde f'' de f.

I - Calcul de primitives

Exercice 7. (Fonctions polynomiales) Déterminer des primitives des fonctions suivantes

1. $x^2 + x + 1$.

2. $2x^3 + 4x + 2$.

3. $4x^3 + 2x^2 - 1$.

4. $x^{10} + \frac{1}{5}x^4 + \frac{1}{2}$.

Exercice 8. (Fonctions puissances)

1. $x^{3/2}$.

2. $\frac{1}{\sqrt{x}}$.

3. $\frac{1}{3x^2}$.

4. $\frac{4}{x^5}$.

5. $(2x+1)(x^2+x)^5$.

6. $(x^2+1)(x^3+3x+4)$.

Exercice 9. (Logarithmes & Exponentielles)

1. $\frac{3}{x}$.

2. $\frac{3x^2+4x}{x^3+2x^2+1}$.

3. e^{2x}.

4. $\frac{1}{\mathrm{e}^{12x}}$.

5. $(\mathrm{e}^x + 1)(\mathrm{e}^x + x)^{22}$.

6. $\frac{\mathrm{e}^x + 1}{\mathrm{e}^x + x}$.

Exercice 10. (Calculs d'intégrales) Calculer les intégrales suivantes :

1. $\displaystyle\int_0^1 (x^2 + 3x + 1)\,\mathrm{d}x$.

2. $\displaystyle\int_{-2}^1 \mathrm{e}^{3x}\,\mathrm{d}x$.

3. $\displaystyle\int_1^{-1} \mathrm{e}^3\,\mathrm{d}x$.

4. $\displaystyle\int_2^1 \frac{1}{x}\,\mathrm{d}x$.

II - Propriétés de l'intégale

Exercice 11. (Loi uniforme) Soit f la fonction définie par $f(x) = 0$ si $x \notin [1,3]$ et $f(x) = \frac{1}{2}$ sinon.

1. Représenter graphiquement la fonction f.

2. Déterminer les intégrales suivantes :

a) $\displaystyle\int_{-2}^{0} f(x)\,\mathrm{d}x.$

b) $\displaystyle\int_{-1}^{3/2} f(x)\,\mathrm{d}x.$

c) $\displaystyle\int_{-1}^{2} f(x)\,\mathrm{d}x.$

d) $\displaystyle\int_{-4}^{3} f(x)\,\mathrm{d}x.$

e) $\displaystyle\int_{-5}^{10} f(x)\,\mathrm{d}x.$

3. Si $x \in [1,3]$, déterminer $\displaystyle\int_{1}^{x} f(t)\,\mathrm{d}t.$

Exercice 12. (Loi exponentielle) Soit f la fonction définie par $f(x)=0$ si $x<0$ et $f(x)=2\,\mathrm{e}^{-2x}$ sinon.

1. Représenter graphiquement la fonction f.

2. Déterminer les intégrales suivantes :

a) $\displaystyle\int_{-2}^{0} f(x)\,\mathrm{d}x.$

b) $\displaystyle\int_{-1}^{3/2} f(x)\,\mathrm{d}x.$

c) $\displaystyle\int_{-1}^{2} f(x)\,\mathrm{d}x.$

d) $\displaystyle\int_{-4}^{3} f(x)\,\mathrm{d}x.$

e) $\displaystyle\int_{-5}^{10} f(x)\,\mathrm{d}x.$

3. Si $x \geqslant 0$, déterminer $\displaystyle\int_{0}^{x} f(t)\,\mathrm{d}t$ et en déduire $\displaystyle\lim_{x\to+\infty}\int_{0}^{x} f(t)\,\mathrm{d}t.$

Exercice 13. Calculer $\displaystyle\int_{-1}^{5} |x-2|\,\mathrm{d}x.$

Exercice 14. Soit $I=\displaystyle\int_{0}^{1}\frac{1}{1+x}\,\mathrm{d}x$ et $J=\displaystyle\int_{0}^{1}\frac{x}{1+x}\,\mathrm{d}x.$

1. Calculer I.

2. Calculer $I+J$.

3. En déduire la valeur de J.

Exercice 15. Soit $I=\displaystyle\int_{0}^{1}\frac{x}{1+x^2}\,\mathrm{d}x$ et $J=\displaystyle\int_{0}^{1}\frac{x^3}{1+x^2}\,\mathrm{d}x.$

1. Calculer I.

2. Calculer $I+J$.

3. En déduire la valeur de J.

Exercice 16. Pour tout n entier naturel, on pose $u_n=\displaystyle\int_{0}^{1/2}\frac{x^n}{1-x^2}\,\mathrm{d}x.$

1. Montrer que la suite (u_n) est décroissante.

2. Montrer que (u_n) est minorée par 0.

3. En minorant $1-x^2$, montrer que $u_n \leqslant \frac{4}{3(n+1)}\left(\frac{1}{2}\right)^{n+1}$.

4. En déduire la limite de la suite (u_n).

Exercice 17. Pour tout n entier naturel non nul, on pose $I_n=\displaystyle\int_{0}^{1}\ln(1+x^n)\,\mathrm{d}x.$

1. Montrer que, pour tout n entier naturel non nul, $0 \leqslant I_n \leqslant \ln(2)$.

2. Étudier les variations de la suite (I_n).

3. En déduire que la suite (I_n) converge.

III - Intégrations par parties

Exercice 18. (⚙) À l'aide d'une intégration par parties, calculer les intégrales suivantes :

1. $\displaystyle\int_0^1 x\,\mathrm{e}^x\,\mathrm{d}x$.

2. $\displaystyle\int_1^2 x\,\mathrm{e}^{2x}\,\mathrm{d}x$.

3. $\displaystyle\int_1^{\mathrm{e}} x\ln(x)\,\mathrm{d}x$.

4. $\displaystyle\int_1^2 x^2\ln(x)\,\mathrm{d}x$.

5. $\displaystyle\int_1^{\mathrm{e}} (\ln(t))^2\,\mathrm{d}t$.

6. $\displaystyle\int_1^{\mathrm{e}} t^2\,\mathrm{e}^t\,\mathrm{d}t$.

Exercice 19. (✎) Pour tout n entier naturel, on pose $u_n = \displaystyle\int_0^1 (1-t)^n\,\mathrm{e}^t\,\mathrm{d}t$.

1. Calculer u_0.

2. Montrer que $f(t) = (2-t)\,\mathrm{e}^t$ est une primitive de la fonction $g(t) = (1-t)\,\mathrm{e}^t$.

3. Déterminer la valeur de u_1.

4. À l'aide d'une intégration par parties, montrer que, pour tout n entier naturel, $u_{n+1} = (n+1)u_n - 1$.

5. Montrer que la suite (u_n) converge et déterminer sa limite.

6. Déterminer la limite de (nu_n).

Exercice 20. (✎) Pour tout n entier naturel non nul, on pose $u_n = \displaystyle\int_1^{\mathrm{e}} t(\ln(t))^n\,\mathrm{d}t$.

1. Calculer u_0.

2. a) Montrer que, pour tout $t \in [1,\mathrm{e}]$, $0 \leqslant \ln(t) \leqslant 1$.

b) En déduire que la suite (u_n) est décroissante.

3. En utilisant une intégration par parties, montrer que pour tout n entier naturel, $u_{n+1} = \frac{\mathrm{e}^2}{2} - \frac{n+1}{2}u_n$.

4. En déduire u_1, u_2 et u_3.