

TD CALCUL TRIGONOMETRIQUE

EXERCICES D'APPLICATIONS ET DE REFLEXIONS AVEC SOLUTIONS

PROF: ATMANI NAJIB

1BAC SM BIOF

CALCUL TRIGONOMETRIQUE

Exercice1 : 1) Calculer  $\cos \frac{\pi}{12}$  et  $\sin \frac{\pi}{12}$

2) Calculer  $\cos \frac{5\pi}{12}$  et  $\sin \frac{5\pi}{12}$

3) montrer que :  $\cos x = \cos \left( x + \frac{\pi}{3} \right) + \cos \left( x - \frac{\pi}{3} \right)$

4) montrer que :  $\sin \left( x + \frac{2\pi}{3} \right) + \sin \left( x - \frac{2\pi}{3} \right) + \sin x = 0$

Solution :

$$1) \cos \frac{\pi}{12} = \cos \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{6} \right) = \cos \frac{\pi}{4} \cos \frac{\pi}{6} + \sin \frac{\pi}{4} \sin \frac{\pi}{6}$$

	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$\sin x$	0	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	1
$\cos x$	1	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$	0

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4}$$

$$\sin \frac{\pi}{12} = \sin \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{6} \right) = \sin \frac{\pi}{4} \cos \frac{\pi}{6} - \cos \frac{\pi}{4} \sin \frac{\pi}{6}$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$$

$$2) \cos \frac{5\pi}{12} = \cos \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{6} \right) = \cos \frac{\pi}{4} \cos \frac{\pi}{6} - \sin \frac{\pi}{4} \sin \frac{\pi}{6}$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{6} - \sqrt{2}}{4}$$

$$\sin \frac{5\pi}{12} = \sin \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{6} \right) = \sin \frac{\pi}{4} \cos \frac{\pi}{6} + \cos \frac{\pi}{4} \sin \frac{\pi}{6}$$

$$= \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{\sqrt{2}}{2} \frac{1}{2} = \frac{\sqrt{6} + \sqrt{2}}{4}$$

$$3) \cos \left( x + \frac{\pi}{3} \right) + \cos \left( x - \frac{\pi}{3} \right) = \cos x$$

$$\cos \left( x + \frac{\pi}{3} \right) + \cos \left( x - \frac{\pi}{3} \right) = \cos \frac{\pi}{3} \cos x - \sin \frac{\pi}{3} \sin x + \cos \frac{\pi}{3} \cos x + \sin \frac{\pi}{3} \sin x$$

$$= \frac{1}{2} \cos x - \frac{\sqrt{3}}{2} \sin x + \frac{1}{2} \cos x + \frac{\sqrt{3}}{2} \sin x = 2 \times \frac{1}{2} \cos x = \cos x$$

$$4) \sin \left( x + \frac{2\pi}{3} \right) = \sin x \cos \frac{2\pi}{3} + \cos x \sin \frac{2\pi}{3} = \sin x \cos \left( \pi - \frac{\pi}{3} \right) + \sin \left( \pi - \frac{\pi}{3} \right) \cos x$$

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

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

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

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

Exercice2 :

Soient :  $0 < a < \frac{\pi}{2}$  et  $0 < b < \frac{\pi}{2}$  et  $\cos a = \sin b = \frac{1}{2}$

1) Calculer :  $\sin a$  et  $\cos b$

2) Calculer :  $\sin(a+b)$

Solution : calcul de  $\cos b$  :

$$\text{on a } \cos^2 b + \sin^2 b = 1 \Leftrightarrow \cos^2 b = 1 - \left( \frac{1}{2} \right)^2$$

$$\cos^2 b = \frac{3}{4} \Leftrightarrow \cos b = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ ou } \cos b = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{Or : } 0 < b < \frac{\pi}{2} \text{ donc : } \cos b = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

calcul de :  $\sin a$

$$\text{on a : } \cos^2 b + \sin^2 b = 1 \Leftrightarrow \sin^2 a = 1 - \cos^2 a \Leftrightarrow \sin^2 a = 1 - \left( \frac{1}{2} \right)^2$$

$$\text{donc : } \sin^2 a = \frac{3}{4} \text{ donc } \sin a = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ ou } \sin a = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{or } 0 < a < \frac{\pi}{2} \text{ donc : } \sin a = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$2) \text{ on a : } \sin(a+b) = \sin a \cos b + \sin b \cos a$$

$$\text{Donc : } \sin(a+b) = \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{3}{4} + \frac{1}{4} = 1$$

Exercice3 : Calculer  $\cos \frac{11\pi}{12}$  et  $\sin \frac{11\pi}{12}$

Exercice4 : calculer  $\cos \frac{\pi}{8}$  et  $\sin \frac{\pi}{8}$

Solution : on a  $\frac{\pi}{4} = 2 \frac{\pi}{8}$  donc  $\cos \frac{\pi}{4} = \cos \left( 2 \frac{\pi}{8} \right)$

D'après :  $\cos(2x) = 2\cos^2 x - 1$  (1)

On a Donc :  $\cos \frac{\pi}{4} = 2\cos^2 \frac{\pi}{8} - 1$  donc :

$$\cos^2 \frac{\pi}{8} = \frac{1 + \cos \frac{\pi}{4}}{2} = \frac{1 + \frac{\sqrt{2}}{2}}{2} = \frac{2 + \sqrt{2}}{4}$$

$$\text{donc : } \cos \frac{\pi}{8} = \sqrt{\frac{2+\sqrt{2}}{4}} \text{ ou } \cos \frac{\pi}{8} = -\sqrt{\frac{2+\sqrt{2}}{4}}$$

$$\text{Or } 0 < \frac{\pi}{8} < \frac{\pi}{2} \text{ donc : } \cos \frac{\pi}{8} > 0 \text{ donc : } \cos \frac{\pi}{8} = \sqrt{\frac{2+\sqrt{2}}{4}}$$

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

$$\text{D'après : } \cos(2x) = 1 - 2\sin^2 x \quad (2)$$

$$\text{On a Donc : } \cos \frac{\pi}{4} = 1 - 2\sin^2 \frac{\pi}{8} \text{ donc :}$$

$$\sin^2 \frac{\pi}{8} = \frac{1 - \cos \frac{\pi}{4}}{2} = \frac{1 - \frac{\sqrt{2}}{2}}{2} = \frac{2 - \sqrt{2}}{4}$$

$$\text{donc : } \sin \frac{\pi}{8} = \sqrt{\frac{2 - \sqrt{2}}{4}} \text{ ou } \sin \frac{\pi}{8} = -\sqrt{\frac{2 - \sqrt{2}}{4}}$$

$$\text{Or } 0 < \frac{\pi}{8} < \frac{\pi}{2} \text{ donc : } \sin \frac{\pi}{8} > 0 \text{ donc : } \sin \frac{\pi}{8} = \sqrt{\frac{2 - \sqrt{2}}{4}}$$

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

**Exercice5 :** Sachant que  $\sin x = \frac{1}{2}$  et  $0 < x < \frac{\pi}{2}$

calculer :  $\cos(2x)$  et  $\sin(2x)$

**Solution :** on a :  $\cos(2x) = 1 - 2\sin^2 x$

$$\text{Donc : } \cos(2x) = 1 - 2\left(\frac{1}{2}\right)^2 = 1 - \frac{2}{9} = \frac{7}{9}$$

Et on a :  $\sin(2x) = 2\sin x \cos x$  il faut Calculer  $\cos x$  ?

$$\text{on a : } \cos^2 x + \sin^2 x = 1 \text{ Donc : } \cos^2 x = 1 - \sin^2 x$$

$$\text{Donc : } \cos^2 x = 1 - \left(\frac{1}{2}\right)^2 \text{ donc : } \cos^2 x = \frac{3}{4}$$

$$\text{donc : } \cos x = \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ ou } \cos x = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{or } 0 < x < \frac{\pi}{2} \text{ donc : } \cos x = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\text{donc : } \sin(2x) = 2 \times \frac{1}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

**Exercice6 :** Montrer que :  $\frac{\sin 3x}{\sin x} - \frac{\cos 3x}{\cos x} = 2 \quad \forall x \in \left]0; \frac{\pi}{2}\right[$

**Solution :**

$$\begin{aligned} \frac{\sin 3x}{\sin x} - \frac{\cos 3x}{\cos x} &= \frac{\sin 3x \cos x - \sin x \cos 3x}{\sin x \cos x} = \frac{\sin(3x - x)}{\sin x \cos x} \\ &= \frac{\sin(2x)}{\sin x \cos x} = \frac{2 \sin x \cos x}{\sin x \cos x} = 2 \end{aligned}$$

**Exercice7 :** Montrer que :

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

2) si  $\alpha \in \mathbb{R}$  et  $\sin \alpha \neq -1$  alors

$$\frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right)$$

**Solution :**

$$1) \text{ on a : } 1 - \cos x + \sin x = 2 \sin^2 \frac{x}{2} + 2 \sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2}$$

$$\text{Car : } \cos x = 1 - 2 \sin^2 \frac{x}{2} \quad (2) \text{ et } \sin x = 2 \sin \frac{x}{2} \cos \frac{x}{2} \quad (3)$$

$$\text{Donc : } 1 - \cos x + \sin x = 2 \sin \frac{x}{2} \left( \sin \frac{x}{2} + \cos \frac{x}{2} \right)$$

$$2) \text{ on a : } 1 - \sin \alpha = 1 - \cos \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) \text{ et } 1 + \sin \alpha = 1 + \cos \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right)$$

$$\text{Donc : } 1 - \sin \alpha = 2 \sin^2 \left( \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha}{2} \right) \text{ et } 1 + \sin \alpha = 2 \cos^2 \left( \frac{\frac{\pi}{2} - \alpha}{2} \right)$$

$$\text{Donc : } 1 - \sin \alpha = 2 \sin^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right) \text{ et } 1 + \sin \alpha = 2 \cos^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right)$$

$$\text{Donc : } \frac{1 - \sin \alpha}{1 + \sin \alpha} = \frac{\sin^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right)}{\cos^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right)} = \tan^2 \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\alpha}{2} \right)$$

**Exercice8 :** Montrer que :  $\forall x \in \mathbb{R}$

$$1) \sin^2 2x - \cos 2x - 1 = -2 \cos^2 x \cos 2x$$

$$2) 2 \sin^2 x + 12 \cos^2 x = 5 \cos 2x + 7$$

**Solution :**

$$1) \sin^2 2x - \cos 2x - 1 = (2 \cos x \sin x)^2 - 2 \cos^2 x + 1 - 1$$

$$4 \cos^2 x \sin^2 x - 2 \cos^2 x = -2 \cos^2 x \cos 2x$$

$$2) 2 \sin^2 x + 12 \cos^2 x = 2 \sin^2 x + 12(1 - \sin^2 x) = -10 \sin^2 x + 12$$

$$= \frac{-10}{2}(1 - \cos 2x) + 12 = -5(1 - \cos 2x) + 12 = 5 \cos 2x + 7$$

**Exercice9 :** Calculer  $\tan \frac{\pi}{12}$  et  $\tan \frac{5\pi}{12}$

**Solution :**

$$\tan \frac{\pi}{12} = \tan \left( \frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{6} \right) = \frac{\tan \frac{\pi}{4} - \tan \frac{\pi}{6}}{1 - \tan \frac{\pi}{4} \tan \frac{\pi}{6}} = \frac{1 - \frac{1}{\sqrt{3}}}{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{3} - 1}{\sqrt{3} + 1} = 2 - \sqrt{3}$$

$$\tan \frac{5\pi}{12} = \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{6} \right) = \frac{\tan \frac{\pi}{4} + \tan \frac{\pi}{6}}{1 - \tan \frac{\pi}{4} \tan \frac{\pi}{6}} = \frac{1 + \frac{1}{\sqrt{3}}}{1 - \frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{\sqrt{3} + 1}{\sqrt{3} - 1} = 2 + \sqrt{3}$$

**Exercice10 :** Calculer  $\tan \frac{11\pi}{12}$

**Exercice11 :**

1- Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équation  $x^2 + 2x - 1 = 0$

2- En déduire  $\tan \left( \frac{\pi}{8} \right)$

**Solution :** 1) utiliser le déterminant  $\Delta$

2) utiliser :  $\tan 2x = \frac{2 \tan x}{1 - \tan^2 x}$  (2) on remplaçant :  $x = \frac{\pi}{8}$

**Exercice12 :** soit  $a \in \mathbb{R}$  tel que :  $\tan \frac{a}{2} = \sqrt{2}$

Calculer  $\cos a$  et  $\sin a$  et  $\tan a$

**Solution :** on a  $\cos a = \frac{1 - t^2}{1 + t^2} = \frac{1 - \sqrt{2}^2}{1 + \sqrt{2}^2} = -\frac{1}{3}$

$$\sin a = \frac{2t}{1 + t^2} = \frac{2\sqrt{2}}{1 + \sqrt{2}^2} = \frac{2\sqrt{2}}{3}$$

$$\tan a = \frac{2t}{1 - t^2} = \frac{2\sqrt{2}}{1 - \sqrt{2}^2} = -2\sqrt{2}$$

**Exercice13 :** 1- Montrer que  $\tan \left( \frac{\pi}{12} \right) = 2 - \sqrt{3}$

2- Considérons l'équation :

$$(E): 2\cos x - 2\sin x - 1 - \sqrt{3} = 0$$

a) Vérifier que  $\pi + 2k\pi$  n'est pas une solution de l'équation (E)

b) en posant :  $t = \tan \left( \frac{x}{2} \right)$ , résoudre l'équation (E)

(remarquer que  $4 - 2\sqrt{3} = (\sqrt{3} - 1)^2$ )

3- Représenter les images des solutions sur le cercle trigonométrique.

**Exercice14 :** Transformer en produits les expressions suivantes :

$$1) A(x) = \sin 2x + \sin 4x$$

$$2) B(x) = \cos x + \cos 2x + \cos 3x + \cos 4x$$

**Solution :1)**

$$A(x) = \sin 2x + \sin 4x = 2 \sin \left( \frac{2x + 4x}{2} \right) \cos \left( \frac{2x - 4x}{2} \right)$$

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

$$2) \text{on a : } \cos x + \cos 3x = 2 \cos \left( \frac{3x + x}{2} \right) \cos \left( \frac{3x - x}{2} \right) = 2 \cos 2x \cos x$$

$$\cos 2x + \cos 4x = 2 \cos \left( \frac{4x + 2x}{2} \right) \cos \left( \frac{4x - 2x}{2} \right) = 2 \cos 3x \cos x$$

$$\text{Donc : } B(x) = 2 \cos 2x \cos x + 2 \cos 3x \cos x = 2 \cos x (\cos 2x + \cos 3x)$$

$$\text{Et on a : } \cos 2x + \cos 3x = 2 \cos \frac{x}{2} \cos \frac{5x}{2}$$

$$\text{Donc : } B(x) = 4 \cos x \cos \frac{x}{2} \cos \frac{5x}{2}$$

**Exercice15 :** Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équation :

$$\sin x + \sin 3x + \sin 5x + \sin 7x = 0$$

**Exercice16 :** écrire sous la forme d'une somme

$$1) \cos 2x \times \sin 4x \quad 2) \sin x \times \sin 3x \quad 3) \cos 4x \times \cos 6x$$

**Solution :**

$$1) \cos 2x \times \sin 4x = \frac{1}{2} (\sin (2x + 4x) - \sin (2x - 4x)) = \frac{1}{2} (\sin 6x - \sin (-2x))$$

$$= \frac{1}{2} (\sin 6x + \sin 2x) = \frac{1}{2} \sin 6x + \frac{1}{2} \sin 2x$$

$$2) \sin x \times \sin 3x = \frac{1}{2} (\cos (x + 3x) - \cos (x - 3x)) = \frac{1}{2} (\cos 4x - \cos (-2x))$$

$$\sin x \times \sin 3x = \frac{1}{2} (\cos 4x - \cos (2x)) = \frac{1}{2} \cos 4x - \frac{1}{2} \cos (2x)$$

$$3) \cos 4x \times \cos 6x = \frac{1}{2} (\cos (4x + 6x) + \cos (4x - 6x)) = \frac{1}{2} (\cos 10x + \cos (-2x))$$

$$\cos 4x \times \cos 6x = \frac{1}{2} \cos 10x + \frac{1}{2} \cos (2x)$$

**Exercice17 :** calculer

$$1) \cos \frac{7\pi}{12} \times \cos \frac{5\pi}{12} \quad 2) \sin \frac{7\pi}{12} \times \cos \frac{5\pi}{12}$$

**Solution :**

$$1) \cos \frac{7\pi}{12} \times \cos \frac{5\pi}{12} = \frac{1}{2} \left( \cos \left( \frac{7\pi}{12} + \frac{5\pi}{12} \right) + \cos \left( \frac{7\pi}{12} - \frac{5\pi}{12} \right) \right)$$

$$\cos \frac{7\pi}{12} \times \cos \frac{5\pi}{12} = \frac{1}{2} \left( \cos \pi + \cos \frac{\pi}{6} \right) = \frac{1}{2} \left( -1 + \frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{\sqrt{3} - 2}{4}$$

$$2) \sin \frac{7\pi}{12} \times \cos \frac{5\pi}{12} = \frac{1}{2} \left( \sin \left( \frac{7\pi}{12} + \frac{5\pi}{12} \right) + \sin \left( \frac{7\pi}{12} - \frac{5\pi}{12} \right) \right)$$

$$\sin \frac{7\pi}{12} \times \cos \frac{5\pi}{12} = \frac{1}{2} \left( \sin \pi + \sin \frac{\pi}{6} \right) = \frac{1}{2} \left( 0 + \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{4}$$

**Exercice18 :** Montrer que

$$1) \sin \frac{3\pi}{11} + \sin \frac{7\pi}{11} = 2 \sin \left( \frac{5\pi}{11} \right) \cos \left( \frac{2\pi}{11} \right)$$

$$2) \sin \frac{3\pi}{11} - \sin \frac{7\pi}{11} = -2 \cos \left( \frac{5\pi}{11} \right) \sin \left( \frac{2\pi}{11} \right)$$

$$3) \text{ en déduire que : } \frac{\sin \frac{3\pi}{11} + \sin \frac{7\pi}{11}}{\sin \frac{3\pi}{11} - \sin \frac{7\pi}{11}} = -\frac{\tan \left( \frac{5\pi}{11} \right)}{\tan \left( \frac{2\pi}{11} \right)}$$

**Solution :**

$$1) \sin \frac{3\pi}{11} + \sin \frac{7\pi}{11} = 2 \sin \left( \frac{\frac{3\pi}{11} + \frac{7\pi}{11}}{2} \right) \cos \left( \frac{\frac{3\pi}{11} - \frac{7\pi}{11}}{2} \right)$$

$$\sin \frac{3\pi}{11} + \sin \frac{7\pi}{11} = 2 \sin \left( \frac{5\pi}{11} \right) \cos \left( -\frac{2\pi}{11} \right) = 2 \sin \frac{5\pi}{11} \cos \frac{2\pi}{11}$$

$$2) \sin \frac{3\pi}{11} - \sin \frac{7\pi}{11} = 2 \cos \left( \frac{\frac{3\pi}{11} + \frac{7\pi}{11}}{2} \right) \sin \left( \frac{\frac{3\pi}{11} - \frac{7\pi}{11}}{2} \right)$$

$$\sin \frac{3\pi}{11} - \sin \frac{7\pi}{11} = 2 \cos \left( \frac{5\pi}{11} \right) \sin \left( -\frac{2\pi}{11} \right) = -2 \cos \frac{5\pi}{11} \sin \frac{2\pi}{11}$$

$$3) \frac{\sin \frac{3\pi}{11} + \sin \frac{7\pi}{11}}{\sin \frac{3\pi}{11} - \sin \frac{7\pi}{11}} = \frac{2 \sin \left( \frac{5\pi}{11} \right) \cos \left( \frac{2\pi}{11} \right)}{-2 \cos \left( \frac{5\pi}{11} \right) \sin \left( \frac{2\pi}{11} \right)}$$

$$= -\frac{\sin \left( \frac{5\pi}{11} \right) \cos \left( \frac{2\pi}{11} \right)}{\cos \left( \frac{5\pi}{11} \right) \sin \left( \frac{2\pi}{11} \right)} = -\tan \left( \frac{5\pi}{11} \right) \times \frac{1}{\tan \left( \frac{2\pi}{11} \right)} = -\frac{\tan \left( \frac{5\pi}{11} \right)}{\tan \left( \frac{2\pi}{11} \right)}$$

**Exercice19 :** Montrer que  $\frac{\cos 2x - \cos 4x}{\cos 2x + \cos 4x} = \tan 3x \times \tan x$

**Solution :** on a :

$$\cos 2x - \cos 4x = -2 \sin \left( \frac{2x+4x}{2} \right) \sin \left( \frac{2x-4x}{2} \right) = 2 \sin (3x) \sin x$$

$$\text{et } \cos 2x + \cos 4x = -2 \cos \left( \frac{2x+4x}{2} \right) \cos \left( \frac{2x-4x}{2} \right) = 2 \cos 3x \cos x$$

$$\text{donc : } \frac{\cos 2x - \cos 4x}{\cos 2x + \cos 4x} = \frac{2 \sin 3x \sin x}{2 \cos 3x \cos x} = \frac{\sin 3x}{\cos 3x} \times \frac{\sin x}{\cos x} = \tan 3x \times \tan x$$

$$\text{car : } \cos(-x) = \cos x \quad \text{et} \quad \sin(-x) = -\sin x$$

**Exercice20 :** Montrer que  $\forall x \in \mathbb{R}$

$$\cos^2 \frac{5x}{2} - \cos^2 \frac{3x}{2} = -\sin 4x \times \sin x$$

**Solution :**

$$\cos^2 \frac{5x}{2} - \cos^2 \frac{3x}{2} = \left( \cos \frac{5x}{2} + \cos \frac{3x}{2} \right) \left( \cos \frac{5x}{2} - \cos \frac{3x}{2} \right)$$

$$\cos \frac{5x}{2} + \cos \frac{3x}{2} = 2 \cos \left( \frac{\frac{5x}{2} + \frac{3x}{2}}{2} \right) \cos \left( \frac{\frac{5x}{2} - \frac{3x}{2}}{2} \right) = 2 \cos (2x) \cos \left( \frac{x}{2} \right)$$

$$\cos \frac{5x}{2} - \cos \frac{3x}{2} = -2 \sin \left( \frac{\frac{5x}{2} + \frac{3x}{2}}{2} \right) \sin \left( \frac{\frac{5x}{2} - \frac{3x}{2}}{2} \right) = -2 \sin (2x) \sin \left( \frac{x}{2} \right)$$

$$\text{Donc : } \cos^2 \frac{5x}{2} - \cos^2 \frac{3x}{2} = 2 \cos (2x) \cos \left( \frac{x}{2} \right) \times -2 \sin (2x) \sin \left( \frac{x}{2} \right)$$

$$= -2 \cos (2x) \times \sin (2x) 2 \cos \left( \frac{x}{2} \right) \sin \left( \frac{x}{2} \right) = -\sin (4x) \sin x$$

**Exercice21 :** Montrer que  $\forall x \in \mathbb{R}$

$$1) \sin 3x = \sin x \times (3 - 4 \sin^2 x)$$

$$2) \cos 3x = \cos x (4 \cos^2 x - 3)$$

$$3) \cos (4x) = 8 \cos^4 x - 8 \cos^2 x + 1$$

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

$$5) \cos^3 x = \frac{1}{4} (3 \cos x + \cos 3x)$$

**Solution :**

$$1) \sin 3x = \sin (2x + x) = \sin 2x \cos x + \cos 2x \sin x$$

$$= 2 \sin x \cos^2 x + (1 - 2 \sin^2 x) \sin x = 2 \sin x (1 - \sin^2 x) + (1 - 2 \sin^2 x) \sin x$$

$$= 2 \sin x - 2 \sin^3 x + \sin x - 2 \sin^3 x = 3 \sin x - 4 \sin^3 x = \sin x (3 - 4 \sin^2 x)$$

$$2) \cos 3x = \cos (2x + x) = \cos x \cos 2x - \sin 2x \sin x$$

$$= \cos x (2 \cos^2 x - 1) + \sin x \times 2 \cos x \sin x = 2 \cos^3 x - \cos x - 2 \cos x \sin^2 x$$

$$= 2 \cos^3 x - \cos x - 2 \cos x (1 - \cos^2 x) = 2 \cos^3 x - \cos x - 2 \cos x + 2 \cos^3 x$$

$$= 4 \cos^3 x - 3 \cos x = \cos x (4 \cos^2 x - 3)$$

$$3) \cos (4x) = \cos (2 \times 2x) = 2 \cos^2 2x - 1 = 2 (2 \cos^2 x - 1)^2 - 1$$

$$= 2 (4 \cos^4 x - 4 \cos^2 x + 1) - 1 = 8 \cos^4 x - 8 \cos^2 x + 1$$

$$4) \sin (4x) = 4 \sin x \cos x (2 \cos^2 x - 1) = 4 \sin x (2 \cos^2 x - \cos x)$$

$$\sin (4x) = \sin (2 \times 2x) = 2 \sin 2x \cos 2x = 2 \times 2 \sin x \cos x (2 \cos^2 x - 1)$$

$$5) \cos^3 x = \frac{1}{4} (3 \cos x + \cos 3x) \quad ?$$

**Methode 1**

$$\frac{1}{4} (3 \cos x + \cos 3x) = \frac{1}{4} (3 \cos x + \cos (x + 2x)) = \frac{1}{4} (3 \cos x + \cos x \cos 2x - \sin x \sin 2x)$$

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

$$= \frac{1}{4} (2 \cos^3 x - \cos x - 2 \cos x + 2 \cos^3 x + 3 \cos x) = \frac{1}{4} (4 \cos^3 x) = \cos^3 x$$

**Methode 1**

$$\cos^3 x = \cos^2 x \times \cos x = \frac{1 + \cos 2x}{2} \times \cos x = \frac{1}{2} (\cos x + \cos 2x \times \cos x)$$

$$\cos^3 x = \frac{1}{2} \left( \cos x + \frac{1}{2} (\cos 3x + \cos x) \right) = \frac{1}{2} \cos x + \frac{1}{4} \cos 3x + \frac{1}{4} \cos x = \frac{3}{4} \cos x + \frac{1}{4} \cos 3x$$

$$\cos^3 x = \frac{1}{4} (3 \cos x + \cos 3x)$$

**Exercice22 :**  $P(x) = \sin 2x - \sin x$  et  $Q(x) = 1 + \cos x + \cos 2x$

Montrer que :  $P(x) = \sin x (2 \cos x - 1)$  et

$$Q(x) = \cos x (2 \cos x + 1)$$

**Solution :**

$$Q(x) = 1 + \cos x + \cos 2x = 1 + \cos x + 2 \cos^2 x - 1 = \cos x + 2 \cos^2 x = \cos x (1 + 2 \cos x)$$

$$P(x) = \sin 2x - \sin x = 2 \sin x \cos x - \sin x = \sin x (2 \cos x - 1)$$

**Exercice23 :** 1- Linéariser :  $2 \cos^2 x$ .  $\sin (2x)$

2- Linéariser :  $\cos^3 x$

**Exercice24 :** 1. Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équation :

$$\cos \left( 2x + \frac{\pi}{4} \right) = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Représenter les images des solutions sur le cercle trigonométrique.

2. Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équation :

$$\cos\left(x + \frac{\pi}{4}\right) = \sin\left(3x - \frac{\pi}{6}\right)$$

Déterminer les solutions dans l'intervalle  $]-\pi, \pi]$

**Exercice25 :**

1. Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équation :  $\sin\left(3x + \frac{\pi}{6}\right) = -\frac{\sqrt{2}}{2}$

Représenter les images des solutions sur le cercle trigonométrique.

2. Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équation :

$$-\cos\left(3x + \frac{\pi}{3}\right) = \sin\left(x - \frac{\pi}{6}\right)$$

Déterminer les solutions dans l'intervalle  $]-\pi, \pi]$

**Exercice26 :**

1) Résoudre dans  $\mathbb{R}$ , l'équation  $\tan\left(2x + \frac{\pi}{6}\right) = -1$

2) Résoudre dans  $\mathbb{R}$ , l'équation  $\cos x - \sqrt{3} \sin x = 0$

**Exercice27 :1)** Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équations

$$\text{suivantes : } \cos 2x = \cos\left(x - \frac{\pi}{3}\right)$$

2) Résoudre dans  $[0; \pi]$  l'équations suivantes :

$$\sin\left(2x - \frac{\pi}{3}\right) = \sin\left(\frac{\pi}{4} - x\right)$$

3) Résoudre dans  $\left]-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right]$  l'équations suivantes :

$$\tan\left(2x - \frac{\pi}{5}\right) = 1$$

**Solution :** 1) on a  $\cos 2x = \cos\left(x - \frac{\pi}{3}\right)$  ssi

$$2x = x - \frac{\pi}{3} + 2k\pi \text{ ou } 2x = -\left(x - \frac{\pi}{3}\right) + 2k\pi$$

$$\text{Ssi } 2x - x = -\frac{\pi}{3} + 2k\pi \text{ ou } 2x + x = \frac{\pi}{3} + 2k\pi \text{ Ssi}$$

$$x = -\frac{\pi}{3} + 2k\pi \text{ ou } x = \frac{\pi}{9} + \frac{2k\pi}{3} \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$S_{\mathbb{R}} = \left\{-\frac{\pi}{3} + 2k\pi; \frac{\pi}{9} + \frac{2k\pi}{3} / k \in \mathbb{Z}\right\}$$

2) on a  $\sin\left(2x - \frac{\pi}{3}\right) = \sin\left(\frac{\pi}{4} - x\right)$  ssi

$$2x - \frac{\pi}{3} = \frac{\pi}{4} - x + 2k\pi \text{ ou } 2x - \frac{\pi}{3} = \pi - \frac{\pi}{4} + x + 2k\pi$$

$$\text{ssi } 3x = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{3} + 2k\pi \text{ ou } x = \pi - \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{3} + 2k\pi$$

$$\text{Donc } x = \frac{7\pi}{36} + \frac{2k\pi}{3} \text{ ou } x = \frac{13\pi}{12} + 2k\pi$$

• Encadrement de  $\frac{7\pi}{36} + \frac{2k\pi}{3}$  :

$$0 \leq \frac{7\pi}{36} + \frac{2k\pi}{3} \leq \pi \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } 0 \leq \frac{7}{36} + \frac{2k}{3} \leq 1 \quad \text{Donc } -\frac{7}{24} \leq k \leq \frac{29}{36} \quad \text{Donc}$$

$$-0,29 \leq k \leq 1,2 \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } k = 0 \text{ ou } k = 1$$

$$\text{Pour } k = 0 \text{ on trouve } x_1 = \frac{7\pi}{36}$$

$$\text{Pour } k = 1 \text{ on trouve } x_2 = \frac{7\pi}{36} + \frac{2\pi}{3} = \frac{31\pi}{36}$$

• Encadrement de  $x = \frac{13\pi}{12} + 2k\pi$

$$0 \leq \frac{13\pi}{12} + 2k\pi \leq \pi \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } 0 \leq \frac{13}{12} + 2k \leq 1 \quad \text{Donc } -\frac{13}{24} \leq k \leq -\frac{1}{24} \quad \text{Donc}$$

$$-0,54 \leq k \leq 0,04 \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

Donc  $k$  n'existe pas

$$\bullet \text{ Donc } S_{[0,\pi]} = \left\{\frac{7\pi}{36}; \frac{31\pi}{36}\right\}$$

3) on a  $\tan\left(2x - \frac{\pi}{5}\right) = 1$  est définie ssi

$$2x - \frac{\pi}{5} \neq \frac{\pi}{2} + k\pi \text{ ssi } 2x \neq \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{5} + k\pi$$

$$\text{ssi } 2x \neq \frac{7\pi}{10} + k\pi \text{ ssi } x \neq \frac{7\pi}{20} + \frac{k\pi}{2} \quad \text{Donc}$$

$$D = \mathbb{R} - \left\{\frac{7\pi}{20} + \frac{k\pi}{2}; k \in \mathbb{Z}\right\}$$

$$\text{or on sait que : } \tan\left(\frac{\pi}{4}\right) = 1 \quad \text{Donc}$$

$$\tan\left(2x - \frac{\pi}{5}\right) = \tan\left(\frac{\pi}{4}\right)$$

$$\text{Donc } 2x - \frac{\pi}{5} = \frac{\pi}{4} + k\pi \text{ ssi } 2x = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{5} + k\pi \text{ ssi}$$

$$2x = \frac{9\pi}{20} + k\pi \text{ ssi } x = \frac{9\pi}{40} + \frac{k\pi}{2}$$

Encadrement de  $\frac{9\pi}{40} + \frac{k\pi}{2}$

$$-\frac{\pi}{2} \leq \frac{9\pi}{40} + \frac{k\pi}{2} \leq \frac{\pi}{2} \quad \text{et } k \in \mathbb{Z} \quad \text{donc}$$

$$-\frac{1}{2} \leq \frac{9}{40} + \frac{k}{2} \leq \frac{1}{2} \quad \text{donc} \quad -\frac{29}{40} \leq \frac{k}{2} \leq \frac{11}{40}$$

$$\text{donc} \quad -\frac{29}{40} \leq \frac{k}{2} \leq \frac{11}{40} \quad \text{donc} \quad -\frac{29}{20} \leq k \leq \frac{11}{20} \quad \text{Donc}$$

$$-1,45 \leq k \leq 0,55 \quad \text{et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } k=0 \text{ ou } k=-1$$

$$\text{Pour } k=0 \text{ on trouve } x_1 = \frac{9\pi}{40}$$

$$\text{Pour } k=-1 \text{ on trouve } x_2 = \frac{9\pi}{40} - \frac{\pi}{2} = -\frac{11\pi}{40}$$

$$\text{Donc } S = \left\{ -\frac{11\pi}{40}; \frac{9\pi}{40} \right\}$$

**Exercice28 :**  $\cos x - \sin x \quad a=1 \text{ et } b=-1$

$$\text{calculons : } \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{1^2 + (-1)^2} = \sqrt{2}$$

$$\cos x - \sin x = \sqrt{2} \left( \frac{\sqrt{2}}{2} \cos x - \frac{\sqrt{2}}{2} \sin x \right) = \sqrt{2} \left( \cos \frac{\pi}{4} \cos x - \sin \frac{\pi}{4} \sin x \right)$$

$$\cos x - \sin x = \sqrt{2} \cos \left( \frac{\pi}{4} + x \right)$$

**Exercice29 :** Résoudre dans  $[0; 2\pi]$  l'équation :

$$\sqrt{3} \cos x + \sin x = \sqrt{3}$$

**Solution :** Transformation de :  $\sqrt{3} \cos x + \sin x$

$$b=1 \text{ et } a=\sqrt{3}$$

$$\text{Donc : } \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{3^2 + 1^2} = \sqrt{4} = 2$$

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

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

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

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

$$\Leftrightarrow x - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6} + 2k\pi \quad \text{ou} \quad x - \frac{\pi}{6} = -\frac{\pi}{6} + 2k\pi$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{\pi}{3} + 2k\pi \quad \text{ou} \quad x = 2k\pi \quad k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc : } S = \left\{ 0; \frac{\pi}{3}; 2\pi \right\}$$

**Exercice30 :** Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équation :

$$\sqrt{3} \cos(3x) + \sin(3x) + 2 = 0$$

**Exercice31 :** Considérons l'inéquation  $\cos x \geq \frac{1}{2}$

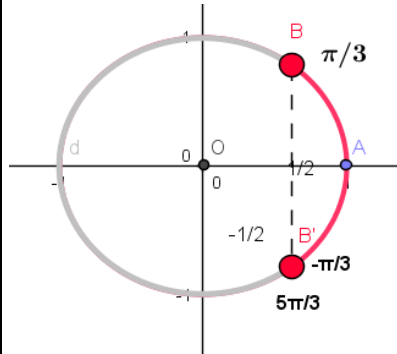
Tout d'abord il faut résoudre l'équation  $\cos x = \frac{1}{2}$

les images des solutions de cette équation sont :

$M(\frac{\pi}{3})$  et  $M'(-\frac{\pi}{3})$  et on constate que les réels qui

vérifient l'inéquation  $\cos x \geq \frac{1}{2}$

sont les abscisse curvilignes des points qui se situent sur l'arc  $M'M$  (en rouge sur la figure)



et par suite on peut conclure que  $S_{[-\pi, \pi]} = [-\frac{\pi}{3}, \frac{\pi}{3}]$

les solutions dans  $[0, 2\pi]$  sont :

$$S_{[0, 2\pi]} = [0, \frac{\pi}{3}] \cup [\frac{5\pi}{3}, 2\pi]$$

**Exercice32 :** Résoudre dans  $[0, 3\pi]$  l'inéquation :

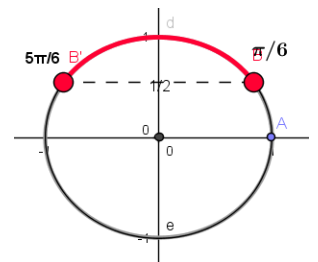
$$2\cos x + \sqrt{3} \leq 0$$

**Exercice33 :** Résoudre dans  $[0, 2\pi[$  l'inéquation

$$\text{suivante : } \sin x \geq \frac{1}{2}$$

$$\sin x \geq \frac{1}{2} \quad \text{ssi} \quad \sin x \geq \sin \frac{\pi}{6}$$

$$\text{donc } S = \left[ \frac{\pi}{6}, \frac{5\pi}{6} \right]$$



**Exercice34 :** Résoudre dans  $[0; 2\pi]$  l'inéquation

$$\text{suivante : } \tan x - 1 \geq 0$$

$$\text{On a } \tan x - 1 \geq 0 \quad \text{ssi} \quad \tan x \geq 1$$

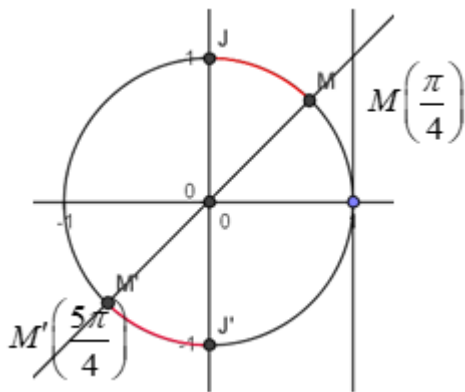
On sait que :  $\tan \frac{\pi}{4} = 1$  Les arc  $MJ$  et  $M'J'$  en rouge

correspond a tous les points  $M(x)$  tq  $x$  vérifie

$$\tan x - 1 \geq 0 \quad \text{Donc}$$

$$S = \left[ \frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{2} \right] \cup \left[ \frac{5\pi}{4}; \frac{3\pi}{2} \right]$$





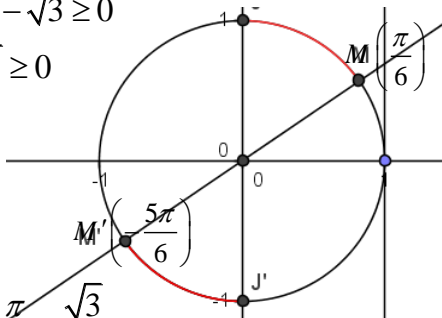
**Exercice35 :** Résoudre dans  $[-\pi; \pi]$  l'inéquation

suivante :  $3 \tan x - \sqrt{3} \geq 0$

On a  $3 \tan x - \sqrt{3} \geq 0$

ssi  $\tan x \geq \frac{\sqrt{3}}{3}$

On sait que :  $\tan \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{3}$



Les arc  $MJ$  et  $M'J'$  en rouge correspond à tous

les points  $M(x)$  tq  $x$  vérifie  $3 \tan x - \sqrt{3} \geq 0$  Donc

$$S = \left[-\frac{5\pi}{6}; -\frac{\pi}{2}\right] \cup \left[\frac{\pi}{6}; \frac{\pi}{2}\right]$$

**Exercice36 :** 1) Résoudre dans  $[-\pi; \pi]$  l'équation :

$$\sqrt{3} \cos x - \sin x = 1$$

2) Résoudre dans  $[-\pi; \pi]$  l'inéquation :

$$\sqrt{3} \cos x - \sin x \geq 1$$

**Solution :** Transformation de :  $\sqrt{3} \cos x + \sin x$

$b = -1$  et  $a = \sqrt{3}$

$$\text{Donc : } \sqrt{a^2 + b^2} = \sqrt{(\sqrt{3})^2 + (-1)^2} = \sqrt{4} = 2$$

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

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

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

$$\Leftrightarrow 2 \cos \left( x + \frac{\pi}{6} \right) = 1 \Leftrightarrow \cos \left( x + \frac{\pi}{6} \right) = \frac{1}{2} = \cos \left( \frac{\pi}{3} \right)$$

$$\Leftrightarrow x + \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3} + 2k\pi \text{ ou } x + \frac{\pi}{6} = -\frac{\pi}{3} + 2k\pi$$

$$\Leftrightarrow x = \frac{\pi}{6} + 2k\pi \text{ ou } x = -\frac{\pi}{2} + 2k\pi \quad k \in \mathbb{Z}$$

• Encadrement de  $-\frac{\pi}{2} + 2k\pi$  :

$$-\pi \leq -\frac{\pi}{2} + 2k\pi \leq \pi \quad \text{et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } -1 \leq -\frac{1}{2} + 2k \leq 1$$

$$\text{Donc } -\frac{1}{4} \leq k \leq \frac{3}{4} \quad \text{et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } k = 0 \text{ on trouve } x_1 = -\frac{\pi}{2}$$

• Encadrement de  $\frac{\pi}{6} + 2k\pi$

$$-\pi \leq \frac{\pi}{6} + 2k\pi \leq \pi$$

$$\text{Donc } -1 \leq \frac{1}{6} + 2k \leq 1$$

$$\text{Donc } -\frac{7}{6} \leq 2k \leq \frac{5}{6} \quad \text{Donc } -\frac{7}{12} \leq k \leq \frac{5}{12}$$

$$\text{Donc } k = 0 \text{ on trouve } x_2 = \frac{\pi}{6}$$

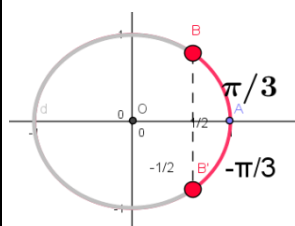
$$\text{Donc } S_{[-\pi; \pi]} = \left\{ -\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{6} \right\}$$

2) Résoudre dans  $[-\pi; \pi]$  l'inéquation :

$$\sqrt{3} \cos x - \sin x \geq 1$$

$$\sqrt{3} \cos x - \sin x \geq 1 \Leftrightarrow 2 \cos \left( x + \frac{\pi}{6} \right) \geq 1 \Leftrightarrow \cos \left( x + \frac{\pi}{6} \right) \geq \frac{1}{2}$$

$$\text{On pose : } X = x + \frac{\pi}{6} \text{ donc } \cos X \geq \frac{1}{2}$$



$$\cos X \geq \frac{1}{2} \Leftrightarrow -\frac{\pi}{3} \leq X \leq \frac{\pi}{3} \Leftrightarrow -\frac{\pi}{3} \leq x + \frac{\pi}{6} \leq \frac{\pi}{3}$$

$$\Leftrightarrow -\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{6} \quad \text{donc } S_{[-\pi; \pi]} = \left[ -\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{6} \right]$$

**Exercice37 : 1) a)** Résoudre dans  $\mathbb{R}$  l'équations suivantes :  $2 \sin^2 x - 9 \sin x - 5 = 0$  et en déduire les solutions dans  $[0; 2\pi]$

b) résoudre dans  $[0; 2\pi]$  l'inéquation suivante :

$$2\sin^2 x - 9\sin x - 5 \leq 0$$

2) Résoudre dans  $[0; \pi]$  l'inéquation suivante :

$$(2\cos x - 1)(\tan x + 1) \geq 0$$

**solution: 1)** a) on pose  $t = \sin x$

$$2\sin^2 x - 9\sin x - 5 \leq 0 \text{ ssi } 2t^2 - 9t - 5 \leq 0$$

On cherche les racines du trinôme  $2t^2 - 9t - 5$  :

$$\text{Calcul du discriminant : } \Delta = (-9)^2 - 4 \times 2 \times (-5) = 121$$

$$\text{Les racines sont : } t_1 = \frac{9 - \sqrt{121}}{2 \times 2} = -\frac{1}{2} \text{ et } t_2 = \frac{9 + \sqrt{121}}{2 \times 2} = 5$$

$$\text{Donc } \sin x = -\frac{1}{2} \text{ et } \sin x = 5$$

Or on sait que  $-1 \leq \sin x \leq 1$  donc l'équation  $\sin x = 5$  n'admet pas de solutions dans  $\mathbb{R}$

$$\sin x = -\frac{1}{2} \text{ ssi } \sin x = \sin\left(-\frac{\pi}{6}\right) \text{ ssi } x = -\frac{\pi}{6} + 2k\pi \text{ ou } x = \pi - \left(-\frac{\pi}{6}\right) + 2k\pi$$

$$\text{ssi } x = -\frac{\pi}{6} + 2k\pi \text{ ou } x = \frac{7\pi}{6} + 2k\pi \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{ssi } x = -\frac{\pi}{6} + 2k\pi \text{ ou } x = \frac{7\pi}{6} + 2k\pi \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$S_{\mathbb{R}} = \left\{ -\frac{\pi}{6} + 2k\pi; \frac{7\pi}{6} + 2k\pi / k \in \mathbb{Z} \right\}$$

$$\bullet \text{Encadrement de } -\frac{\pi}{6} + 2k\pi : 0 \leq -\frac{\pi}{6} + 2k\pi \leq 2\pi$$

$$\text{et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } 0 \leq -\frac{1}{6} + 2k \leq 2 \quad \text{Donc } \frac{1}{12} \leq k \leq \frac{13}{12} \quad \text{Donc}$$

$$0,08 \leq k \leq 1,02 \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } k = 1$$

Pour  $k = 1$  on remplace on trouve

$$x_1 = -\frac{\pi}{6} + 2\pi = \frac{11\pi}{6}$$

$$\bullet \text{Encadrement de } \frac{7\pi}{6} + 2k\pi : 0 \leq \frac{7\pi}{6} + 2k\pi \leq 2\pi$$

$$\text{et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } 0 \leq \frac{7}{6} + 2k \leq 2 \quad \text{Donc } -\frac{7}{12} \leq k \leq \frac{5}{12} \quad \text{Donc}$$

$$-0,5 \leq k \leq 0,41 \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } k = 0 \text{ on remplace on trouve } x_2 = \frac{7\pi}{6}$$

$$\text{Donc } S_{[0; 2\pi]} = \left\{ \frac{11\pi}{6}; \frac{7\pi}{6} \right\}$$

$$1) b) 2\sin^2 x - 9\sin x - 5 \leq 0 \text{ ssi}$$

$$2\left(\sin x + \frac{1}{2}\right)(\sin x - 5) \leq 0$$

Or on sait que  $-1 \leq \sin x \leq 1$  donc  $-1 \leq \sin x \leq 1 < 5$

$$\text{Donc } \sin x - 5 < 0$$

Puisque  $\sin x - 5 < 0$  et  $2 > 0$  alors

$$2\left(\sin x + \frac{1}{2}\right)(\sin x - 5) \leq 0 \text{ ssi } \sin x + \frac{1}{2} \geq 0$$

$$\text{ssi } \sin x \geq -\frac{1}{2} \text{ ssi } \sin x \geq \sin\left(-\frac{\pi}{6}\right)$$

L'arc en rouge correspond à tous les points  $M(x)$

$$\text{tq } x \text{ vérifie } \sin x \geq -\frac{1}{2}$$

$$\text{donc } S = \left[0; \frac{7\pi}{6}\right] \cup \left[\frac{11\pi}{6}; 2\pi\right]$$

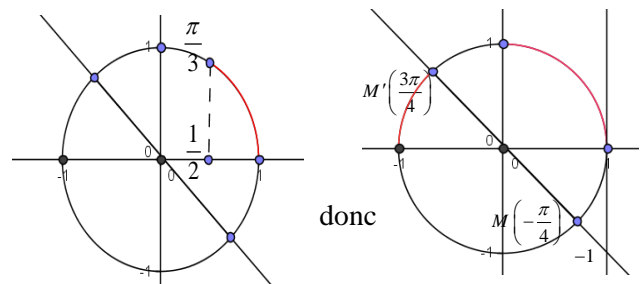
2) l'inéquation  $(2\cos x - 1)(\tan x + 1) \geq 0$  est définie

$$\text{dans } [0; \pi] \text{ ssi } x \neq \frac{\pi}{2} + k\pi$$

$$\text{Donc } D = [0; \pi] - \left\{ \frac{\pi}{2} \right\}$$

$$2\cos x - 1 \geq 0 \text{ ssi } \cos x = \frac{1}{2} \text{ ssi } \cos x \geq \cos \frac{\pi}{3}$$

$$\tan x + 1 \geq 0 \text{ ssi } \tan x \geq -1 \text{ ssi } \tan x \geq \tan\left(-\frac{\pi}{4}\right)$$



$x$	0	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$	$\pi$
$2\cos x - 1$	+	0	-	-	-
$\tan x + 1$	+	+	-	0	+
$(2\cos x - 1)(\tan x + 1)$	+	-	-	+	-

$$S = \left[0; \frac{\pi}{3}\right] \cup \left[\frac{3\pi}{4}; \pi\right]$$

**Exercice 38 :** 1. Résoudre dans  $[-\pi, \pi]$  l'inéquation :

$$\sin\left(3x + \frac{\pi}{4}\right) \leq -\frac{1}{2}$$

2. Résoudre dans  $[-\pi, \pi]$  l'inéquation :



$$4\cos^2 x - 2(1 + \sqrt{2})\cos x + \sqrt{2} \leq 0$$

3. Résoudre dans  $[-\pi, \pi]$  l'inéquation :  $\frac{1 + \tan x}{\sin 2x} \geq 0$

**Exercice39 :**

Résoudre dans  $[-\frac{11\pi}{5}, \frac{14\pi}{5}]$  l'équation  $\sin 3x \geq \frac{1}{2}$

**Exercice40 ::** soit  $x \in \mathbb{R}$  on pose :

$$A(x) = \cos 3x - 3\sin x + 3\sqrt{2} \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right)$$

1) calculer  $\cos 3x$  en fonction de  $\cos x$

Et calculer  $\sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right)$  en fonction de  $\cos x$  et  $\sin x$

2) en déduire une écriture simple de  $A(x)$

3)a) Résoudre dans  $I = [-\pi; \pi]$  l'équation:  $A(x) = \frac{1}{2}$

3)b) Résoudre dans  $I$  l'inéquation:  $A(x) \leq \frac{1}{2}$

**Solution : 1)**

$$\begin{aligned} \cos 3x &= \cos(2x + x) = \cos x \cos 2x - \sin 2x \sin x \\ &= \cos x(2\cos^2 x - 1) + \sin x \times 2\cos x \sin x = 2\cos^3 x - \cos x - 2\cos x \sin^2 x \\ &= 2\cos^3 x - \cos x - 2\cos x(1 - \cos^2 x) = 2\cos^3 x - \cos x - 2\cos x + 2\cos^3 x \\ &= 4\cos^3 x - 3\cos x = \cos x(4\cos^2 x - 3) \end{aligned}$$

$$\sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right) = \sin x \cos \frac{\pi}{4} + \cos x \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2}(\sin x + \cos x)$$

$$\begin{aligned} 2) A(x) &= \cos 3x - 3\sin x + 3\sqrt{2} \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right) \\ &= 4\cos^3 x - 3\cos x - 3\sin x + 3(\sin x + \cos x) = 4\cos^3 x \end{aligned}$$

$$3)a) A(x) = \frac{1}{2} \Leftrightarrow 4\cos^3 x = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \cos^3 x - \frac{1}{8} = 0$$

$$\Leftrightarrow \left(\cos x - \frac{1}{2}\right)\left(\cos^2 x + \frac{1}{2}\cos x + \frac{1}{4}\right) = 0$$

$$\text{Car : } a^3 - b^3 = (a - b)(a^2 + ab + b^2)$$

$$\cos^2 x + \frac{1}{2}\cos x + \frac{1}{4} = 0 \Leftrightarrow \begin{cases} X^2 + \frac{1}{2}X + \frac{1}{4} = 0 \\ X = \cos x \end{cases}$$

Puisque :  $\Delta < 0$  alors cette équation n'admet pas de solutions dans  $\mathbb{R}$  donc :

$$A(x) = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \cos x = \frac{1}{2} \Leftrightarrow \cos x = \cos \frac{\pi}{3}$$

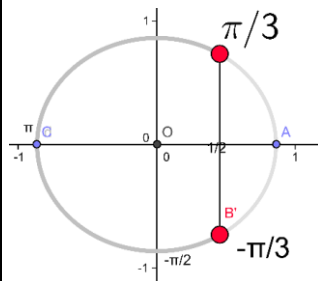
$$x = -\frac{\pi}{3} + 2k\pi \text{ ou } x = \frac{\pi}{3} + 2k\pi \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc : } S_{[-\pi; \pi]} = \left\{-\frac{\pi}{3}; \frac{\pi}{3}\right\}$$

$$3)b) A(x) \leq \frac{1}{2} \Leftrightarrow \left(\cos x - \frac{1}{2}\right)\left(\cos^2 x + \frac{1}{2}\cos x + \frac{1}{4}\right) \leq 0$$

$$\text{Puisque : } \Delta < 0 \text{ alors } \cos^2 x + \frac{1}{2}\cos x + \frac{1}{4} > 0$$

$$\text{Donc : } A(x) \leq \frac{1}{2} \Leftrightarrow \cos x \leq \frac{1}{2} \Leftrightarrow \cos x \leq \cos \frac{\pi}{3}$$



$$\text{donc } S = \left[0; \frac{\pi}{3}\right] \cup \left[\frac{2\pi}{3}; \pi\right]$$

**Exercice41 :** on pose :

$$A = \sin \frac{\pi}{9} \times \sin \frac{2\pi}{9} \times \sin \frac{3\pi}{9} \times \sin \frac{4\pi}{9}$$

$$1) \text{ monter que : } \sin \frac{\pi}{9} \times \sin \frac{4\pi}{9} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} - \cos \frac{5\pi}{9} \right)$$

$$2) \text{ monter que : } \cos \frac{5\pi}{9} \times \sin \frac{2\pi}{9} = \frac{1}{2} \left( \sin \frac{7\pi}{9} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$3) \text{ en déduire que : } A = \frac{3}{16}$$

**Solution :**

$$\text{On a : } \sin a \times \sin b = -\frac{1}{2}(\cos(a+b) - \cos(a-b))$$

$$1): \sin \frac{\pi}{9} \times \sin \frac{4\pi}{9} = -\frac{1}{2} \left( \cos \left( \frac{5\pi}{9} \right) - \cos \left( -\frac{3\pi}{9} \right) \right)$$

$$\sin \frac{\pi}{9} \times \sin \frac{4\pi}{9} = \frac{1}{2} \left( \cos \frac{\pi}{3} - \cos \frac{5\pi}{9} \right)$$

$$\text{Donc : } \sin \frac{\pi}{9} \times \sin \frac{4\pi}{9} = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} - \cos \frac{5\pi}{9} \right)$$

$$2) \text{ On a : } \cos a \times \sin b = -\frac{1}{2}(\sin(a+b) - \sin(a-b))$$

$$\cos \frac{5\pi}{9} \times \sin \frac{2\pi}{9} = \frac{1}{2} \left( \sin \frac{7\pi}{9} - \sin \frac{\pi}{3} \right)$$

$$\text{Donc : } \cos \frac{5\pi}{9} \times \sin \frac{2\pi}{9} = \frac{1}{2} \left( \sin \frac{7\pi}{9} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right)$$

$$3) \text{ déduction : } A = \frac{3}{16} ?$$

$$A = \left( \sin \frac{\pi}{9} \times \sin \frac{4\pi}{9} \right) \times \sin \frac{2\pi}{9} \times \sin \frac{\pi}{3}$$

$$A = \frac{1}{2} \left( \frac{1}{2} - \cos \frac{5\pi}{9} \right) \times \sin \frac{2\pi}{9} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$A = \frac{\sqrt{3}}{4} \left( \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{9} - \cos \frac{5\pi}{9} \sin \frac{2\pi}{9} \right) = \frac{\sqrt{3}}{4} \left( \frac{1}{2} \sin \frac{2\pi}{9} - \frac{1}{2} \left( \sin \frac{7\pi}{9} - \frac{\sqrt{3}}{2} \right) \right)$$

$$A = \frac{\sqrt{3}}{8} \left( \sin \left( \pi - \frac{7\pi}{9} \right) - \sin \frac{7\pi}{9} + \frac{\sqrt{3}}{9} \right)$$

$$A = \frac{\sqrt{3}}{8} \left( \sin \frac{7\pi}{9} - \sin \frac{7\pi}{9} + \frac{\sqrt{3}}{9} \right) = \frac{3}{16} \text{ Donc : } A = \frac{3}{16}$$

**Exercice 42:** soit :  $\theta \in \left] 0; \frac{\pi}{2} \right[$  tel que :  $3\sin \theta + 5\cos \theta = 5$

1) monter que :  $5\sin \theta - 3\cos \theta = 3$

2) déduire la valeur de :  $\cos \theta$  et  $\sin \theta$

**Solution :** 1)  $3\sin \theta + 5\cos \theta = 5 \Leftrightarrow 3\sin \theta = 5 - 5\cos \theta$

$$\Leftrightarrow 3\sin \theta = 5(1 - \cos \theta) \Leftrightarrow 3\sin \theta = 5 \times 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\text{Car : } 1 - \cos \theta = 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\text{Donc : } 3\sin \theta + 5\cos \theta = 5 \Leftrightarrow 3\sin \theta = 10 \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$3\sin \theta + 5\cos \theta = 5 \Leftrightarrow 6 \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2} = 10 \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

$$\text{Car : } \sin \theta = 2 \sin \frac{\theta}{2} \cos \frac{\theta}{2}$$

$$3\sin \theta + 5\cos \theta = 5 \Leftrightarrow 6 \cos \frac{\theta}{2} = 10 \sin \frac{\theta}{2} \text{ car } \sin \frac{\theta}{2} \neq 0$$

$$\text{Donc : } 3\sin \theta + 5\cos \theta = 5 \Leftrightarrow \tan \frac{\theta}{2} = \frac{3}{5}$$

$$\text{Or on sait que : } \sin \theta = \frac{2 \tan \frac{\theta}{2}}{1 + \tan^2 \frac{\theta}{2}} \text{ et } \cos \theta = \frac{1 - \tan^2 \frac{\theta}{2}}{1 + \tan^2 \frac{\theta}{2}}$$

$$\text{Donc : } 3\sin \theta + 5\cos \theta = \frac{5 \left( 2 \tan \frac{\theta}{2} \right)}{1 + \tan^2 \frac{\theta}{2}} - \frac{3 \left( 1 - \tan^2 \frac{\theta}{2} \right)}{1 + \tan^2 \frac{\theta}{2}}$$

$$3\sin \theta + 5\cos \theta = \frac{10 \times \frac{3}{5}}{1 + \frac{9}{25}} - \frac{3 \left( 1 - \frac{9}{25} \right)}{1 + \frac{9}{25}} = \frac{102}{34} = 3$$

2) on a le systeme:  $\begin{cases} 3\sin \theta + 5\cos \theta = 5 \\ 5\sin \theta - 3\cos \theta = 3 \end{cases}$  on le résolvant on

$$\text{trouve : } \cos \theta = \frac{8}{17} \text{ et } \sin \theta = \frac{15}{17}$$

C'est en forgeant que l'on devient forgeron » Dit un proverbe.

C'est en s'entraînant régulièrement aux calculs et exercices

Que l'on devient un mathématicien

