Université Antilles–Guyane
UFR Sciences Exactes et Naturelles
Dépt de Mathématiques et Informatique
Dépt Scientifique Interfacultaire

DEUG MIAS 1^e année
Module MIP 2
2^e semestre 2002–2003

Mathématiques 2 / Analyse — T.D. série n° 1 : *Intégration.*

Exercice 1. Calculer, à l'aide d'intégration par parties, les primitives

$$\text{(a)} \int \ln x \,\mathrm{d}x \ , \qquad \text{(b)} \int \arctan x \,\mathrm{d}x \ , \qquad \text{(c)} \int e^x \sin x \,\mathrm{d}x \ ,$$
$$\text{(d)} \int \frac{x\,e^x}{(1+e^x)^3} \,\mathrm{d}x \ , \qquad \text{(e)} \int x\,e^{2x+1} \,\mathrm{d}x \ , \qquad \text{(f)} \int \frac{1}{(x^2+1)^2} \,\mathrm{d}x \ .$$

(Indication pour (f) : intégrer par parties $\displaystyle\int \frac{1}{x^2+1}\,\mathrm{d}x$.)

Exercice 2. On pose $I_n(x) = \displaystyle\int (\ln x)^n \,\mathrm{d}x$ pour tout $n \in \mathbb{N}$. Etablir une relation de récurrence entre $I_n(x)$ et $I_{n-1}(x)$ (pour $n \in \mathbb{N}^*$). Calculer $I_3(x)$.

Exercice 3. Démontrer la **formule de Taylor avec reste intégral** : Pour tout $a, x \in \mathbb{R}$ et $f \in \mathcal{C}^{n+1}([a,x])$ ($n+1$ fois continûment dérivable), on a

$$f(x) = f(a) + f'(a)\,(x-a) + \cdots + \frac{1}{n!}\,f^{(n)}(a)\,(x-a)^n + \frac{1}{n!}\int_a^x f^{(n+1)}(t)\,(x-t)^n \,\mathrm{d}t \ .$$

(Indication : utiliser une récurrence sur n, et une intégration par parties.)

Exercice 4. Soit f une fonction de classe $\mathcal{C}^3$ sur un intervalle I de $\mathbb{R}$ telle que

$$\exists M > 0 \ , \quad \forall t \in I \ : \quad |f^{(3)}(t)| \le M \ .$$

En utilisant la formule de Taylor avec reste intégral, montrer

$$\forall a, x \in I : \ \left| f(x) - f(a) - f'(a)\,(x-a) - \frac{1}{2}\,f''(a)\,(x-a)^2 \right| \le \frac{M}{6}\,|x-a|^3 \ .$$

Exercice 5. On pose $f(x) = \ln(1+x^2)$. En appliquant à f la formule de Taylor avec reste intégral sur $[0,1]$, à un ordre convenable, montrer que :

$$\int_0^1 \frac{(1+t)\,(1-t)^2}{(1+t^2)^2} \,\mathrm{d}t = \frac{\ln 2}{2}.$$

Exercice 6. Montrer que pour $f, g \in \mathcal{C}([a,b])$, si $g > 0$ sur $]a,b[$, alors

$$\exists \xi \in [a,b] : \int_a^b f(x)\,g(x)\,\mathrm{d}x = f(\xi) \int_a^b g(x)\,\mathrm{d}x$$

(théorème de la moyenne généralisé). [Indication : étudier $G(x) = \int_a^x g(t)\,\mathrm{d}t$ pour justifier le changement de variable $u(x) = a + G(x) \cdot (b-a)/G(b)$.]

Exercice 7. Soit f une fonction de classe $\mathcal{C}^2$ sur $\mathbb{R}$, telle que $f(0) = 0$.

Pour tout $x \in \mathbb{R}$, on pose $F(x) = \displaystyle\int_0^x f(t)\,\mathrm{d}t - \frac{x}{2} f(x)$.

(a) Montrer que F est de classe $\mathcal{C}^2$ sur $\mathbb{R}$, et calculer $F''(x)$, $(x \in \mathbb{R})$.

(b) En appliquant à F la formule de Taylor avec reste intégral à l'ordre 1, montrer que pour tout $x \in \mathbb{R}$:

$$F(x) = -\frac{1}{2} \int_0^x t\,(x - t)\, f''(t)\,\mathrm{d}t \ .$$

Exercice 8. Calculer les primitives suivantes (intégration à vue) :

$$I_1 = \int \left(x + \frac{1}{x}\right)^2 \mathrm{d}x \ , \quad I_2 = \int \frac{\ln x}{x}\,\mathrm{d}x \ , \quad I_3 = \int \frac{1}{x \ln x}\,\mathrm{d}x \ ,$$

$$I_4 = \int \frac{2x - \sin x}{\sqrt{x^2 + \cos x}}\,\mathrm{d}x \ , \quad I_5 = \int \frac{\cos x}{(\sin x)^n}\,\mathrm{d}x \quad (n > 1) \ .$$

Exercice 9. Calculer, à l'aide d'un changement de variable, les primitives :

$$A = \int (\sin x \cos x - 2 \sin^3 x \cos^2 x)\,\mathrm{d}x \ , \quad B = \int \frac{\mathrm{d}x}{x \ln x \ln(\ln x)} \ ,$$

$$D = \int \frac{e^x\ \mathrm{d}x}{(1 + e^x)\sqrt{e^x - 1}} \ , \quad E = \int \frac{2\,x\ \mathrm{d}x}{\sqrt{2x + 1}} \ , \quad F = \int \frac{\mathrm{d}x}{5 \operatorname{ch} x + 3 \operatorname{sh} x + 4} \ .$$

Exercice 10. Décomposer en éléments simples (sur $\mathbb{R}$) les fractions rationnelles

$$f(x) = \frac{x + 3}{x^2 - 4} \ , \quad g(x) = \frac{2x^2 + 3x - 1}{(x - 2)(x^2 + 2x + 5)} \ , \quad h(x) = \frac{x^2 - 2x + 2}{(x + 1)^2} \ ,$$

$$v(x) = \frac{6x^2 + 12x + 4}{x(x + 2)^2} \ , \quad w(x) = \frac{x^2 + x + 1}{(x^2 + 1)(x - 1)^3} \ .$$

Exercice 11. Calculer les primitives :

$$A = \int \frac{x + 2}{x^2 + x - 6}\,\mathrm{d}x \ , \quad B = \int \frac{x^3 - 2}{x^3 - x^2}\,\mathrm{d}x \ ,$$

$$C = \int \frac{3x + 2}{x^2 + x + 1}\,\mathrm{d}x \ , \quad D = \int \frac{x^3 + 1}{x\,(x - 1)^2}\,\mathrm{d}x \ , \quad E = \int \frac{2}{x^2\,(x^2 + 1)^2}\,\mathrm{d}x \ .$$

Exercice 12. Décomposer en éléments simples et calculer la primitive de

$$f(x) = \frac{x^2 - x + 2}{x^5 + x^2} \quad \text{et} \quad g(x) = \frac{x^5 - x^3 + 3x^2 + 5x + 2}{(x - 1)^2\,(x^2 + 2x + 2)} \ .$$

Exercice 13. Calculer les primitives

$$A = \int \frac{x^3 + 1}{x(x - 1)^2}\,\mathrm{d}x \ , \quad B = \int \frac{e^x - 1}{e^x + 1}\,\mathrm{d}x \ ,$$

$$D = \int \frac{x^3}{(x^2 + 1)^3}\,\mathrm{d}x \ , \quad E = \int \frac{\mathrm{d}x}{\sin x} \ , \quad F = \int \sqrt{\frac{x - 1}{x + 1}}\,\mathrm{d}x \ .$$