

# Corrigé des exercices du cours « Intégrations »

## Exercice 1 : Intégrations par partie (page 46)

Calculer les valeurs exactes des quantités suivantes :

$$\begin{aligned}
 A &= \int_{-1}^1 x e^{3x} dx & B &= \int_0^1 y^4 e^y dy \\
 C &= \int_0^1 (t^2 + t) e^{2t} dt & D &= \int_1^e 1 \cdot \ln(x) dx \\
 E_n &= \int_1^e u^n \ln(u) du \quad (n \in \mathbb{N}) & F &= \int_{\sqrt{e}}^e \frac{\ln(v)}{v} dv \\
 G &= \int_1^{e^2} (2x^3 + 1) \ln(x) dx & H &= \int_1^4 \sqrt{3s} \ln(s) ds
 \end{aligned}$$

## Correction

A : On pose  $g(x) = x$  et  $f'(x) = e^{3x}$  d'où on tire on  $g'(x) = 1$  et  $f(x) = e^{3x}/3$  et on utilise la formule d'intégration par partie.

$$\begin{aligned}
 \int_{-1}^1 x e^{3x} dx &= \int_{-1}^1 g(x) f'(x) dx = [g(x) f(x)]_{-1}^1 - \int_{-1}^1 g'(x) f(x) dx \\
 &= [x e^{3x}/3]_{-1}^1 - \int_{-1}^1 \frac{e^{3x}}{3} dx = \frac{e^3 + e^{-3}}{3} - [e^{3x}/9]_{-1}^1 = \frac{e^3 + e^{-3}}{3} - \frac{e^3 - e^{-3}}{9} \\
 &= \frac{2e^3 + 4e^{-3}}{9} = \frac{2(e^3 + 2e^{-3})}{9}
 \end{aligned}$$

B : On va résoudre un problème un peu plus général. On pose  $I_n = \int_0^1 y^n e^y dy$  et on cherche une relation de récurrence entre  $I_n$  et  $I_{n-1}$ . Il suffira ensuite de calculer  $B = I_4$ . Pour trouver la relation de récurrence, on pose  $g(y) = y^n$  et  $f'(y) = e^y$  d'où on tire on  $g'(y) = n y^{n-1}$  et  $f(y) = e^y$  avant d'utiliser la formule d'intégration par partie.

$$\begin{aligned}
 I_n &= \int_0^1 y^n e^y dy = \int_0^1 g(y) f'(y) dy = [g(y) f(y)]_0^1 - \int_0^1 g'(y) f(y) dy \\
 &= [y^n e^y]_0^1 - \int_0^1 n y^{n-1} e^y dy = e - n I_{n-1}
 \end{aligned}$$

Il ne reste plus qu'à utiliser notre relation de récurrence pour trouver  $I_4$ . On calcule tout d'abord  $I_0 = \int_0^1 e^y dy = [e^y]_0^1 = (e - 1)$  puis on déroule la récurrence :

$$\begin{aligned}
 I_0 &= e - 1 \\
 I_1 &= e - I_0 = 1 \\
 I_2 &= e - 2I_1 = e - 2 \\
 I_3 &= e - 3I_2 = e - 3(e - 2) = 6 - 2e \\
 I_4 &= e - 4I_3 = e - 4(6 - 2e) = 9e - 24
 \end{aligned}$$

C : On raisonne comme pour le problème précédent en posant  $J_n = \int_0^1 t^n e^{2t} dt$  et on cherche une relation de récurrence entre  $J_n$  et  $J_{n-1}$ . Il suffira ensuite de calculer  $C = J_2 + J_1$ . Pour trouver la relation de récurrence, on pose  $g(t) = t^n$  et  $f'(t) = e^{2t}$  d'où on tire on  $g'(t) = nt^{n-1}$  et  $f(t) = e^{2t}/2$  avant d'utiliser la formule d'intégration par partie.

$$\begin{aligned} J_n &= \int_0^1 t^n e^{2t} dt = \int_0^1 g(t) f'(t) dt = [g(t) f(t)]_0^1 - \int_0^1 g'(t) f(t) dt \\ &= [t^n e^{2t}/2]_0^1 - \int_0^1 nt^{n-1} \frac{e^{2t}}{2} dt = \frac{e^2}{2} - \frac{n}{2} J_{n-1} \end{aligned}$$

Il ne reste plus qu'à utiliser notre relation de récurrence pour trouver  $C$ . On calcule tout d'abord  $J_0 = \int_0^1 e^{2t} dt = [e^{2t}/2]_0^1 = \frac{e^2-1}{2}$  puis on déroule la récurrence :

$$\begin{aligned} J_0 &= \frac{e^2 - 1}{2} \\ J_1 &= \frac{e^2}{2} - J_0 = \frac{1}{2} \\ J_2 &= \frac{e^2}{2} - 2J_1 = \frac{e^2}{2} - 1 = \frac{e^2 - 2}{2} \end{aligned}$$

d'où on déduit  $C = J_2 + J_1 = \frac{e^2-1}{2}$

D : On pose  $g(x) = \ln(x)$  (on n'a pas vraiment le choix, on ne sait pas calculer une primitive de  $\ln(x)$ ) et  $f'(x) = 1$  d'où on tire on  $g'(x) = 1/x$  et  $f(x) = x$  et on utilise la formule d'intégration par partie.

$$\begin{aligned} \int_1^e 1 \cdot \ln(x) dx &= \int_1^e g(x) f'(x) dx = [g(x) f(x)]_1^e - \int_1^e g'(x) f(x) dx \\ &= [x \ln(x)]_1^e - \int_1^e \frac{1}{x} \cdot x dx = [x \ln(x) - x]_1^e = 1 \end{aligned}$$

On vient de prouver au passage que  $x \mapsto x \ln(x) - x$  est une primitive de  $x \mapsto \ln(x)$ .

E : On pose  $g(u) = \ln(u)$  et  $f'(u) = u^n$  d'où on tire on  $g'(u) = 1/u$  et  $f(u) = u^{n+1}/(n+1)$  avant d'utiliser la formule d'intégration par partie.

$$\begin{aligned} E_n &= \int_1^e u^n \ln(u) du = \int_1^e g(u) f'(u) du = [g(u) f(u)]_1^e - \int_1^e g'(u) f(u) du \\ &= \left[ \frac{u^{n+1}}{n+1} \ln(u) \right]_1^e - \int_1^e \frac{u^{n+1}}{n+1} \frac{1}{u} du = \frac{e^{n+1}}{n+1} - \int_1^e \frac{u^n}{n+1} du \\ &= \frac{e^{n+1}}{n+1} - \left[ \frac{u^{n+1}}{(n+1)^2} \right]_1^e = \frac{e^{n+1}}{n+1} - \frac{e^{n+1} - 1}{(n+1)^2} = \frac{ne^{n+1} + 1}{(n+1)^2} \end{aligned}$$

En reprenant le calcul sans calculer les crochets intermédiaires, on aurait pu écrire :

$$\int_1^e u^n \ln(u) du = \left[ \frac{u^{n+1}}{n+1} \ln(u) - \frac{u^{n+1}}{(n+1)^2} \right]_1^e$$

qui nous montre qu'une primitive de  $u \mapsto u^n \ln(u)$  est  $u \mapsto \frac{u^{n+1}}{(n+1)^2} ((n+1) \ln(u) - 1)$

F : On pose  $g(v) = \ln(v)$  et  $f'(v) = 1/v$  d'où on tire on  $g'(v) = 1/v$  et  $f(v) = \ln(v)$  et on utilise la formule d'intégration par partie.

$$\begin{aligned} \int_{\sqrt{e}}^e \frac{\ln(v)}{v} dv &= \int_{\sqrt{e}}^e g(v) f'(v) dv = [g(v) f(v)]_{\sqrt{e}}^e - \int_{\sqrt{e}}^e g'(v) f(v) dv \\ &= [\ln(v)^2]_{\sqrt{e}}^e - \int_{\sqrt{e}}^e \frac{\ln(v)}{v} dv = \frac{3}{4} - \int_{\sqrt{e}}^e \frac{\ln(v)}{v} dv \end{aligned}$$

D'où on déduit  $2F = 3/4$  et donc  $F = 3/8$ .

G : Pour cet intégrale, on sert des résultats trouvés pour les intégrales  $D$  et  $E_n$

$$G_3 = \int_1^{e^2} x^3 \ln(x) dx = \left[ \frac{x^4}{4} \ln(x) - \frac{x^4}{16} \right]_1^{e^2} = \frac{2e^8}{4} - \frac{e^8}{16} + \frac{1}{16} = \frac{7e^8 + 1}{16}$$

$$G_1 = \int_1^{e^2} \ln(x) dx = [x \ln(x) - x]_1^{e^2} = (2e^2 - e^2) + 1 = e^2 + 1$$

D'où on déduit par linéarité de l'intégrale :

$$G = 2G_3 + G_1 = \frac{7e^8 + 1}{8} + e^2 + 1$$

H : On pose  $g(s) = \ln(s)$  et  $f'(s) = \sqrt{3s}$  d'où on tire on  $g'(s) = 1/s$  et  $f(s) = \frac{2}{9}(3s)^{3/2}$  et on utilise la formule d'intégration par partie.

$$\begin{aligned} \int_1^4 \sqrt{3s} \ln(s) ds &= \int_1^4 g(s) f'(s) ds = [g(s) f(s)]_1^4 - \int_1^4 g'(s) f(s) ds \\ &= \left[ \frac{2}{9} (3s)^{3/2} \ln(s) \right]_1^4 - \int_1^4 \frac{2}{9} 3^{3/2} \sqrt{s} ds = \frac{2 \cdot 3^{3/2}}{9} \left[ s^{3/2} \ln(s) - \frac{2s^{3/2}}{3} \right]_1^4 \\ &= \frac{2}{\sqrt{3}} \left( (8 \ln(4) - \ln(1)) - \frac{16 - 2}{3} \right) = \frac{4}{\sqrt{3}} \left( 8 \ln(2) - \frac{7}{3} \right) \end{aligned}$$

## Exercice 2 : Formules trigonométriques (II)

Calculer les intégrales suivantes à l'aide d'une ou plusieurs IPP (et éventuellement d'un peu de linéarisation...)

$$A = \int_0^{\pi/2} \cos(x) e^x dx$$

$$B = \int_0^{\pi/2} \sin(x) e^x dx$$

$$C = \int_0^1 x^2 \cos(x) dx$$

$$D = \int_0^1 x^2 \cos^2(x) dx$$

## Correction

Pour les questions A, B, C, il faut 2 IPP. Pour la 4, il faut aussi linéariser le  $\cos^2(x)$ .

**A+iB** : On peut passer par les complexes en posant  $E = A + iB$ . On a alors :

$$\begin{aligned} E &= \int_0^{\pi/2} (\cos(x) + i \sin(x)) e^x dx = \int_0^{\pi/2} e^{ix} \cdot e^x dx = \int_0^{\pi/2} e^{(1+i)x} dx = \left[ \frac{e^{(1+i)x}}{1+i} \right]_0^{\pi/2} \\ &= \frac{1}{i+1} (e^{\pi/2} \cdot e^{i\pi/2} - e^0 \cdot e^{i \cdot 0}) = \frac{1}{1+i} (e^{\pi/2} i - 1) = \frac{1}{2} (e^{\pi/2} i - 1) (1-i) \\ &= \frac{e^{\pi/2} - 1}{2} + i \frac{e^{\pi/2} + 1}{2} \end{aligned}$$

Par identification des parties réelles et imaginaires,  $A = \frac{e^{\pi/2} - 1}{2}$  et  $B = \frac{e^{\pi/2} + 1}{2}$ .

**A** : On pose  $f(x) = \cos(x)$  et  $g'(x) = e^x$  d'où on tire  $f'(x) = -\sin(x)$  et  $g(x) = e^x$ .

$$\begin{aligned} A &= \int_0^{\pi/2} \cos(x) e^x dx = \int_0^{\pi/2} f(x) g'(x) dx = [f(x) g(x)]_0^{\pi/2} - \int_0^{\pi/2} f'(x) g(x) dx \\ &= [\cos(x) e^x]_0^{\pi/2} - \int_0^{\pi/2} (-\sin(x)) e^x dx = -1 + \int_0^{\pi/2} \sin(x) e^x dx \end{aligned}$$

Qui fait apparaître  $B$ . On fait une nouvelle IPP pour calculer  $B$  en posant  $f(x) = \sin(x)$  et  $g'(x) = e^x$  (c'est à dire  $f'(x) = \cos(x)$  et  $g(x) = e^x$ ) pour aboutir à

$$\begin{aligned} B &= \int_0^{\pi/2} \sin(x)e^x dx = \int_0^{\pi/2} f(x)g'(x)dx = [f(x)g(x)]_0^{\pi/2} - \int_0^{\pi/2} f'(x)g(x)dx \\ &= [\sin(x)e^x]_0^{\pi/2} - \int_0^{\pi/2} \cos(x)e^x dx = e^{\pi/2} - A \end{aligned}$$

En combinant les deux égalités précédentes, on obtient

$$A = e^{\pi/2} - 1 - A$$

D'où on déduit  $A = \frac{e^{\pi/2}-1}{2}$

- B :** En repartant des résultats de la question précédente, on a  $B = e^{\pi/2} - A$  et  $A = -1 + B$ . En combinant les deux expressions pour éliminer  $A$ , on trouve  $B = e^{\pi/2} + 1 - B$  d'où on déduit  $B = \frac{e^{\pi/2}+1}{2}$
- C :** On va faire 2 IPP en dérivant les puissances de  $x$  pour se ramener à une intégrale qu'on sait calculer. On pose  $f(x) = x^2$  et  $g'(x) = \cos(x)$  (c'est à dire  $f'(x) = 2x$  et  $g(x) = \sin(x)$ ) puis on fait une IPP

$$\begin{aligned} C &= \int_0^1 x^2 \cos(x) dx = \int_0^1 f(x)g'(x)dx = [f(x)g(x)]_0^1 - \int_0^1 f'(x)g(x)dx \\ &= [x^2 \sin(x)]_0^1 - \int_0^1 2x \sin(x) dx = \sin(1) - 2 \int_0^1 x \sin(x) dx \end{aligned}$$

On fait une nouvelle IPP en posant  $f(x) = x$  et  $g'(x) = \sin(x)$  (c'est à dire  $f'(x) = 1$  et  $g(x) = -\cos(x)$ ) pour calculer  $\int_0^1 x \sin(x) dx$ . On obtient :

$$\begin{aligned} \int_0^1 x \sin(x) dx &= \int_0^1 f(x)g'(x)dx = [f(x)g(x)]_0^1 - \int_0^1 f'(x)g(x)dx \\ &= [-x \cos(x)]_0^1 - \int_0^1 (-\cos(x))dx = -\cos(1) + \int_0^1 \cos(x)dx \\ &= -\cos(1) + [\sin(x)]_0^1 = \sin(1) - \cos(1) \end{aligned}$$

En combinant les deux égalités, on obtient  $C = \sin(1) - 2(\sin(1) - \cos(1)) = 2\cos(1) - \sin(1)$ .

- D :** On commence par linéariser  $\cos^2(x)$  en  $\cos^2(x) = \frac{1+\cos(2x)}{2}$  pour se ramener à la forme plus simple :  $D = \frac{1}{2} \int_0^1 x^2 dx + \frac{1}{2} \int_0^1 x^2 \cos(2x) dx$ . Le premier terme donne  $1/6$  et le deuxième se traite de la même façon que dans la question précédente pour donner  $\frac{1}{8}(\sin(2) + 2\cos(2))$ . On aboutit au final à  $D = \frac{1}{8}(\sin(2) + 2\cos(2)) + \frac{1}{6}$

### Exercice 3 : Changement de variables (I)

Calculer les intégrales suivantes à l'aide du changement de variable proposé.

$$\begin{aligned}
A &= \int_{\pi/4}^{\pi/3} \tan(\theta) d\theta && \text{en posant } v = \cos(\theta) \\
B &= \int_0^{\pi/2} \cos^3(\theta) d\theta && \text{en posant } v = \sin(\theta) \\
C &= \int_0^{\pi/\omega} \cos\left(\frac{\pi}{3} - \frac{\omega t}{2}\right) dt && \text{en posant } y = \frac{\pi}{3} - \frac{\omega t}{2} \\
D &= \int_{x_0}^{x_0+H} (x - x_0) e^{-\left(\frac{x-x_0}{h}\right)^2} dx && \text{en posant } z = \left(\frac{x-x_0}{h}\right)^2 \\
E &= \int_0^R \frac{dr}{(R^2 + r^2)^{3/2}} && \text{en posant } r = R \tan(\alpha)
\end{aligned}$$

### Correction

Pour toutes ces intégrales, la méthode à adopter est celle détaillée en cours :

1. On change les bornes
2. On change l'éléments différentiel
3. On change l'intégrande (l'expression dans l'intégrale)

pour se ramener à une intégrale plus simple et finir le calcul (éventuellement via des étapes intermédiaires).

**A :** On change les bornes,  $\theta = \pi/4 \Rightarrow v = \cos(\pi/4) = \sqrt{2}/2$  et  $\theta = \pi/3 \Rightarrow v = \cos(\pi/3) = 1/2$ . On a également l'égalité  $dv = -\sin(\theta)d\theta$  entre éléments différentiels. Le changement de variable donne alors

$$A = \int_{\theta=\pi/4}^{\theta=\pi/3} \tan(\theta) d\theta = \int_{v=\sqrt{2}/2}^{v=1/2} \underbrace{\frac{\sin(\theta)d\theta}{\cos(\theta)}}_{=dv} = \int_{\sqrt{2}/2}^{1/2} \frac{-dv}{v} = \int_{1/2}^{\sqrt{2}/2} \frac{dv}{v} = [\ln |v|]_{1/2}^{\sqrt{2}/2} = \frac{\ln(2)}{2}$$

**B :** On change les bornes,  $\theta = 0 \Rightarrow v = \sin(0) = 0$  et  $\theta = \pi/2 \Rightarrow v = \sin(\pi/2) = 1$ . On a également l'égalité  $dv = \cos(\theta)d\theta$  entre éléments différentiels. Le changement de variable donne alors

$$B = \int_{\theta=0}^{\theta=\pi/2} \cos^3(\theta) d\theta = \int_{v=0}^{v=1} \underbrace{\cos^2(\theta)}_{=1-\sin^2(\theta)=1-v^2} \underbrace{\cos(\theta)d\theta}_{=dv} = \int_0^1 (1-v^2) dv = \left[ x - \frac{x^3}{3} \right]_0^1 = \frac{2}{3}$$

**C :** On change les bornes,  $t = 0 \Rightarrow y = \frac{\pi}{3}$  et  $t = \pi/\omega \Rightarrow y = \frac{\pi}{3} - \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{6}$ . On a également l'égalité  $dy = -\frac{\omega}{2} dt$ , qui se réécrit  $dt = -\frac{2}{\omega} dy$ , entre éléments différentiels. Le changement de variable donne alors

$$\begin{aligned}
C &= \int_{t=0}^{t=\pi/\omega} \cos\left(\frac{\pi}{3} - \frac{\omega t}{2}\right) dt = \int_{y=\pi/3}^{y=-\pi/6} \underbrace{\cos\left(\frac{\pi}{3} - \frac{\omega t}{2}\right)}_{=\cos(y)} \underbrace{dt}_{=-\frac{2}{\omega} dy} = \int_{-\pi/6}^{\pi/3} \frac{2 \cos(y) dy}{\omega} \\
&= \frac{2}{\omega} [\sin(y)]_{-\pi/6}^{\pi/3} = \frac{\sqrt{3} + 1}{\omega}
\end{aligned}$$

**D :** On change les bornes,  $x = x_0 \Rightarrow z = 0$  et  $x = x_0 + H \Rightarrow z = (H/h)^2$ . On a également l'égalité  $dz = 2\frac{x-x_0}{h}dx$  entre éléments différentiels. Le changement de variable donne alors

$$\begin{aligned} D &= \int_{x_0}^{x_0+H} (x-x_0)e^{-\left(\frac{x-x_0}{h}\right)^2} dx = \int_{z=0}^{z=(H/h)^2} \underbrace{e^{-\left(\frac{x-x_0}{h}\right)^2}}_{=e^{-z}} \underbrace{(x-x_0)dx}_{=h dz} \\ &= h \int_0^{(H/h)^2} e^{-z} dz = h[-e^{-z}]_0^{(H/h)^2} = h(1 - e^{-(H/h)^2}) \end{aligned}$$

**E :** On commence par exprimer  $\alpha$  en fonction de  $r$  pour le changement de bornes. On obtient  $\alpha = \arctan(r/R)$ . On change alors les bornes,  $r = 0 \Rightarrow \alpha = \arctan(0) = 0$  et  $r = R \Rightarrow \alpha = \arctan(1) = \frac{\pi}{4}$ . On a également l'égalité  $dr = R(1 + \tan^2(\alpha))d\alpha$  entre éléments différentiels. Le changement de variable donne alors

$$\begin{aligned} E &= \int_{r=0}^{r=R} \frac{dr}{(R^2 + r^2)^{3/2}} = \int_{\alpha=0}^{\alpha=\pi/4} \frac{R(1 + \tan^2(\alpha))d\alpha}{(R^2 + R^2 \tan^2(\alpha))^{3/2}} = \int_0^{\pi/4} \frac{R(1 + \tan^2(\alpha))}{R^3(1 + \tan^2(\alpha))^{3/2}} d\alpha \\ &= \frac{1}{R^2} \int_0^{\pi/4} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 + \tan^2(\alpha)}} \end{aligned}$$

On utilise alors l'égalité  $1 + \tan^2(\alpha) = \frac{1}{\cos^2(\alpha)}$  pour simplifier l'expression.

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{R^2} \int_0^{\pi/4} \frac{d\alpha}{\sqrt{1 + \tan^2(\alpha)}} = \frac{1}{R^2} \int_0^{\pi/4} \frac{d\alpha}{\sqrt{\frac{1}{\cos^2(\alpha)}}} = \frac{1}{R^2} \int_0^{\pi/4} |\cos(\alpha)| d\alpha \\ &= \frac{1}{R^2} \int_0^{\pi/4} \underbrace{\cos(\alpha)}_{\cos(\alpha)=|\cos(\alpha)| \text{ sur } [0, \pi/4]} d\alpha = \frac{1}{R^2} [\sin(\alpha)]_0^{\pi/4} = \frac{\sqrt{2}}{2R^2} \end{aligned}$$

#### Exercice 4 : Changement de variables (II)

Calculer les intégrales suivantes à l'aide du changement de variable proposé.

$$\begin{array}{ll} A = \int_0^1 w\sqrt{3w+1}dw & \text{en posant } z = 3w + 1 \\ B = \int_0^1 \frac{dx}{e^x + 1} & \text{en posant } v = e^x \\ C = \int_1^2 \frac{ds}{s(s^3 + 1)} & \text{en posant } y = s^3 + 1 \\ D = \int_{-1}^0 \frac{u^3 du}{(u^2 + 1)\sqrt{u^2 + 1}} & \text{en posant } v = u^2 + 1 \\ E = \int_0^3 \frac{t \ln(t^2 + 1)}{t^2 + 1} dt & \text{en posant } x = t^2 + 1 \end{array}$$

En utilisant l'égalité  $\frac{1}{x(x+1)} = \frac{1}{x} - \frac{1}{x+1}$  pour  $B$  et  $\frac{1}{x(x-1)} = \frac{1}{x-1} - \frac{1}{x}$  pour  $C$ .

#### Correction

Pour toutes ces intégrales, la méthode à adopter est celle détaillée en cours :

1. On change les bornes

2. On change l'éléments différentiel

3. On change l'intégrande (l'expression dans l'intégrale)

pour se ramener à une intégrale plus simple et finir le calcul (éventuellement via des étapes intermédiaires).

**A :** On change les bornes,  $w = 0 \Rightarrow z = 1$  et  $w = 1 \Rightarrow z = 4$ . On a également l'égalité  $dz = 3dw$  (ou encore  $dw = dz/3$ ) entre éléments différentiels. Enfin, on note que  $w = (z - 1)/3$ . Le changement de variable donne alors

$$\begin{aligned} A &= \int_{w=0}^{w=1} w\sqrt{3w+1}dw = \int_{z=1}^{z=4} \underbrace{w\sqrt{3w+1}}_{=\frac{z-1}{3}\sqrt{z}} \underbrace{dw}_{=\frac{dz}{3}} = \int_1^4 \frac{(z-1)\sqrt{z}}{9} dz \\ &= \frac{1}{9} \left[ \frac{2z^{5/2}}{5} - \frac{2z^{3/2}}{3} \right]_1^4 = \frac{1}{9} \left\{ \frac{64}{5} - \frac{16}{3} - \left( \frac{2}{5} - \frac{2}{3} \right) \right\} = \frac{1}{9} \left( \frac{62}{5} - \frac{14}{3} \right) = \frac{116}{135} \end{aligned}$$

**B :** On change les bornes,  $x = 0 \Rightarrow v = 1$  et  $x = 1 \Rightarrow v = e$ . On a également l'égalité  $dv = e^x dx$  (ou encore  $dx = dv/v$ ) entre éléments différentiels. Le changement de variable donne alors

$$B = \int_{x=0}^{x=1} \frac{dx}{e^x + 1} = \int_{v=1}^{v=e} \underbrace{\frac{1}{e^x + 1}}_{=\frac{1}{v+1}} \underbrace{dx}_{=\frac{dv}{v}} = \int_1^e \frac{dv}{v(v+1)}$$

On utilise alors l'indication de l'exercice (qui se prouve très facilement, faites le calcul) pour écrire :

$$\begin{aligned} B &= \int_1^e \frac{dv}{v(v+1)} = \int_1^e \frac{dv}{v} - \int_1^e \frac{dv}{v+1} \\ &= [\ln |v|]_1^e - [\ln |v+1|]_1^e = 1 + \ln(2) - \ln(e+1) = \ln \left( \frac{2e}{e+1} \right) \end{aligned}$$

**C :** On change les bornes,  $s = 1 \Rightarrow y = 2$  et  $s = 2 \Rightarrow y = 9$ . On a également l'égalité  $dy = 3s^2 ds$  entre éléments différentiels. Le changement de variable donne alors

$$C = \int_{s=1}^{s=2} \frac{ds}{s(s^3+1)} = \int_{y=2}^{y=9} \underbrace{\frac{\overset{=dy}{s^2 ds}}{s^3(s^3+1)}}_{=(y-1)y} = \int_2^9 \frac{dy}{y(y-1)}$$

On utilise alors l'indication de l'exercice (qui se prouve très facilement, faites le calcul) pour écrire :

$$\begin{aligned} C &= \int_2^9 \frac{dy}{y(y-1)} = \int_2^9 \frac{dy}{y-1} - \int_2^9 \frac{dy}{y} \\ &= [\ln |y-1|]_2^9 - [\ln |y|]_2^9 = (\ln(8) - \ln(1)) - (\ln(9) - \ln(2)) = 4 \ln(2) - 2 \ln(3) \end{aligned}$$

**D :** On change les bornes,  $u = -1 \Rightarrow v = 2$  et  $u = 0 \Rightarrow v = 1$ . On a également l'égalité  $dv = 2u du$  entre éléments différentiels. Le changement de variable donne alors

$$\begin{aligned}
 D &= \int_{u=-1}^{u=0} \frac{u^3 du}{(u^2 + 1)\sqrt{u^2 + 1}} = \int_{v=2}^{v=1} \underbrace{\frac{\overbrace{u^2}^{=v-1}}{(u^2 + 1)\sqrt{u^2 + 1}}}_{=v\sqrt{v}} \underbrace{u du}_{=dv/2} = \frac{1}{2} \int_2^1 \frac{v-1}{v\sqrt{v}} dv \\
 &= \frac{1}{2} \int_1^2 \frac{1-v}{v\sqrt{v}} dv = \frac{1}{2} \int_1^2 \frac{1}{v\sqrt{v}} dv - \frac{1}{2} \int_1^2 \frac{1}{\sqrt{v}} dv = \frac{1}{2} [-2v^{-1/2}]_1^2 - \frac{1}{2} [2v^{1/2}]_1^2 \\
 &= \frac{1}{2}(2 - 2/\sqrt{2}) - \frac{1}{2}(2\sqrt{2} - 2) = 2 - \frac{3}{2}\sqrt{2}
 \end{aligned}$$

**E :** On change les bornes,  $t = 0 \Rightarrow x = 1$  et  $t = 3 \Rightarrow x = 10$ . On a également l'égalité  $dx = 2t dt$  entre éléments différentiels. Le changement de variable donne alors

$$E = \int_{t=0}^{t=3} \frac{t \ln(t^2 + 1)}{t^2 + 1} dt = \int_{x=1}^{x=10} \underbrace{\frac{\ln(t^2 + 1)}{t^2 + 1}}_{=\ln(x)/x} \underbrace{t dt}_{=dx/2} = \frac{1}{2} \int_1^{10} \frac{\ln(x)}{x} dx$$

On peut ensuite faire une IPP comme dans l'intégrale  $F$  de l'exercice 1 ou reconnaître une intégrale de la forme  $\int u'(x)u(x)x$  avec  $u(x) = \ln(x)$ . On finit alors le calcul :

$$E = \frac{1}{2} \int_1^{10} \frac{\ln(x)}{x} dx = \frac{1}{4} [\ln^2(x)]_1^{10} = \frac{\ln^2(10)}{4}$$