

Fonctions usuelles

Radicaux

Exercice 1 [01832] [Correction]

- a) Établir que pour tout $x, y \in \mathbb{R}_+$, $|\sqrt{y} - \sqrt{x}| \leq \sqrt{|y - x|}$.
 b) Ce résultat est-il encore vrai en terme de racine cubique ?

Logarithmes

Exercice 2 [01827] [Correction]

Établir, pour tout $x \geq 0$, l'encadrement

$$x - \frac{1}{2}x^2 \leq \ln(1+x) \leq x$$

Exercice 3 [01828] [Correction]

- a) Montrer que, pour tout $x > -1$

$$\ln(1+x) \leq x$$

- b) En déduire que pour tout $n \in \mathbb{N} \setminus \{0, 1\}$

$$\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n \leq e \leq \left(1 - \frac{1}{n}\right)^{-n}$$

Exercice 4 [01829] [Correction]

Montrer que pour tout $a, b > 0$

$$\frac{1}{2}(\ln a + \ln b) \leq \ln \frac{a+b}{2}$$

Exercice 5 [01830] [Correction]

Soit $0 < a \leq b$. On pose $f: x \mapsto \frac{\ln(1+ax)}{\ln(1+bx)}$ définie sur $\mathbb{R}_+^*$.

Étudier la monotonie de f et en déduire que $\ln\left(1 + \frac{a}{b}\right) \ln\left(1 + \frac{b}{a}\right) \leq (\ln 2)^2$.

Exercice 6 [01831] [Correction]

Montrer que le nombre de chiffres dans l'écriture décimale d'un entier $n > 0$ est $\lfloor \log_{10} n \rfloor + 1$.

Exercice 7 [03626] [Correction]

[Lemme de Gibbs]

- a) Justifier

$$\forall x > 0, \ln x \leq x - 1$$

- b) Soient $(p_1, \dots, p_n)$ et $(q_1, \dots, q_n)$ des n -uplets formés de réels strictement positifs vérifiant

$$\sum_{k=1}^n p_k = \sum_{k=1}^n q_k = 1$$

Établir

$$\sum_{i=1}^n p_i \ln q_i \leq \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

Dans quel(s) cas y a-t-il égalité ?

Puissances et exponentielles

Exercice 8 [01833] [Correction]

Simplifier a^b pour $a = \exp x^2$ et $b = \frac{1}{x} \ln x^{1/x}$.

Exercice 9 [01834] [Correction]

Parmi les relations suivantes, lesquelles sont exactes :

- | | | |
|-----------------------|-------------------------------|--------------------------|
| a) $(a^b)^c = a^{bc}$ | c) $a^{2b} = (a^b)^2$ | e) $(a^b)^c = a^{(b^c)}$ |
| b) $a^b a^c = a^{bc}$ | d) $(ab)^c = a^{c/2} b^{c/2}$ | f) $(a^b)^c = (a^c)^b$? |

Exercice 10 [01835] [Correction]

Comparer

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} x^{(x^x)} \text{ et } \lim_{x \rightarrow 0^+} (x^x)^x$$

Exercice 11 [01836] [Correction]

Déterminer les limites suivantes :

a) $\lim_{x \rightarrow +\infty} x^{1/x}$

b) $\lim_{x \rightarrow 0} x^{\sqrt{x}}$

c) $\lim_{x \rightarrow 0^+} x^{1/x}$

a) $\cos(3a)$

b) $\tan(a+b+c)$

Exercice 12 [01837] [\[Correction\]](#)

Résoudre les équations suivantes :

a) $e^x + e^{1-x} = e + 1$

b) $x^{\sqrt{x}} = (\sqrt{x})^x$

c) $\frac{2^{2x} - 3^{x-1/2}}{3^{x+1/2} - 2^{2x-1}} =$

Exercice 13 [01838] [\[Correction\]](#)

Résoudre les systèmes suivants :

a) $\begin{cases} 8^x = 10y \\ 2^x = 5y \end{cases}$

b) $\begin{cases} e^x e^{2y} = a \\ 2xy = 1 \end{cases}$

Exercice 14 [03438] [\[Correction\]](#)

Montrer

$$\forall x \in]0; 1[, x^x(1-x)^{1-x} \geq \frac{1}{2}$$

Exercice 15 [03652] [\[Correction\]](#)

Résoudre le système

$$\begin{cases} a + b + c = 0 \\ e^a + e^b + e^c = 3 \end{cases}$$

d'inconnue $(a, b, c) \in \mathbb{R}^3$ **Fonctions trigonométriques****Exercice 16** [01839] [\[Correction\]](#)Établir que pour tout $x \in \mathbb{R}_+$, on a $\sin x \leq x$ et pour tout $x \in \mathbb{R}$, $\cos x \geq 1 - \frac{x^2}{2}$.**Exercice 17** [01840] [\[Correction\]](#)

Développer :

Exercice 18 [01841] [\[Correction\]](#)Calculer $\cos \frac{\pi}{8}$ en observant $2 \times \frac{\pi}{8} = \frac{\pi}{4}$.**Exercice 19** [01842] [\[Correction\]](#)

Simplifier

$$\frac{\cos p - \cos q}{\sin p + \sin q}$$

En déduire la valeur de

$$\tan \frac{\pi}{24}$$

Exercice 20 [01843] [\[Correction\]](#)

Linéariser :

a) $\cos^2 x$

c) $\cos^2 x \sin^2 x$

e) $\cos a \cos b \cos c$

b) $\cos x \sin^2 x$

d) $\cos a \cos b$

Exercice 21 [01844] [\[Correction\]](#)Écrire sous la forme $A \cos(x - \varphi)$ les expressions suivantes :

a) $\cos x + \sin x$

b) $\cos x - \sqrt{3} \sin x$

Exercice 22 [01845] [\[Correction\]](#)Pour $a, b \in \mathbb{R}$ tels que $b \neq 0 \pmod{2\pi}$, calculer simultanément

$$\sum_{k=0}^n \cos(a + kb) \text{ et } \sum_{k=0}^n \sin(a + kb)$$

Exercice 23 [01846] [\[Correction\]](#)Soit $x \neq 0 \pmod{2\pi}$.

a) Montrer

$$\sin(x) + \sin(2x) + \cdots + \sin(nx) = \frac{\sin \frac{(n+1)x}{2} \sin \frac{nx}{2}}{\sin \frac{x}{2}}$$

en procédant par récurrence sur $n \in \mathbb{N}$.

b) En exploitant les nombres complexes.

Exercice 24 [01847] [\[Correction\]](#)

Résoudre les équations suivantes d'inconnues $x \in \mathbb{R}$.

- | | |
|--|---|
| a) $\cos(2x - \pi/3) = \sin(x + 3\pi/4)$ | d) $\sin x + \sin 2x + \sin 3x = 0$ |
| b) $\cos^4 x + \sin^4 x = 1$ | e) $3 \cos x - \sqrt{3} \sin x = \sqrt{6}$ |
| c) $\sin x + \sin 3x = 0$ | f) $2 \sin x \cdot \cos x + \sqrt{3} \cos 2x = 0$ |

Exercice 25 [01848] [\[Correction\]](#)

Résoudre l'équation

$$\tan x \tan 2x = 1$$

Exercice 26 [02645] [\[Correction\]](#)

Calculer

$$\sum_{k=1}^4 \cos^2 \frac{k\pi}{9}$$

Fonctions trigonométriques réciproques

Exercice 27 [01849] [\[Correction\]](#)

Simplifier les expressions suivantes :

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| a) $\cos(2 \arccos x)$ | c) $\sin(2 \arccos x)$ | e) $\sin(2 \arctan x)$ |
| b) $\cos(2 \arcsin x)$ | d) $\cos(2 \arctan x)$ | f) $\tan(2 \arcsin x)$ |

Exercice 28 [01850] [\[Correction\]](#)

Simplifier la fonction $x \mapsto \arccos(4x^3 - 3x)$ sur son intervalle de définition.

Exercice 29 [01851] [\[Correction\]](#)

Simplifier

$$\arcsin \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$$

Exercice 30 [01852] [\[Correction\]](#)

Montrer que la courbe représentative de la fonction $\arccos$ est symétrique par rapport au point de coordonnées $(0, \pi/2)$.

Exercice 31 [01853] [\[Correction\]](#)

Déterminer $\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{\arccos(1-x)}{\sqrt{x}}$ à l'aide d'un changement de variable judicieux.

Exercice 32 [01854] [\[Correction\]](#)

Étudier les fonctions suivantes afin de les représenter :

- | | |
|--|--|
| a) $f: x \mapsto \arcsin(\sin x) + \arccos(\cos x)$ | c) $f: x \mapsto \arccos \sqrt{\frac{1+\cos x}{2}}$ |
| b) $f: x \mapsto \arcsin(\sin x) + \frac{1}{2} \arccos(\cos 2x)$ | d) $f: x \mapsto \arctan \sqrt{\frac{1-\cos x}{1+\cos x}}$ |

Exercice 33 [01855] [\[Correction\]](#)

Simplifier :

- a) $\arctan \frac{1}{2} + \arctan \frac{1}{5} + \arctan \frac{1}{8}$.
 b) $\arctan 2 + \arctan 3 + \arctan(2 + \sqrt{3})$.
 c) $\arcsin \frac{4}{5} + \arcsin \frac{5}{13} + \arcsin \frac{16}{65}$.

Exercice 34 [01856] [\[Correction\]](#)

Résoudre les équations suivantes d'inconnue x réelle :

- | | |
|---|--|
| a) $\arcsin x = \arcsin \frac{4}{5} + \arcsin \frac{5}{13}$ | d) $\arctan x + \arctan x\sqrt{3} = \frac{7\pi}{12}$ |
| b) $\arcsin \tan x = x$ | e) $\arcsin \frac{2x}{1+x^2} = \arctan x$ |
| c) $\arccos x = \arcsin 2x$ | f) $\arcsin \frac{\tan x}{2} = x$ |

Exercice 35 [01857] [\[Correction\]](#)

On appelle argument principal d'un complexe z non nul, l'unique $\theta \in]-\pi; \pi]$ tel que $z = |z|e^{i\theta}$.

Montrer que si $z \in \mathbb{C} \setminus \mathbb{R}_-$ alors $\theta = 2 \arctan \frac{y}{x + \sqrt{x^2 + y^2}}$ avec $x = \operatorname{Re}(z)$ et $y = \operatorname{Im}(z)$.

Exercice 36 [01858] [\[Correction\]](#)Simplifier $\arctan a + \arctan b$ pour $a, b \geq 0$.**Exercice 37** [01859] [\[Correction\]](#)Soit $p \in \mathbb{N}$. Calculer

$$\arctan(p+1) - \arctan(p)$$

Étudier la limite de la suite (S_n) de terme général

$$S_n = \sum_{p=0}^n \arctan \frac{1}{p^2 + p + 1}$$

Exercice 38 [02814] [\[Correction\]](#)Soient $x_1, \dots, x_{13}$ des réels. Montrer qu'il existe i et j dans $\{1, \dots, 13\}$ tels que $i \neq j$ et

$$0 \leq \frac{x_i - x_j}{1 + x_i x_j} \leq 2 - \sqrt{3}$$

Fonctions hyperboliques

Exercice 39 [01861] [\[Correction\]](#)Établir que pour tout $x \in \mathbb{R}_+$, on a $\operatorname{sh} x \geq x$ et pour tout $x \in \mathbb{R}$, $\operatorname{ch} x \geq 1 + \frac{x^2}{2}$.**Exercice 40** [01862] [\[Correction\]](#)Soit $y \in]-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}[$. On pose $x = \ln \left(\tan \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \right)$.
Montrer que $\operatorname{th} \frac{x}{2} = \tan \frac{y}{2}$, $\operatorname{th} x = \sin y$ et $\operatorname{ch} x = \frac{1}{\cos y}$.**Exercice 41** [01863] [\[Correction\]](#)Pour $n \in \mathbb{N}$ et $a, b \in \mathbb{R}$, calculer

$$\sum_{k=0}^n \operatorname{ch}(a + kb) \text{ et } \sum_{k=0}^n \operatorname{sh}(a + kb)$$

Exercice 42 [01864] [\[Correction\]](#)Pour $n \in \mathbb{N}$ et $x \in \mathbb{R}$, simplifier $P_n(x) = \prod_{k=1}^n \operatorname{ch} \left(\frac{x}{2^k} \right)$ en calculant $P_n(x) \operatorname{sh} \left(\frac{x}{2^n} \right)$.**Exercice 43** [01865] [\[Correction\]](#)Pour $n \in \mathbb{N}$ et $x \in \mathbb{R}_+$, observer

$$\operatorname{th}((n+1)x) - \operatorname{th}(nx) = \frac{\operatorname{sh} x}{\operatorname{ch}(nx) \operatorname{ch}((n+1)x)}$$

Calculer

$$S_n(x) = \sum_{k=0}^n \frac{1}{\operatorname{ch}(kx) \operatorname{ch}((k+1)x)}$$

Exercice 44 [01866] [\[Correction\]](#)Soient a et α deux réels.Résoudre le système d'inconnues x et y

$$\begin{cases} \operatorname{ch} x + \operatorname{ch} y = 2a \operatorname{ch} \alpha \\ \operatorname{sh} x + \operatorname{sh} y = 2a \operatorname{sh} \alpha \end{cases}$$

Exercice 45 [01869] [\[Correction\]](#)

Établir :

$$\forall x \in \mathbb{R}, |\arctan(\operatorname{sh} x)| = \arccos \left(\frac{1}{\operatorname{ch} x} \right)$$

Corrections

Exercice 1 : [énoncé]

- a) Quitte à échanger, on peut supposer $y \geq x$.
Par élévation au carré, l'inégalité demandée équivaut à $y - 2\sqrt{xy} + x \leq y - x$.
Or $y \geq x$ donc $\sqrt{xy} \geq x$ puis $y - 2\sqrt{xy} + x \leq y - x$ ce qui permet de conclure.
- b) Quitte à échanger, on peut encore supposer $y \geq x$.
Par élévation au cube, l'inégalité demandée équivaut à
 $y - 3\sqrt[3]{3}y^2x + 3\sqrt[3]{3}yx^2 - x \leq y - x$.
Or $y \geq x$ donc $y^2x \geq yx^2$ puis $y - 3\sqrt[3]{3}y^2x + 3\sqrt[3]{3}yx^2 - x \leq y - x$.

Exercice 2 : [énoncé]

L'étude des variations des fonctions $x \mapsto x - \ln(1+x)$ et $x \mapsto \ln(1+x) - x + \frac{1}{2}x^2$ montre que celles-ci sont croissantes sur $\mathbb{R}_+$, puisqu'elles s'annulent en 0, on peut conclure.

Exercice 3 : [énoncé]

- a) Posons $f:]-1; +\infty[\rightarrow \mathbb{R}$ définie par $f(x) = x - \ln(1+x)$. f est dérivable, $f(0) = 0$ et $f'(x) = \frac{x}{1+x}$.
Le tableau de variation de f donne f positive.
- b) D'une part

$$\left(1 + \frac{1}{n}\right)^n = e^{n \ln(1+\frac{1}{n})} \leq e^{n \times \frac{1}{n}} \leq e$$

et d'autre part

$$\left(1 - \frac{1}{n}\right)^{-n} = e^{-n \ln(1-\frac{1}{n})} \geq e$$

car

$$\ln\left(1 - \frac{1}{n}\right) \leq -\frac{1}{n}$$

Exercice 4 : [énoncé]

On a

$$\ln\left(\frac{a+b}{2}\right) - \frac{1}{2}(\ln a + \ln b) = \ln \frac{a+b}{2\sqrt{ab}}$$

or

$$a+b = \sqrt{a^2} + \sqrt{b^2} \geq 2\sqrt{ab}$$

donc

$$\ln \frac{a+b}{2\sqrt{ab}} \geq 0$$

Exercice 5 : [énoncé]

$f'(x) = \frac{g(x)}{(1+ax)(1+bx)\ln(1+bx)^2}$ avec $g(x) = a(1+bx)\ln(1+bx) - b(1+ax)\ln(1+ax)$.
 $g(0) = 0$ et $g'(x) = ab \ln \frac{1+bx}{1+ax} \geq 0$ donc g est positive et par suite f croissante.
 $\frac{1}{b} \leq \frac{1}{a}$ donc $f\left(\frac{1}{b}\right) \leq f\left(\frac{1}{a}\right)$ ce qui donne l'inégalité voulue.

Exercice 6 : [énoncé]

Notons m le nombre de décimale dans l'écriture de n .

On a $10^{m-1} \leq n < 10^m$ donc $m-1 \leq \log_{10} n < m$ puis $m = \lfloor \log_{10} n \rfloor + 1$.

Exercice 7 : [énoncé]

- a) Une étude de la fonction $x \mapsto \ln x - x + 1$ assure l'inégalité écrite.
De plus on observe qu'il y a égalité si, et seulement si, $x = 1$.
- b) On étudie la différence

$$\sum_{i=1}^n p_i \ln q_i - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i = \sum_{i=1}^n p_i \ln \frac{q_i}{p_i}$$

Par l'inégalité précédente

$$\sum_{i=1}^n p_i \ln q_i - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i \leq \sum_{i=1}^n p_i \left(\frac{q_i}{p_i} - 1 \right) = \sum_{i=1}^n (q_i - p_i) = 0$$

De plus il y a égalité si, et seulement si,

$$\forall 1 \leq i \leq n, p_i = q_i$$

Cette inégalité est fameuse lorsqu'on s'intéresse à l'entropie d'une source d'information...

Exercice 8 : [énoncé]

$$(\exp x^2)^{\frac{\ln x^{1/x}}{x}} = x.$$

Exercice 9 : [énoncé]

a) c) f)

Exercice 10 : [énoncé]Quand $x \rightarrow 0^+$

$$x^{(x^x)} = \exp(x^x \ln x) = \exp(\exp(x \ln x) \ln x) \rightarrow 0$$

et

$$(x^x)^x = \exp(x \ln x^x) = \exp(x^2 \ln x) \rightarrow 1$$

Exercice 11 : [énoncé]

- a) $\lim_{x \rightarrow +\infty} x^{1/x} = 1$
 b) $\lim_{x \rightarrow 0} x^{\sqrt{x}} = 1$
 c) $\lim_{x \rightarrow 0^+} x^{1/x} = 0.$

Exercice 12 : [énoncé]

- a) $\mathcal{S} = \{0, 1\}$
 b) $\mathcal{S} = \{0, 1, 4\}$
 c) Obtenir $2^{2x-3} = 3^{x-3/2}$ puis $\mathcal{S} = \{3 \mid 2\}.$

Exercice 13 : [énoncé]

- a) $x = 1/2, y = \sqrt{2}/5$
 b) Obtenir un système somme/produit en x et $2y$ puis le résoudre.

Exercice 14 : [énoncé]

On a

$$x^x(1-x)^{1-x} = \exp \varphi(x)$$

avec

$$\varphi(x) = x \ln x + (1-x) \ln(1-x)$$

La fonction φ est dérivable sur $]0; 1[$ et

$$\varphi'(x) = \ln \left(\frac{x}{1-x} \right)$$

On en déduit que φ est décroissante sur $]0; 1/2]$ puis croissante sur $[1/2; 1[$ donc

$$\forall x \in]0; 1[, \varphi(x) \geq \varphi(1/2) = \ln(1/2)$$

Exercice 15 : [énoncé]

Il est clair que le triplet nul est solution de ce système.

Inversement, soit (a, b, c) solution. Posons $x = e^a$, $y = e^b$ de sorte que $e^c = e^{-(a+b)} = 1/xy$.On a donc $x, y > 0$ et

$$x + y + \frac{1}{xy} = 3$$

Pour $y > 0$ fixé, étudions la fonction $f: x \mapsto x + y + 1/xy$.Cette fonction est dérivable et admet un minimum strict en $x = 1/\sqrt{y}$ valant

$$g(y) = y + 2/\sqrt{y}.$$

La fonction g est dérivable et admet un minimum strict en $y = 1$ valant $g(1) = 3$.On en déduit que si $(x, y) \neq (1, 1)$ alors $f(x, y) > 3$ et donc

$$f(x, y) = 3 \implies x = y = 1$$

On peut alors conclure $a = b = c = 0$.**Exercice 16 :** [énoncé]Posons $f(x) = x - \sin x$ définie sur $\mathbb{R}_+$. f est dérivable, $f' \geq 0$ et $f(0) = 0$ donc f est positive.Posons $g(x) = \cos x - 1 + \frac{x^2}{2}$ définie sur $\mathbb{R}$. g est deux fois dérivable, $g'' \geq 0$, $g'(0) = g(0) = 0$ permet de dresser les tableaux de variation et de signe de g' puis de g . On conclut g positive.

Exercice 17 : [énoncé]

a) $\cos(3a) = \cos(2a + a)$ puis

$$\cos 3a = 4 \cos^3 a - 3 \cos a$$

b) $\tan(a + b + c) = \tan((a + b) + c)$ puis

$$\tan(a + b + c) = \frac{\tan a + \tan b + \tan c - \tan a \tan b \tan c}{1 - \tan a \tan b - \tan b \tan c - \tan c \tan a}$$

Exercice 18 : [énoncé]On sait $\cos 2a = 2 \cos^2 a - 1$ donc

$$2 \cos^2 \frac{\pi}{8} - 1 = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

puis

$$\cos^2 \frac{\pi}{8} = \frac{\sqrt{2} + 2}{4}$$

et enfin

$$\cos \frac{\pi}{8} = \frac{\sqrt{\sqrt{2} + 2}}{2}$$

Exercice 19 : [énoncé]

Par factorisation

$$\frac{\cos p - \cos q}{\sin p + \sin q} = -\frac{\sin \frac{p-q}{2}}{\cos \frac{p-q}{2}} = -\tan \frac{p-q}{2}$$

Pour $p = \frac{\pi}{4}$ et $q = \frac{\pi}{6}$ on obtient

$$\tan \frac{\pi}{24} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2}}{\frac{\sqrt{2}}{2} + \frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{3} - \sqrt{2}}{\sqrt{2} + 1}$$

Exercice 20 : [énoncé]

a) $\cos^2 x = \frac{1}{2} \cos 2x + \frac{1}{2}$.

b) $\cos x \sin^2 x = \frac{1}{4} \cos x - \frac{1}{4} \cos 3x$.

c) $\cos^2 x \sin^2 x = \frac{1}{4} \sin^2 2x = \frac{1}{8} (1 - \cos 4x)$

d) $\cos a \cos b = \frac{1}{2} (\cos(a + b) + \cos(a - b))$

e) $\cos a \cos b \cos c = \frac{1}{4} (\cos(a + b + c) + \cos(a + b - c) + \cos(a - b + c) + \cos(a - b - c))$.

Exercice 21 : [énoncé]

a) $\cos x + \sin x = \sqrt{2} \cos(x - \pi/4)$.

b) $\cos x - \sqrt{3} \sin x = 2 \cos(x + \pi/3)$.

Exercice 22 : [énoncé]

En passant aux nombres complexes

$$\sum_{k=0}^n \cos(a + kb) + i \sum_{k=0}^n \sin(a + kb) = \sum_{k=0}^n e^{i \cdot (a + kb)}$$

Par sommation géométrique puis factorisation de l'exponentielle équilibrée

$$\sum_{k=0}^n e^{i \cdot (a + kb)} = e^{i \cdot a} \frac{e^{i(n+1)b} - 1}{e^{ib} - 1} = e^{i(a + nb/2)} \frac{\sin \frac{(n+1)b}{2}}{\sin \frac{b}{2}}$$

Par suite

$$\sum_{k=0}^n \cos(a + k \cdot b) = \frac{\sin \frac{(n+1)b}{2}}{\sin \frac{b}{2}} \cos(a + \frac{nb}{2})$$

et

$$\sum_{k=0}^n \sin(a + k \cdot b) = \frac{\sin \frac{(n+1)b}{2}}{\sin \frac{b}{2}} \sin(a + \frac{nb}{2})$$

Exercice 23 : [énoncé]

a) L'hérédité de la récurrence s'obtient via :

$$\begin{aligned} \sin \frac{(n+1)x}{2} \sin \frac{nx}{2} + \sin(n+1)x \sin \frac{x}{2} \\ = \sin \frac{(n+1)x}{2} \left(\sin \frac{nx}{2} + 2 \cos \frac{(n+1)x}{2} \sin \frac{x}{2} \right) \\ \sin \frac{(n+1)x}{2} \sin \frac{(n+2)x}{2} \end{aligned}$$

en exploitant

$$\sin p - \sin q = 2 \sin \frac{p-q}{2} \cos \frac{p+q}{2}$$

avec

$$p = \frac{(n+2)x}{2} \text{ et } q = \frac{nx}{2}$$

b) Par les nombres complexes

$$\sin(x) + \sin(2x) + \dots + \sin(nx) = \operatorname{Im}\left(\sum_{k=1}^n e^{ikx}\right) = \operatorname{Im}\left(\frac{e^{ix} - e^{i(n+1)x}}{1 - e^{ix}}\right)$$

donc

$$\sin(x) + \sin(2x) + \dots + \sin(nx) = \operatorname{Im}\left(e^{i\frac{(n+1)x}{2}} \frac{\sin \frac{nx}{2}}{\sin \frac{x}{2}}\right) = \sin \frac{(n+1)x}{2} \frac{\sin \frac{nx}{2}}{\sin \frac{x}{2}}$$

Exercice 24 : [énoncé]

a) L'équation étudiée équivaut à

$$\cos(2x - \pi/3) = \cos(x + \pi/4)$$

On obtient pour solutions

$$x = \frac{7\pi}{12} \quad [2\pi] \text{ et } x = \frac{\pi}{36} \quad \left[\frac{2\pi}{3}\right]$$

b) L'équation étudiée équivaut à

$$\cos^4 x + \sin^4 x = (\cos^2 x + \sin^2 x)^2$$

soit encore

$$2 \cos^2 x \sin^2 x = 0$$

On obtient pour solutions

$$x = 0 \quad [\pi/2]$$

c) L'équation étudiée équivaut à

$$2 \sin 2x \cos x = 0$$

On obtient pour solutions

$$x = 0 \quad [\pi/2]$$

d) L'équation étudiée équivaut à

$$2 \sin(2x) \left(\cos x + \frac{1}{2}\right) = 0$$

On obtient pour solutions

$$x = 0 \quad [\pi/2], x = \frac{2\pi}{3} [2\pi] \text{ et } x = -\frac{2\pi}{3} \quad [2\pi]$$

e) L'équation étudiée équivaut à

$$2\sqrt{3} \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cos x - \frac{1}{2} \sin x\right) = \sqrt{6}$$

soit encore

$$\cos\left(x + \frac{\pi}{6}\right) = \cos \frac{\pi}{4}$$

On obtient pour solutions

$$x = \frac{\pi}{12} \quad [2\pi] \text{ et } x = -\frac{5\pi}{12} \quad [2\pi]$$

f) L'équation étudiée équivaut à

$$2 \left(\frac{1}{2} \sin 2x + \frac{\sqrt{3}}{2} \cos 2x\right) = 0$$

soit encore

$$\sin\left(2x + \frac{\pi}{3}\right) = 0$$

On obtient pour solutions

$$x = \frac{\pi}{3} \quad [\pi] \text{ et } x = -\frac{\pi}{6} \quad [\pi]$$

Exercice 25 : [énoncé]

Pour $x \neq \frac{\pi}{2} \quad [\pi]$ et $x \neq \frac{\pi}{4} \quad \left[\frac{\pi}{2}\right]$, $\tan x \tan 2x = 1 \iff \sin x \sin 2x - \cos x \cos 2x = 0 \iff \cos 3x = 0 \iff x = \frac{\pi}{6} \quad \left[\frac{\pi}{3}\right]$.

Exercice 26 : [énoncé]

En linéarisant et en faisant quelques transformations angulaires de simplification

$$\sum_{k=1}^4 \cos^2 \frac{k\pi}{9} = \frac{7}{4}$$

Exercice 27 : [énoncé]

- a) $\cos(2 \arccos x) = 2 \cos^2(\arccos x) - 1 = 2x^2 - 1$.
 b) $\cos(2 \arcsin x) = 1 - 2 \sin^2 \arcsin x = 1 - 2x^2$.
 c) $\sin(2 \arccos x) = 2x\sqrt{1-x^2}$
 d) $\cos(2 \arctan x) = 2 \cos^2 \arctan x - 1 = \frac{2}{1+x^2} - 1 = \frac{1-x^2}{1+x^2}$.
 e) $\sin(2 \arctan x) = 2 \sin(\arctan x) \cos(\arctan x) = \frac{2x}{1+x^2}$.
 f) $\tan(2 \arcsin x) = \frac{2 \tan(\arcsin x)}{1 - \tan^2(\arcsin x)} = \frac{2x\sqrt{1-x^2}}{1-2x^2}$.

Exercice 28 : [énoncé]

$f: x \mapsto \arccos(4x^3 - 3x)$ est définie sur $[-1; 1]$.

Pour $x \in [-1; 1]$, posons $\theta = \arccos x$, on a alors

$$f(x) = \arccos(4 \cos^3 \theta - 3 \cos \theta) = \arccos(\cos 3\theta).$$

Si $\theta \in [0; \pi/3]$ i.e. $x \in [1/2; 1]$ alors $f(x) = 3\theta = 3 \arccos x$.

Si $\theta \in [\pi/3; 2\pi/3]$ i.e. $x \in [-1/2; 1/2]$ alors $f(x) = 2\pi - 3\theta = 2\pi - 3 \arccos x$.

Si $\theta \in [2\pi/3; \pi]$ i.e. $x \in [-1; -1/2]$ alors $f(x) = 3\theta - 2\pi = 3 \arccos x - 2\pi$.

Exercice 29 : [énoncé]

La fonction $x \mapsto \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$ est dérivable et à valeurs dans $] -1; 1[$ donc

$x \mapsto \arcsin \frac{x}{\sqrt{1+x^2}}$ est dérivable et

$$\left(\arcsin \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} \right)' = \frac{1}{(\sqrt{1+x^2})^3} \frac{1}{\sqrt{1-\frac{x^2}{1+x^2}}} = \frac{1}{1+x^2}$$

On en déduit

$$\arcsin \frac{x}{\sqrt{1+x^2}} = \arctan x + C$$

En évaluant en $x = 0$, on obtient $C = 0$.

Exercice 30 : [énoncé]

Calculons $\arccos(x) + \arccos(-x)$.

On a $\cos(\arccos(x) + \arccos(-x)) = -x^2 - (1 - x^2) = -1$ et

$\arccos(x) + \arccos(-x) \in [0; 2\pi]$ donc $\arccos(x) + \arccos(-x) = \pi$ ce qui permet de justifier la symétrie avancée.

Exercice 31 : [énoncé]

Quand $x \rightarrow 0^+$: $\frac{\arccos(1-x)}{\sqrt{x}} = \frac{y}{\sqrt{1-\cos(y)}}$ avec $y = \arccos(1-x) \rightarrow 0^+$.

Or $1 - \cos(y) \sim \frac{y^2}{2}$ donc $\frac{\arccos(1-x)}{\sqrt{x}} = \frac{y}{\sqrt{1-\cos(y)}} \rightarrow \sqrt{2}$.

Exercice 32 : [énoncé]

a) f est 2π périodique.

Sur $[-\pi/2; 0]$: $\arcsin(\sin x) = x$ et $\arccos(\cos x) = -x$ donc $f(x) = 0$.

Sur $[0; \pi/2]$: $\arcsin(\sin x) = x$ et $\arccos(\cos(x)) = x$ donc $f(x) = 2x$.

Sur $[\pi/2; \pi]$: $\arcsin(\sin x) = \pi - x$ et $\arccos(\cos x) = x$ donc $f(x) = \pi$.

Sur $[-\pi; -\pi/2]$: $\arcsin(\sin x) = -x - \pi$ et $\arccos(\cos(x)) = -x$ donc $f(x) = -2x - \pi$.

b) f est 2π périodique.

Sur $[0; \pi/2]$, $f(x) = x + x = 2x$. Sur $[\pi/2; \pi]$, $f(x) = \pi - x + \pi - x = 2\pi - 2x$.

Sur $[-\pi/2; 0]$, $f(x) = x - x = 0$. Sur $[-\pi; -\pi/2]$, $f(x) = -x - \pi + \pi + x = 0$.

c) $f(x) = \arccos \sqrt{\frac{1+\cos x}{2}} = \arccos |\cos(x/2)|$. f est 2π périodique, paire, sur $[0; \pi]$ $f(x) = x/2$.

d) $f(x) = \arctan \sqrt{\frac{1-\cos x}{1+\cos x}} = \arctan |\tan x/2|$. f est 2π périodique, paire. Sur $[0; \pi]$, $f(x) = x/2$. On retrouve la fonction ci-dessus.

Exercice 33 : [énoncé]

a) Posons $\theta = \arctan \frac{1}{2} + \arctan \frac{1}{5} + \arctan \frac{1}{8}$.

On a $0 \leq \theta < 3 \arctan \frac{1}{3} = \pi/2$ et $\tan \theta = 1$ donc $\theta = \pi/4$.

b) Posons $\theta = \arctan 2 + \arctan 3 + \arctan (2 + \sqrt{3})$.

On a $3 \arctan 1 = \frac{3\pi}{4} \leq \theta < \frac{3\pi}{2}$ et $\tan \theta = \frac{1}{\sqrt{3}}$ donc $\theta = \frac{7\pi}{6}$.

c) $\cos(\arcsin \frac{4}{5} + \arcsin \frac{5}{13}) = \frac{3}{5} \frac{12}{13} - \frac{4}{5} \frac{5}{13} = \frac{16}{65}$ et

$$\cos(\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{16}{65}) = \sin(\arcsin \frac{16}{65}) = \frac{16}{65}.$$

Or $\arcsin \frac{4}{5} + \arcsin \frac{5}{13} \in [0; \frac{\pi}{2}]$ et $\frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{16}{65} \in [0; \frac{\pi}{2}]$ d'où l'égalité

$$\arcsin \frac{4}{5} + \arcsin \frac{5}{13} + \arcsin \frac{16}{65} = \frac{\pi}{2}$$

Exercice 34 : [énoncé]

- a) $\mathcal{S} = \{63 \mid 65\}$.
- b) $\mathcal{S} = \{0\}$.
- c) $\mathcal{S} = \{1 \mid \sqrt{5}\}$.
- d) $\mathcal{S} = \{1\}$.
- e) $\mathcal{S} = \{0, \sqrt{3}, -\sqrt{3}\}$.
- f) $\mathcal{S} = \{0, \pi/3, -\pi \mid 3\}$.

Exercice 35 : [énoncé]

Posons θ l'argument principal de $z \in \mathbb{C} \setminus \mathbb{R}_-$. On a $\theta \in]-\pi; \pi[$, $\cos \theta = \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}}$ et

$$\sin \theta = \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}.$$

Posons $\alpha = 2 \arctan \frac{y}{x+\sqrt{x^2+y^2}}$. On a $\alpha \in]-\pi; \pi[$, $t = \tan \frac{\alpha}{2} = \frac{y}{x+\sqrt{x^2+y^2}}$,

$$\cos \alpha = \frac{1-t^2}{1+t^2} = \frac{x^2+x\sqrt{x^2+y^2}}{x^2+x\sqrt{x^2+y^2}+y^2} = \frac{x}{\sqrt{x^2+y^2}} \text{ et}$$

$$\sin \alpha = \frac{2t}{1+t^2} = \frac{y(x+\sqrt{x^2+y^2})}{x^2+x\sqrt{x^2+y^2}+y^2} = \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}} \text{ donc } \alpha = \theta.$$

Exercice 36 : [énoncé]

On a $\tan(\arctan a + \arctan b) = \frac{a+b}{1-ab}$ donc

$$\arctan a + \arctan b = \arctan \left(\frac{a+b}{1-ab} \right) \quad [\pi].$$

Si $ab = 1$ alors $\arctan a + \arctan b = \pi/2$.

Si $ab < 1$ alors $\arctan a + \arctan b = \arctan \left(\frac{a+b}{1-ab} \right)$.

Si $ab > 1$ alors $\arctan a + \arctan b = \arctan \left(\frac{a+b}{1-ab} \right) + \pi$.

Exercice 37 : [énoncé]

Posons $\theta = \arctan(p+1) - \arctan(p)$. Comme $0 \leq \arctan p \leq \arctan(p+1) < \pi/2$ on a $\theta \in [0; \pi/2[$.

De plus $\tan \theta = \frac{1}{p^2+p+1}$ donc

$$\theta = \arctan \frac{1}{p^2+p+1}$$

Par télescopage $S_n = \sum_{p=0}^n \arctan \frac{1}{p^2+p+1} = \arctan(n+1) \rightarrow \pi/2$.

Exercice 38 : [énoncé]

Posons $\alpha_i = \arctan x_i$. Les réels $\alpha_1, \dots, \alpha_{13}$ évoluent dans l'intervalle $]-\pi/2; \pi/2[$. En découpant cet intervalle en 12 intervalles contigus de longueur $\pi/12$, on peut affirmer que deux éléments parmi les $\alpha_1, \dots, \alpha_{13}$ appartiennent au même intervalle (c'est le principe des tiroirs : s'il y a $n+1$ chaussettes à répartir dans n tiroirs, il y a au moins un tiroir contenant deux chaussettes). Ainsi, il existe $i \neq j$ vérifiant

$$0 \leq \alpha_i - \alpha_j \leq \frac{\pi}{12}$$

et donc

$$0 \leq \tan(\alpha_i - \alpha_j) \leq \tan \frac{\pi}{12}$$

Or

$$\tan(\alpha_i - \alpha_j) = \frac{x_i - x_j}{1 + x_i x_j}$$

et

$$\tan \frac{\pi}{12} = 2 - \sqrt{3}$$

On peut donc conclure.

Exercice 39 : [énoncé]

Posons $f(x) = \operatorname{sh} x - x$ définie sur $\mathbb{R}_+$. f est dérivable, $f' \geq 0$ et $f(0) = 0$ donc f est positive.

Posons $g(x) = \operatorname{ch} x - 1 - \frac{x^2}{2}$ définie sur $\mathbb{R}$. g est deux fois dérivable, $g'' \geq 0$, $g'(0) = g(0) = 0$ permet de dresser les tableaux de variation et de signe de g' puis de g . On conclut g positive.

Exercice 40 : [énoncé]

$$\begin{aligned} \operatorname{th} \frac{x}{2} &= \frac{e^x - 1}{e^x + 1} = \frac{\tan \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right) - 1}{\tan \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + 1} = \frac{\sin \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right) - \cos \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right)}{\sin \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + \cos \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right)} \\ &= \frac{\sin \left(\frac{\pi}{4} + \frac{y}{2} \right) - \sin \left(\frac{\pi}{4} - \frac{y}{2} \right)}{\sin \left(\frac{\pi}{4} + \frac{y}{2} \right) + \sin \left(\frac{\pi}{4} - \frac{y}{2} \right)} = \frac{\sin \frac{y}{2} \cos \frac{\pi}{4}}{\cos \frac{y}{2} \sin \frac{\pi}{4}} = \tan \frac{y}{2}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{th} x &= \frac{\tan^2 \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right) - 1}{\tan^2 \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right) + 1} = \sin^2 \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right) - \cos^2 \left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4} \right) \\ &= -\cos \left(y + \frac{\pi}{2} \right) = \sin y. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\operatorname{ch} x &= \frac{\tan\left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4}\right) + \tan^{-1}\left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4}\right)}{2} = \frac{\sin^2\left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4}\right) + \cos^2\left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4}\right)}{2 \sin\left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4}\right) \cos\left(\frac{y}{2} + \frac{\pi}{4}\right)} \\ &= \frac{1}{\sin\left(y + \frac{\pi}{2}\right)} = \frac{1}{\cos y}.\end{aligned}$$

Exercice 41 : [\[énoncé\]](#)

Posons

$$C = \sum_{k=0}^n \operatorname{ch}(a + kb) \text{ et } S = \sum_{k=0}^n \operatorname{sh}(a + kb)$$

On a

$$C + S = \sum_{k=0}^n e^{a+kb} = \begin{cases} e^a \frac{1-e^{(n+1)b}}{1-e^b} & \text{si } b \neq 0 \\ (n+1)e^a & \text{si } b = 0 \end{cases}$$

et

$$C - S = \sum_{k=0}^n e^{-(a+kb)} = \begin{cases} e^{-a} \frac{1-e^{-(n+1)b}}{1-e^{-b}} & \text{si } b \neq 0 \\ (n+1)e^{-a} & \text{si } b = 0 \end{cases}$$

On en déduit C et S .**Exercice 42 :** [\[énoncé\]](#)Si $x = 0$ alors $P_n(x) = 1$, sinon $P_n(x) \operatorname{sh}\left(\frac{x}{2^n}\right) = \dots = \frac{1}{2^n} \operatorname{sh}(x)$ donc

$$P_n(x) = \frac{\operatorname{sh}(x)}{2^n \operatorname{sh}(x/2^n)}.$$

Exercice 43 : [\[énoncé\]](#)

Après quelques calculs

$$\operatorname{th}((n+1)x) - \operatorname{th}(nx) = \frac{\operatorname{sh} x}{\operatorname{ch}(nx) \operatorname{ch}((n+1)x)}$$

Par télescope

$$S_n(x) = \sum_{k=0}^n \frac{1}{\operatorname{ch}(kx) \operatorname{ch}((k+1)x)} = \frac{\operatorname{th}((n+1)x)}{\operatorname{sh}(x)}$$

Exercice 44 : [\[énoncé\]](#)Si $a < 1$ alors $\mathcal{S} = \emptyset$.Si $a = 1$ alors $\mathcal{S} = \{(\alpha, \alpha)\}$.Si $a > 1$ alors en faisant apparaître un système somme produit :

$$\mathcal{S} = \left\{ (\ln(a - \sqrt{a^2 - 1}) + \alpha, \ln(a + \sqrt{a^2 - 1}) + \alpha), (\ln(a + \sqrt{a^2 - 1}) + \alpha, \ln(a - \sqrt{a^2 - 1}) + \alpha) \right\}$$

Exercice 45 : [\[énoncé\]](#)Soit $f: \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}$ définie par $f(x) = \arctan(\operatorname{sh} x) - \arccos\left(\frac{1}{\operatorname{ch} x}\right)$.La fonction f est continue sur $\mathbb{R}_+$ et dérivable sur $]0; +\infty[$.Pour $x > 0$,

$$f'(x) = \frac{\operatorname{ch} x}{1 + \operatorname{sh}^2 x} - \frac{\operatorname{sh} x}{\operatorname{ch}^2 x} \frac{\operatorname{ch} x}{\sqrt{\operatorname{ch}^2 x - 1}} = \frac{1}{\operatorname{ch} x} - \frac{\operatorname{sh} x}{\operatorname{ch} x \operatorname{sh} x} = 0$$

Donc f est constante sur $]0; +\infty[$ puis sur $\mathbb{R}_+$ par continuité.Puisque $f(0) = 0$, on peut conclure que

$$\forall x \in \mathbb{R}_+, |\arctan(\operatorname{sh} x)| = \arccos\left(\frac{1}{\operatorname{ch} x}\right)$$

Par parité, le résultat se prolonge aussi à $x \in \mathbb{R}_-$.