

# TRIGONOMETRIE1

## Leçon : TRIGONOMETRIE1

### Présentation globale

I) Le radian et le cercle trigonométrique :

II) Les abscisse curviligne d'un point sur le cercle trigonométrique et l'angle orienté de deux demi-droites (ou de deux vecteurs) :

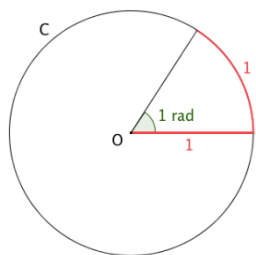
III) Les rapports trigonométriques d'un nombre réel.

## I) Le radian et le cercle trigonométrique :

### 1) Le radian

**Définition :** Soit un cercle  $C$  de centre  $O$  et de rayon 1.

On appelle radian, noté  $rad$ , la mesure de l'angle au centre qui intercepte un arc de longueur 1 du cercle.



**Remarque1 :** On peut étendre cette définition à tout cercle de rayon  $R$ , en appelant radian la mesure d'un angle interceptant un arc dont la longueur est  $R$ .

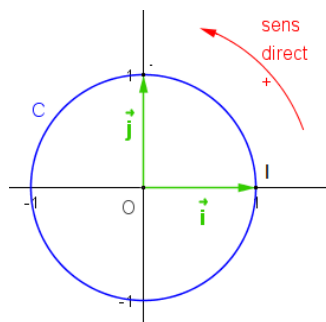
**Remarque2 :**

Le radian est aussi une unité de

mesure permettant de mesurer la longueur des arcs sur le cercle trigonométrique

### 2) Cercle trigonométrique

**Définition1 :** Sur un cercle, on appelle sens direct, sens positif ou sens trigonométrique le sens contraire des aiguilles d'une montre.



**Définition2 :** on appelle

cercle trigonométrique tout cercle de centre  $O$  et de rayon 1

muni d'un point d'origine  $I$

et d'un sens de parcours appelé direct (sens contraire au sens des aiguilles d'une montre)

### 3) La relation entre le degré et le radian

**Proposition :**

- Les mesures en radian et en degré d'un même angle sont proportionnelles
- Si  $x$  est la mesure d'un angle en radian et  $y$  sa mesure en

degré alors :  $\frac{x}{\pi} = \frac{y}{180}$

**Exemples :**

1) Un angle plein (tour complet) mesure  $2\pi$  radians.

Prof/ATMANI NAJIB

En effet on a  $y = 360^\circ$

Et on a :  $\frac{x}{\pi} = \frac{y}{180}$  donc  $\frac{x}{\pi} = \frac{360}{180}$  donc  $\frac{x}{\pi} = 2$  donc

$x = 2\pi$  rad

2) on a :  $\frac{1rad}{\pi} = \frac{y}{180}$  donc  $\pi y = 180rad$  donc

$y = \frac{180}{\pi} \approx \frac{180}{3,14} \approx 57,3^\circ$

Donc :  $1rad \approx 57,3^\circ$

### 3) Correspondance degrés et radians

Ainsi, à  $2\pi$  radians (tour complet), on fait correspondre un angle de  $360^\circ$ .

Par proportionnalité, on obtient les correspondances suivantes :

Mesure en radians $x$ rad	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\pi$	$2\pi$
Mesure en degrés $y^\circ$	0	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$180^\circ$	$360^\circ$

### APPLICATION :

1) Donner la mesure en radians de l'angle de mesure  $33^\circ$ .

2) Donner la mesure en degrés de

l'angle de mesure  $\frac{3\pi}{8}$  rad.

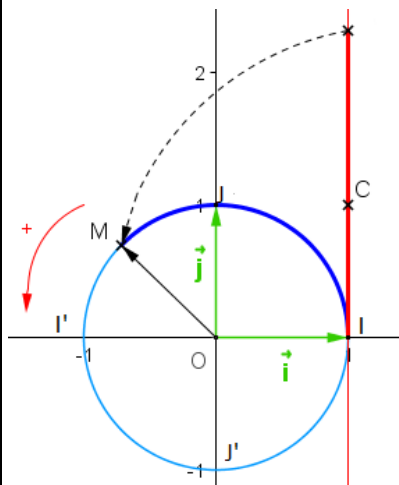
$\pi$	?	$\frac{3\pi}{8}$
$180^\circ$	$33^\circ$	?

$$1) x = 33 \times \frac{\pi}{180} = \frac{11\pi}{60}$$

$$2) y = \frac{3\pi}{8} \times \frac{\pi}{180} = 67,5^\circ$$

## II) Les abscisse curviligne d'un point sur le cercle trigonométrique et l'angle orienté de deux demi-droites ( ou de deux vecteurs):

### 1) Les abscisse curviligne d'un point sur le cercle trigonométrique



#### Activité : Enroulement d'une droite autour du cercle trigonométrique

si le zéro de droite numérique coïncide avec l'origine  $I$  cercle trigonométrique ; et on enroule la demi-droite des réels positifs sur le cercle trigonométrique Dans le sens direct et on enroule la demi-droite

des réels négatifs sur le cercle trigonométrique Dans le sens inverse chaque point  $M$  du cercle est ainsi recouvert par une infinité de nombres réels qui s'appellent : abscisses curvilignes de  $M$

**b) Définition :** soit  $M$  un point du cercle trigonométrique d'origine  $I$

Et soit  $\alpha$  la longueur de l'arc  $IM$  (on allant de  $I$  vers  $M$  dans le sens direct) en radian

Tout réel qui s'écrit sous la forme :  $\alpha + 2k\pi$  avec  $k \in \mathbb{Z}$  s'appelle abscisse curviligne de  $M$

**Proposition :** si  $x$  et  $x'$  deux abscisses curvilignes du même point  $M$  dans le cercle trigonométrique alors il existe un  $k \in \mathbb{Z}$  tel que :  $x - x' = 2k\pi$  on écrit :

$x \equiv x' [2\pi]$  : Et on lit :  $x$  est congrue à  $x'$  modulo  $2\pi$

#### Exemples :

1) si  $M = I$  alors  $II = 0$  donc les abscisses curvilignes de  $I$  sont de la forme :

$0 + 2k\pi$  avec  $k \in \mathbb{Z}$  par ex :  $0, 2\pi, -2\pi, 4\pi, -4\pi, \dots$

2) si  $M = J$  alors  $IJ = \frac{\pi}{2}$  donc les abscisses curvilignes

de  $J$  sont de la forme :  $\frac{\pi}{2} + 2k\pi$  avec  $k \in \mathbb{Z}$

par ex :  $\frac{\pi}{2}, -\frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, -\frac{7\pi}{2}, \frac{9\pi}{2}, \dots$

3) si  $M = I'$  alors  $II' = \pi$  donc les abscisses curvilignes de  $I'$  sont de la forme :  $\pi + 2k\pi$  avec  $k \in \mathbb{Z}$

par ex :  $\pi, -\pi, 3\pi, -3\pi, 5\pi, \dots$

4) si  $M = J'$  alors  $IJ' = \frac{3\pi}{2}$  donc les abscisses

curvilignes de  $J'$  sont de la forme :  $\frac{3\pi}{2} + 2k\pi$  avec  $k \in \mathbb{Z}$

par ex :  $\frac{3\pi}{2}, -\frac{\pi}{2}, -\frac{5\pi}{2}, \frac{7\pi}{2}, \frac{11\pi}{2}, \dots$

5)  $\frac{49\pi}{6} = \frac{48\pi}{6} + \frac{\pi}{6} = 8\pi + \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{6} + 4 \times 2\pi$  . Par

conséquent les réels  $\frac{49\pi}{6}$  et  $\frac{\pi}{6}$  sont représentés par un

même point sur le cercle trigonométrique.

#### 2) abscisse curviligne principale

**Définition :** parmi les abscisses curvilignes d'un point  $M$  du cercle trigonométrique une seule se situe dans l'intervalle  $]-\pi; \pi]$  et on l'appelle abscisse curviligne principale du point  $M$

#### Exemples :

1) les abscisses curvilignes de  $I$  sont de la forme :  $0 + 2k\pi$  avec  $k \in \mathbb{Z}$

Donc  $0$  est l'abscisses curviligne principale de  $I$  car  $0 \in ]-\pi; \pi]$

2) pour  $J$  on a  $\frac{\pi}{2} \in ]-\pi; \pi]$  Donc  $\frac{\pi}{2}$  est l'abscisses curviligne principale de  $J$

3) de même  $I'$  on a  $\pi \in ]-\pi; \pi]$  Donc  $\pi$  est l'abscisses curviligne principale de  $I'$

4) de même  $J'$  on a  $-\frac{\pi}{2} \in ]-\pi; \pi]$  Donc  $-\frac{\pi}{2}$  est

l'abscisses curviligne principale de  $J'$

#### APPLICATION :

1) Déterminer l'abscisses curviligne principale de chacune des abscisses suivantes

$7\pi, \frac{110\pi}{3}, \frac{19\pi}{4}, -\frac{131\pi}{3}, -\frac{217\pi}{6}$

2) Placer sur le cercle trigonométrique les points

$A(0); B\left(\frac{\pi}{2}\right); C\left(\frac{\pi}{4}\right); D\left(\frac{\pi}{3}\right); E\left(\frac{\pi}{6}\right); M\left(\frac{7\pi}{2}\right)$

$F\left(\frac{5\pi}{6}\right); G\left(-\frac{\pi}{2}\right); H\left(-\frac{\pi}{4}\right); N\left(\frac{3\pi}{2}\right); I\left(\frac{2007\pi}{4}\right)$

#### Correction :

■  $x = 7\pi$  et soit  $\alpha$  l'abscisses curviligne principale associée à  $x$

Alors il existe un  $k \in \mathbb{Z}$  tel que :  $\alpha - x = 2k\pi$  c a d  $\alpha = 7\pi + 2k\pi$  et  $\alpha \in ]-\pi; \pi]$

c a d  $-\pi < 7\pi + 2k\pi \leq \pi$  et  $k \in \mathbb{Z}$

$$\text{ssi } \pi - 7\pi < 2k\pi \leq \pi - 7\pi \quad \text{ssi } -8 < 2k \leq -6 \quad \text{ssi } -4 < k \leq -3 \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

alors  $k = -3$  et donc

$$\alpha = 7\pi + 2(-3)\pi = 7\pi - 6\pi = \pi$$

donc l'abscisses curviligne principale associée a  $x = 7\pi$  est  $\alpha = \pi$

▪  $x = \frac{110\pi}{3}$  et soit  $\alpha$  l'abscisses curviligne principale associée a  $x$

Alors il existe un  $k \in \mathbb{Z}$  tel que :  $\alpha - x = 2k\pi$  c a d

$$\alpha = \frac{110\pi}{3} + 2k\pi \text{ et } \alpha \in ]-\pi; \pi]$$

$$\text{c a d } -\pi < \frac{110\pi}{3} + 2k\pi \leq \pi \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{ssi } -\pi - \frac{110\pi}{3} < 2k\pi \leq \pi - \frac{110\pi}{3} \quad \text{ssi}$$

$$-\frac{113\pi}{3} < 2k\pi \leq -\frac{107\pi}{3} \quad \text{ssi } -\frac{113}{6} < k \leq -\frac{107}{6}$$

$$\text{et } k \in \mathbb{Z} \quad \text{ssi } -18.83 < k \leq -17.83 \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

alors  $k = -18$  et donc

$$\alpha = \frac{110\pi}{3} + 2k\pi = \frac{110\pi}{3} + 2(-18)\pi = \frac{110\pi - 108\pi}{3} = \frac{2\pi}{3}$$

Donc l'abscisses curviligne principale associée a

$$x = \frac{110\pi}{3} \text{ est } \alpha = \frac{2\pi}{3}$$

$$\text{▪ } x = \frac{19\pi}{4}$$

$$\text{On a } \frac{19\pi}{4} = \frac{16\pi}{4} + \frac{3\pi}{4} = 4\pi + \frac{3\pi}{4} = \frac{3\pi}{4} + 2 \times 2\pi$$

$$\text{et } \frac{3\pi}{4} \in ]-\pi; \pi] \text{ donc l'abscisses curviligne principale}$$

$$\text{associée a } \frac{19\pi}{4} \text{ est } \alpha = \frac{3\pi}{4}$$

$$\text{▪ } x = -\frac{131\pi}{3} \text{ et soit } \alpha \text{ l'abscisses curviligne principale}$$

associée a  $x$

Alors il existe un  $k \in \mathbb{Z}$  tel que :  $\alpha - x = 2k\pi$  c a d

$$\alpha = -\frac{131\pi}{3} + 2k\pi \text{ et } \alpha \in ]-\pi; \pi]$$

$$\text{c a d } -\pi < -\frac{131\pi}{3} + 2k\pi \leq \pi \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{ssi } -\pi + \frac{131\pi}{3} < 2k\pi \leq \pi + \frac{131\pi}{3} \quad \text{ssi}$$

$$\frac{128\pi}{3} < 2k\pi \leq \frac{134\pi}{3}$$

$$\text{ssi } \frac{128}{6} < k \leq \frac{134}{6} \text{ et } k \in \mathbb{Z} \quad \text{ssi}$$

$$21.33 < k \leq 22.33 \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

alors  $k = 22$  et donc

$$\alpha = -\frac{131\pi}{3} + 2k\pi = -\frac{131\pi}{3} + 2(22)\pi = \frac{-131\pi + 132\pi}{3} = \frac{\pi}{3}$$

donc l'abscisses curviligne principale associée a

$$x = -\frac{131\pi}{3} \text{ est } \alpha = \frac{\pi}{3}$$

$$\text{▪ } x = -\frac{217\pi}{6} \text{ et soit } \alpha \text{ l'abscisses curviligne principale}$$

associée a  $x$

Alors il existe un  $k \in \mathbb{Z}$  tel que :  $\alpha - x = 2k\pi$  c a d

$$\alpha = -\frac{217\pi}{6} + 2k\pi \text{ et } \alpha \in ]-\pi; \pi]$$

$$\text{c a d } -\pi < -\frac{217\pi}{6} + 2k\pi \leq \pi \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{ssi } -\pi + \frac{217\pi}{6} < 2k\pi \leq \pi + \frac{217\pi}{6} \quad \text{ssi}$$

$$\frac{211\pi}{6} < 2k\pi \leq \frac{223\pi}{6}$$

$$\text{ssi } \frac{211}{12} < k \leq \frac{223}{12} \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{ssi } 17.58 < k \leq 18.58 \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

alors  $k = 18$  et donc

$$\alpha = -\frac{217\pi}{6} + 2k\pi = -\frac{217\pi}{6} + 2(18)\pi = \frac{-217\pi + 216\pi}{6} = -\frac{\pi}{6}$$

donc l'abscisses curviligne principale associée a

$$x = -\frac{217\pi}{6} \text{ est } \alpha = -\frac{\pi}{6}$$

2) Placer sur le cercle trigonométrique les points

$$A(0); B\left(\frac{\pi}{2}\right); C\left(\frac{\pi}{4}\right); D\left(\frac{\pi}{3}\right); ; M\left(\frac{7\pi}{2}\right) E\left(\frac{\pi}{6}\right)$$

$$F\left(\frac{5\pi}{6}\right); G\left(-\frac{\pi}{2}\right); H\left(-\frac{\pi}{4}\right); N\left(\frac{3\pi}{2}\right); I\left(\frac{2007\pi}{4}\right)$$

$$\text{▪ } x = \frac{7\pi}{2} \text{ On a}$$

$$\frac{7\pi}{2} = \frac{8\pi - \pi}{2} = \frac{8\pi}{2} - \frac{\pi}{2} = 4\pi - \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{2} + 2 \times 2\pi$$

$$\text{et } -\frac{\pi}{2} \in ]-\pi; \pi]$$

donc l'abscisses curviligne principale associée a  $x = \frac{7\pi}{2}$

est  $\alpha = -\frac{\pi}{2}$

▪  $x = \frac{2007\pi}{4}$

Methode1 : On divise 2007 par 4 on trouve 501,75 on prend le nombre entier proche ex : 502

Donc :  $\frac{2007\pi}{4} - 502\pi = \frac{2007\pi}{4} - \frac{2008\pi}{4} = -\frac{\pi}{4}$

$\frac{2007\pi}{4} = -\frac{\pi}{4} + 502\pi = -\frac{\pi}{4} + 2 \times 251\pi$  et  $-\frac{\pi}{4} \in ]-\pi ; \pi]$

donc l'abscisses curviligne principale associée a  $x = \frac{2007\pi}{4}$

est  $\alpha = -\frac{\pi}{4}$

Methode2 :  $-\pi < \frac{2007\pi}{4} + 2k\pi \leq \pi$

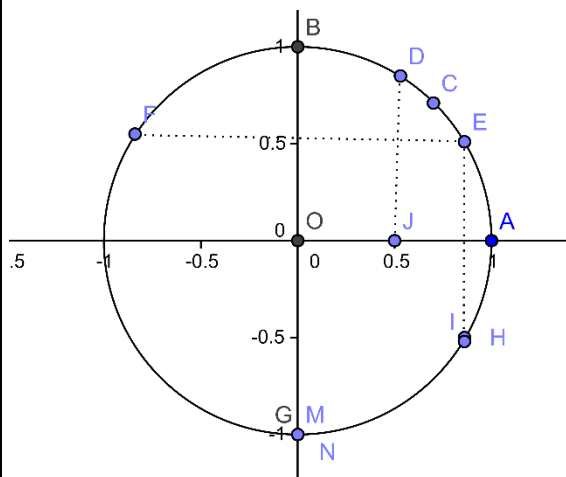
$-1 < \frac{2007}{4} + 2k \leq 1$  ssi  $-1 - \frac{2007}{4} < 2k \leq 1 - \frac{2007}{4}$

ssi  $-\frac{2011}{8} < k \leq -\frac{2003}{8}$  donc

$-251,3 \approx -\frac{2011}{8} < k \leq -\frac{2003}{8} \approx -250,3$

Donc  $k = -251$  Donc

$\alpha = \frac{2007\pi}{4} + 2(-251)\pi = -\frac{\pi}{4}$



**Exercice1 :** Déterminer l'abscisses curviligne principale de chacune des points suivants

$M_0\left(\frac{9\pi}{2}\right); M_1\left(\frac{11\pi}{3}\right); M_2\left(\frac{67\pi}{4}\right); M_3\left(\frac{19\pi}{3}\right)$

**Correction :**

▪  $x = \frac{9\pi}{2}$

Methode1:  $\frac{9\pi}{2} = \frac{8\pi + \pi}{2} = \frac{8\pi}{2} + \frac{\pi}{2} = 4\pi + \frac{\pi}{2} = 2 \times 2\pi + \frac{\pi}{2}$

et  $\frac{\pi}{2} \in ]-\pi ; \pi]$  donc l'abscisses curviligne principale du

point  $M_0$  est  $\alpha = \frac{\pi}{2}$

Methode2:  $-\pi < \frac{9\pi}{2} + 2k\pi \leq \pi$  et  $k \in \mathbb{Z}$

Donc  $-1 < \frac{9}{2} + 2k \leq 1$  Donc

$-1 - \frac{9}{2} < -\frac{9}{2} + \frac{9}{2} + 2k \leq 1 - \frac{9}{2}$

Donc  $-\frac{11}{2} < 2k \leq -\frac{7}{2}$  Donc  $-\frac{11}{4} < k \leq -\frac{7}{4}$

Donc  $-2,7 \approx -\frac{11}{4} < k \leq -\frac{7}{4} \approx -1,7$  et  $k \in \mathbb{Z}$

Donc  $k = -2$  Donc

$\alpha = \frac{9\pi}{2} + 2(-2)\pi = \frac{9\pi}{2} - 4\pi = \frac{9\pi - 8\pi}{2} = \frac{\pi}{2}$

donc l'abscisses curviligne principale du point  $M_0$  est  $\alpha = \frac{\pi}{2}$

▪  $M_1\left(\frac{11\pi}{3}\right)$

Methode1: On a  $\frac{11\pi}{3} = \frac{12\pi - \pi}{3} = 4\pi - \frac{\pi}{3} = -\frac{\pi}{3} + 2 \times 2\pi$

et  $-\frac{\pi}{3} \in ]-\pi ; \pi]$  donc l'abscisses curviligne principale du

point  $M_1$  est  $\alpha = -\frac{\pi}{3}$

Methode2:  $-\pi < \frac{11\pi}{3} + 2k\pi \leq \pi$  et  $k \in \mathbb{Z}$

Donc  $-1 < \frac{11}{3} + 2k \leq 1$  Donc

$-1 - \frac{11}{3} < -\frac{11}{3} + \frac{11}{3} + 2k \leq 1 - \frac{11}{3}$

Donc  $-\frac{14}{3} < 2k \leq -\frac{8}{3}$  Donc  $-\frac{7}{3} < k \leq -\frac{4}{3}$

Donc  $-2,3 \approx -\frac{7}{3} < k \leq -\frac{4}{3} \approx -1,3$  et  $k \in \mathbb{Z}$

Donc  $k = -2$  Donc

$\alpha = \frac{11\pi}{3} + 2(-2)\pi = \frac{11\pi}{3} - 4\pi = \frac{11\pi - 12\pi}{3} = -\frac{\pi}{3}$

Donc l'abscisses curviligne principale du point

$M_1$  est  $\alpha = -\frac{\pi}{3}$

$$M_2\left(\frac{67\pi}{4}\right)$$

Methode1: On a

$$\frac{67\pi}{3} = \frac{64\pi + 3\pi}{3} = \frac{64\pi}{3} + \frac{3\pi}{3} = 16\pi + \frac{3\pi}{3} = 2 \times 8\pi + \frac{3\pi}{3}$$

et  $\frac{3\pi}{4} \in ]-\pi; \pi]$  donc l'abscisses curviligne principale du

point  $M_2$  est  $\alpha = \frac{3\pi}{4}$

$$\text{Methode2: } -\pi < \frac{67\pi}{4} + 2k\pi \leq \pi \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Donc } -1 < \frac{67}{4} + 2k \leq 1$$

$$\text{Donc } -1 - \frac{67}{4} < -\frac{67}{4} + \frac{67}{4} + 2k \leq 1 - \frac{67}{4}$$

$$\text{Donc } -\frac{71}{4} < 2k \leq -\frac{63}{4}$$

$$\text{Donc } -8,8 \approx -\frac{71}{8} < k \leq -\frac{63}{8} \approx -7,8 \text{ et } k \in \mathbb{Z}$$

Donc  $k = -8$  Donc :

$$\alpha = \frac{67\pi}{4} + 2(-8)\pi = \frac{67\pi}{4} - 16\pi = \frac{67\pi - 64\pi}{4} = \frac{3\pi}{4}$$

donc l'abscisses curviligne principale du point  $M_2$

$$\text{est } \alpha = \frac{3\pi}{4}$$

$$M_3\left(\frac{19\pi}{3}\right)$$

$$\text{On a } \frac{19\pi}{3} = \frac{18\pi + \pi}{3} = \frac{18\pi}{3} + \frac{\pi}{3} = 6\pi + \frac{\pi}{3} = 2 \times 3\pi + \frac{\pi}{3}$$

et  $\frac{\pi}{3} \in ]-\pi; \pi]$  donc l'abscisses curviligne principale du

point  $M_3$  est  $\alpha = \frac{\pi}{3}$

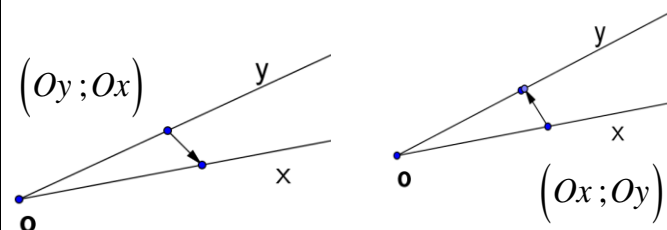
### 3) L'angle orienté de deux demi-droites

▪ **Définition :** Soit  $[Ox)$  et  $[Oy)$  deux demi-droites ayant même origine O

Le couple  $([Ox); [Oy))$  constitué des demi-droites

$[Ox)$  et  $[Oy)$  (dans cet ordre) détermine un angle orienté

qu'on le note :  $([Ox); [Oy))$



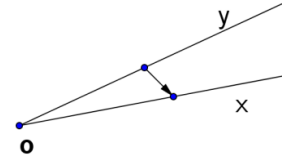
**Remarque :** Le couple

$([Oy); [Ox))$  constitué des

demi-droites  $[Oy)$  et  $[Ox)$

(dans cet ordre) détermine un

angle orienté qu'on le note :  $([Oy); [Ox))$



### ▪ Mesures de l'angle orienté de deux demi-droites

Soit  $[Ox)$  et  $[Oy)$

deux demi-droites

d'origine O et soit

$(C)$  le cercle

trigonométrique de

centre O

Soit A et B les

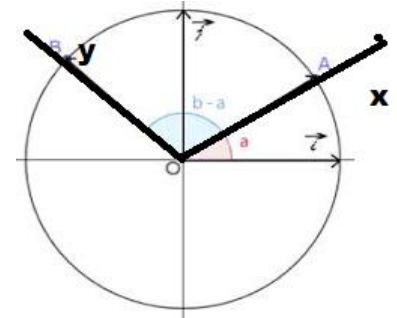
points d'intersections

de  $(C)$  avec les demi-

droites  $[Ox)$  et  $[Oy)$  respectivement

si a et b sont deux abscisses curvilignes respectives de

A et B.



### Définitions :

✓ On appelle mesure de l'angle orienté  $(Ox; Oy)$  tout

réel qui s'écrit sous la forme :

$b - a + 2k\pi$  avec  $k \in \mathbb{Z}$  et on le note :

$$(Ox; Oy) = b - a + 2k\pi$$

✓ Parmi Toute les mesures de  $(Ox; Oy)$

Une seule se situe dans l'intervalle  $]-\pi; \pi]$  .et elle

s'appelle abscisse curviligne principale de l'angle  $(Ox; Oy)$

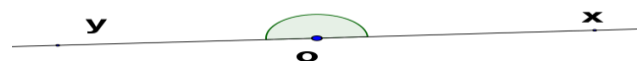
**Cas particuliers :** 1) L'angle orienté nul :



$$(Ox; Ox) = 0 + 2k\pi \text{ ou } (Ox; Ox) \equiv 0[2\pi]$$

2) L'angle orienté plat :  $[Ox)$  et  $[Oy)$  opposées

$$(Ox; Oy) = \pi + 2k\pi \text{ ou } (Ox; Oy) \equiv \pi[2\pi]$$

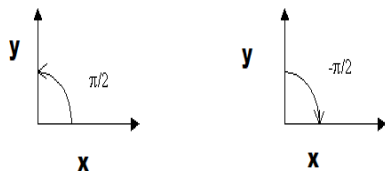


2) L'angle orienté droit direct

$$(Ox; Oy) = \frac{\pi}{2} + 2k\pi \text{ ou } (Ox; Oy) \equiv \frac{\pi}{2}[2\pi]$$

L'angle orienté droit indirect

$$\overline{(Ox; Oy)} = -\frac{\pi}{2} + 2k\pi \text{ ou } \overline{(Ox; Oy)} = -\frac{\pi}{2}[2\pi]$$



#### Relation de Chasles pour les angles orientés de deux demi-droites

Soit  $[Ox]$  et  $[Oy]$  et  $[Oz]$  trois demi-droites d'origine  $O$

On a :  $\overline{(Ox; Oy)} + \overline{(Oy; Oz)} \equiv \overline{(Ox; Oz)}[2\pi]$

#### Conséquence :

$$\overline{(Ox; Oy)} \equiv -\overline{(Oy; Ox)}[2\pi]$$

#### 4) L'angle orienté de deux vecteurs

Soit  $\vec{U}$  et  $\vec{V}$

deux vecteurs

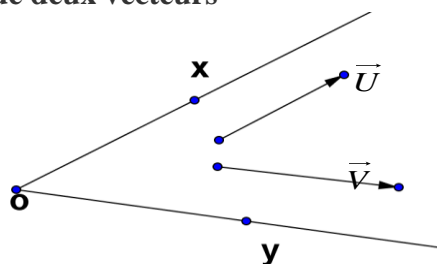
non nuls et  $[Ox]$

et  $[Oy]$  deux

demi-droites

dirigées

respectivement par  $\vec{U}$  et  $\vec{V}$



**Définition :** l'angle orienté des vecteurs non nuls  $\vec{U}$  et  $\vec{V}$  dans cet ordre est l'angle orienté  $\overline{(Ox; Oy)}$

et on le note :  $(\vec{U}; \vec{V})$

✓ Les mesures de  $(\vec{U}; \vec{V})$  sont Les mesures de l'angle orienté  $\overline{(Ox; Oy)}$

✓ La mesure principale de  $(\vec{U}; \vec{V})$  est La mesure principale de  $\overline{(Ox; Oy)}$  et on la note :  $\overline{(\vec{U}; \vec{V})}$

**Propriétés :** Pour tout vecteur  $\vec{u}$  non nul, on a :

$$1) \overline{(\vec{u}; \vec{u})} \equiv 0[2\pi]$$

$$2) \overline{(\vec{u}; -\vec{u})} \equiv \pi[2\pi]$$

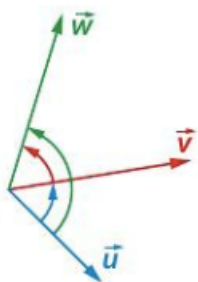


#### Relation de Chasles pour les angles orientés de deux vecteurs :

Pour tous vecteurs  $\vec{u}$ ,  $\vec{v}$  et  $\vec{w}$  non nuls, on a :

$$\overline{(\vec{u}; \vec{v})} + \overline{(\vec{v}; \vec{w})} \equiv \overline{(\vec{u}; \vec{w})}[2\pi]$$

Voici des propriétés sur les angles orientés que nous allons démontrer à l'aide de la relation de Chasles :



**Propriété :** On considère deux vecteurs non nuls  $\vec{u}$  et  $\vec{v}$ .

$$1. \overline{(\vec{v}, \vec{u})} = -\overline{(\vec{u}, \vec{v})} + 2k\pi$$

$$2. \overline{(-\vec{u}, \vec{v})} = \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + \pi + 2k\pi$$

$$3. \overline{(-\vec{u}, -\vec{v})} = \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + 2k\pi$$

$$4. \overline{(\vec{u}, -\vec{v})} = \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + \pi + 2k\pi \text{ où } k \text{ est entier relatif}$$

**Démonstration :**

1. D'après la relation de Chasles :

$$\overline{(\vec{u}, \vec{v})} + \overline{(\vec{v}, \vec{u})} = \overline{(\vec{u}, \vec{u})} = 0 + 2k\pi$$

$$\text{Donc } \overline{(\vec{v}, \vec{u})} = -\overline{(\vec{u}, \vec{v})} + 2k\pi$$

2. D'après la relation de Chasles :

$$\overline{(-\vec{u}, \vec{v})} = \overline{(-\vec{u}, \vec{u})} + \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + 2k\pi = \pi + \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + 2k\pi$$

$$\text{Donc } \overline{(-\vec{u}, \vec{v})} = \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + \pi + 2k\pi$$

3. D'après la relation de Chasles :

$$\overline{(-\vec{u}, -\vec{v})} = \overline{(-\vec{u}, \vec{u})} + \overline{(\vec{u}, -\vec{v})} + 2k\pi = \pi + \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + \pi + 2k\pi$$

$$\text{Donc } \overline{(-\vec{u}, -\vec{v})} = \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + 2k'\pi$$

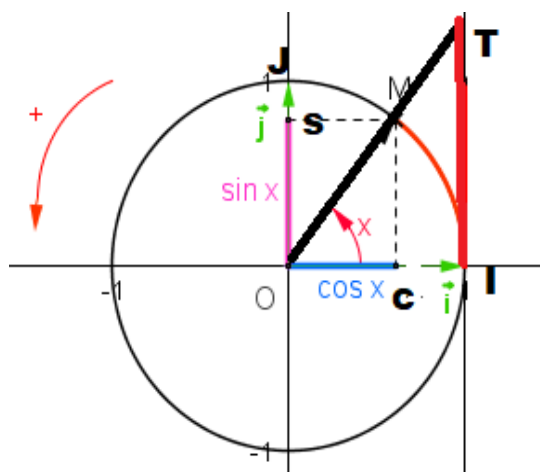
4. D'après la relation de Chasles :

$$\overline{(\vec{u}, -\vec{v})} = \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + \overline{(\vec{v}, -\vec{v})} + 2k\pi = \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + \pi + 2k\pi$$

$$\text{Donc } \overline{(\vec{u}, -\vec{v})} = \overline{(\vec{u}, \vec{v})} + \pi + 2k\pi$$

### III) Les rapports trigonométriques d'un nombre réel.

#### 1) Repère orthonormé lié au cercle trigonométrique



Soit  $(C)$  un cercle trigonométrique de centre  $O$  et d'origine  $I$  et Soit  $J$  un point de  $(C)$  tel que L'angle orienté  $\overline{(OI; OJ)}$  soit droit et direct

On a donc  $OI = OJ = 1$  et  $(OI) \perp (OJ)$

Le Repère orthonormé  $(O; \overline{OI}; \overline{OJ})$  est appelé Repère orthonormé lié au cercle trigonométrique  $(C)$

#### 2) Les rapports trigonométriques d'un nombre réel.

Soit  $x \in \mathbb{R}$  il existe un point  $M$  de  $(C)$  unique tel que  $x$  est une abscisse curviligne de  $M$

✓ **Sinus et cosinus du nombre réel  $x$**

Soit  $C$  le projeté orthogonal de  $M$  sur  $(OI)$

Et soit  $S$  le projeté orthogonal de  $M$  sur  $(OJ)$



### Définitions :

- Le cosinus du nombre réel  $x$  est l'abscisse de  $M$  et on note  $\cos x$ .

- Le sinus du nombre réel  $x$  est l'ordonnée de  $M$  et on note  $\sin x$ .

✓ **Tangente du nombre réel**  $x$

Soit  $(\Delta)$  la droite tangente à  $(C)$  en  $I$

Si  $M \neq J$  et  $M \neq J'$  alors la droite  $(OM)$  coupe la tangente  $(\Delta)$  en un point  $T$

Le nombre réel  $\overline{IT}$  l'abscisse de  $T$  sur l'axe  $(\Delta)$  est appelé : La tangente du nombre réel  $x$  et on note  $\tan x$ .

### Remarques :

✓ Les rapports trigonométriques :  $\cos x$  et  $\sin x$  et  $\tan x$  sont aussi appelés cosinus et sinus et tangente de l'angle orienté  $(\overrightarrow{OI}; \overrightarrow{OM})$

✓  $\tan x$  existe ssi  $x \neq \frac{\pi}{2} + 2k\pi$  et  $x \neq -\frac{\pi}{2} + 2k\pi$  avec

$k \in \mathbb{Z}$  cad  $x \neq -\frac{\pi}{2} + k\pi$

✓ **La cotangente** de  $x$  est le nombre réel  $x$  noté **cotant**  $x$  et

on a :  $\cotan x = \frac{1}{\tan x}$

### 3) Cosinus, sinus et tangente d'angles remarquables :

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

**Propriétés :** Pour tout nombre réel  $x$ , on a :

- 1)  $-1 \leq \cos x \leq 1$
- 2)  $-1 \leq \sin x \leq 1$
- 3)  $\cos^2 x + \sin^2 x = 1$
- 4)  $\cos x = \cos(x + 2k\pi)$  où  $k \in \mathbb{Z}$
- 5)  $\sin x = \sin(x + 2k\pi)$  où  $k$  entier relatif

- 6) si  $x \neq \frac{\pi}{2} + k\pi$  avec  $k \in \mathbb{Z}$  alors :  $\tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$
- 7) si  $x \neq -\frac{\pi}{2} + k\pi$  avec  $k \in \mathbb{Z}$  alors :  $\tan(x + k\pi) = \tan x$

### Démonstration : 4) et 5)

Aux points de la droite orientée d'abscisses  $x$  et  $x + 2k\pi$  ont fait correspondre le même point du cercle trigonométrique.

3) le triangle (OCM) est rectangle en C. Le théorème de Pythagore donne alors

$$OC^2 + CM^2 = 1. \text{ Or } OC = \cos x \text{ et } CM = \sin x$$

En remplaçant, il vient que :  $\cos^2 x + \sin^2 x = 1$

### Remarque :

On dit que cosinus et sinus sont périodiques de période  $2\pi$ .

### Conséquence :

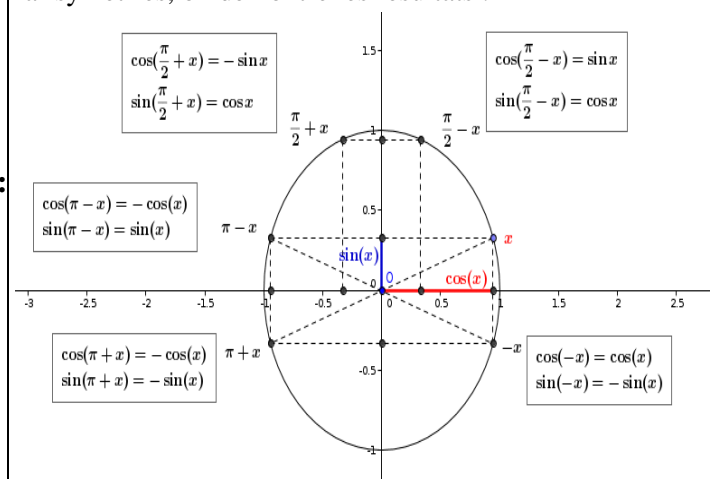
Pour tracer la courbe représentative de la fonction cosinus ou de la fonction sinus, il suffit de la tracer sur un intervalle de longueur  $2\pi$  et de la compléter par translation.

### 3) Propriétés de Cosinus, sinus et tangente

Pour tout nombre réel  $x$ , on a :

- 1)  $\cos(-x) = \cos x$  et  $\sin(-x) = -\sin x$
- 2)  $\cos(\pi + x) = -\cos x$  et  $\sin(\pi + x) = -\sin x$
- 3)  $\cos(\pi - x) = -\cos x$  et  $\sin(\pi - x) = \sin x$
- 4)  $\cos\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = -\sin x$  et  $\sin\left(\frac{\pi}{2} + x\right) = \cos x$
- 5)  $\cos\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \sin x$  et  $\sin\left(\frac{\pi}{2} - x\right) = \cos x$
- 6)  $\tan(\pi - x) = -\tan x$  et  $\tan(\pi + x) = \tan x$  si  $x \neq \frac{\pi}{2} + k\pi$
- 7)  $\tan(\pi - x) = -\tan x$  et  $\tan(\pi + x) = \tan x$  si  $x \neq \frac{\pi}{2} + k\pi$

Par symétries, on démontre les résultats :



**APPLICATION :** Calculer les rapports trigonométriques des nombre réel suivantes  $7\pi$ ,  $\frac{5\pi}{6}$ ,  $\frac{7\pi}{6}$ ,  $\frac{3\pi}{4}$ ,  $-\frac{4\pi}{3}$

### Solution :

✓  $\cos(7\pi) = \cos(\pi + 6\pi) = \cos(\pi + 2 \times 3\pi) = \cos(\pi) = -1$   
 $\sin(7\pi) = \sin(\pi + 6\pi) = \sin(\pi + 2 \times 3\pi) = \sin(\pi) = 0$   
 $\tan(7\pi) = \tan(0 + 7\pi) = \tan(0) = 0$

✓ On a :  $\frac{5\pi}{6} = \frac{6\pi - \pi}{6} = \frac{6\pi}{6} - \frac{\pi}{6} = \pi - \frac{\pi}{6}$

$$\cos\left(\frac{5\pi}{6}\right) = \cos\left(\pi - \frac{\pi}{6}\right) = -\cos\left(\frac{\pi}{6}\right) = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sin\left(\frac{5\pi}{6}\right) = \sin\left(\pi - \frac{\pi}{6}\right) = \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{1}{2}$$

$$\tan\left(\frac{5\pi}{6}\right) = \tan\left(\pi - \frac{\pi}{6}\right) = \tan\left(-\frac{\pi}{6}\right) = -\tan\left(\frac{\pi}{6}\right) = -\frac{\sqrt{3}}{3}$$

✓ On a :  $\frac{7\pi}{6} = \frac{6\pi + \pi}{6} = \frac{6\pi}{6} + \frac{\pi}{6} = \pi + \frac{\pi}{6}$

$$\cos\left(\frac{7\pi}{6}\right) = \cos\left(\pi + \frac{\pi}{6}\right) = -\cos\left(\frac{\pi}{6}\right) = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\sin\left(\frac{7\pi}{6}\right) = \sin\left(\pi + \frac{\pi}{6}\right) = -\sin\left(\frac{\pi}{6}\right) = -\frac{1}{2}$$

$$\tan\left(\frac{7\pi}{6}\right) = \tan\left(\pi + \frac{\pi}{6}\right) = \tan\left(\frac{\pi}{6}\right) = \frac{\sqrt{3}}{3}$$

$$\checkmark \text{ On a : } \frac{3\pi}{4} = \frac{4\pi - \pi}{4} = \frac{4\pi}{4} - \frac{\pi}{4} = \pi - \frac{\pi}{4}$$

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

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

$$\tan\left(\frac{3\pi}{4}\right) = \tan\left(\pi - \frac{\pi}{4}\right) = \tan\left(-\frac{\pi}{4}\right) = -\tan\left(\frac{\pi}{4}\right) = -1$$

$$\checkmark \text{ On a : } \frac{4\pi}{3} = \frac{3\pi + \pi}{3} = \frac{3\pi}{3} + \frac{\pi}{3} = \pi + \frac{\pi}{3}$$

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

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

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

**Exercice2:** montrer que :  $1 + (\tan x)^2 = \frac{1}{(\cos x)^2}$  si  $x \neq \frac{\pi}{2} + k\pi$

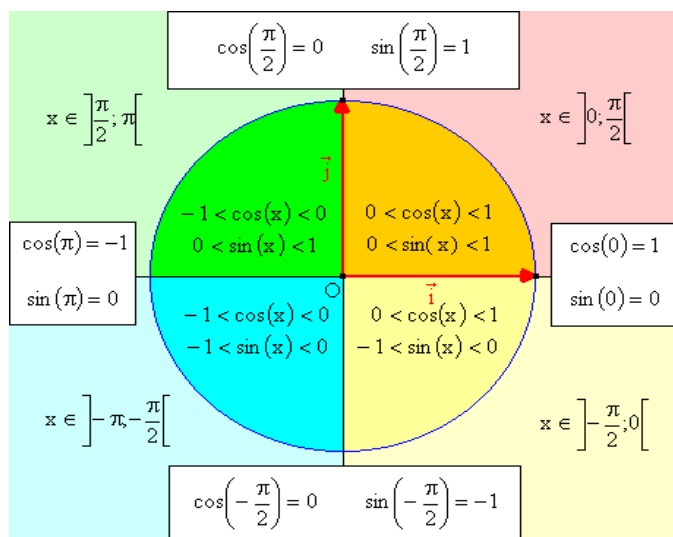
**Solution :**

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

$$\text{Et on a : } \cos^2 x + \sin^2 x = 1 \text{ donc : } 1 + (\tan x)^2 = \frac{1}{(\cos x)^2}$$

#### 4) Signe de Cosinus, sinus

Le sinus et le cosinus de tout nombre réel font partie de l'intervalle  $[-1; 1]$ . Plus précisément, la position de M nous permet d'en savoir plus sur le cosinus et le sinus de x. Ainsi :



Prof/ATMANI NAJIB

$$\bullet \text{ Si } -\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{2} \text{ alors } \cos x \geq 0$$

$$\bullet \text{ Si } \frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{3\pi}{2} \text{ alors } \cos x \leq 0$$

$$\bullet \text{ Si } 0 \leq x \leq \pi \text{ alors } \sin x \geq 0$$

$$\bullet \text{ Si } \pi \leq x \leq 2\pi \text{ alors } \sin x \leq 0$$

**Exercice 3:** montrer que :  $\tan x = \frac{1}{3}$  et  $\frac{\pi}{2} < x < \pi$

Calculer : 1)  $\cos x$  2)  $\sin x$

**Solution :** 1) on a :  $1 + (\tan x)^2 = \frac{1}{(\cos x)^2}$  donc

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

$$\text{Donc } 1 + \frac{1}{9} = \frac{1}{\cos^2 x} \text{ Donc } \frac{10}{9} = \frac{1}{\cos^2 x} \text{ Donc}$$

$$10 \cos^2 x = 9$$

$$\text{Donc } \cos^2 x = \frac{9}{10} \text{ Donc } \cos x = \sqrt{\frac{9}{10}} \text{ et } \cos x = -\sqrt{\frac{9}{10}}$$

Et on a  $\frac{\pi}{2} < x < \pi$  : donc  $\cos x \leq 0$  Donc :

$$\cos x = -\sqrt{\frac{9}{10}} = -\frac{3\sqrt{10}}{10}$$

2) on a :  $\tan x = \frac{\sin x}{\cos x}$  donc  $\sin x = \tan x \times \cos x$  donc

$$\sin x = -\frac{1}{3} \times \frac{3\sqrt{10}}{10} = -\frac{\sqrt{10}}{10}$$

**Exercice4 :** simplifier les expressions suivantes :

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

$$B = \frac{\sin x + \sin(\pi - x)}{\cos(\pi - x)}$$

$$C = \cos\left(\frac{5\pi}{6}\right) + \sin\left(\frac{5\pi}{6}\right) - \tan\left(\frac{5\pi}{6}\right)$$

$$D = \sin(11\pi - x) + \cos(5\pi + x) + \cos(14\pi - x)$$

$$E = \tan(\pi - x) + \tan(\pi + x)$$

$$F = \cos^2\left(\frac{\pi}{5}\right) + \sin^2\left(\frac{3\pi}{10}\right)$$

$$G = \cos\left(\frac{\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{3\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{4\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{5\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{6\pi}{7}\right)$$

$$H = \sin^2\left(\frac{\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\frac{3\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\frac{5\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\frac{7\pi}{8}\right)$$

**Solution :** on a : donc

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

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



$$B = \frac{\sin x + \sin(\pi - x)}{\cos(\pi - x)} = \frac{\sin x + \sin x}{-\cos x} = -\frac{2 \sin x}{\cos x} = -2 \tan x$$

$$C = \cos\left(\frac{5\pi}{6}\right) + \sin\left(\frac{5\pi}{6}\right) - \tan\left(\frac{5\pi}{6}\right) = \cos\left(\frac{6\pi - \pi}{6}\right) + \sin\left(\frac{6\pi - \pi}{6}\right) - \tan\left(\frac{6\pi - \pi}{6}\right)$$

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

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

$$\text{Donc : } C = \frac{3 - \sqrt{3}}{6}$$

$$D = \sin(11\pi - x) + \cos(5\pi + x) + \cos(14\pi - x)$$

$$D = \sin(10\pi + \pi - x) + \cos(4\pi + \pi + x) + \cos(2 \times 7\pi - x)$$

$$D = \sin(\pi - x) + \cos(\pi + x) + \cos(-x)$$

$$D = \sin(x) - \cos(x) + \cos(x) = \sin(x)$$

$$E = \tan(\pi - x) + \tan(\pi + x) = -\tan(x) + \tan(x) = 0$$

$$F = \cos^2\left(\frac{\pi}{5}\right) + \sin^2\left(\frac{3\pi}{10}\right)$$

$$\text{On a } \frac{\pi}{5} + \frac{3\pi}{10} = \frac{2\pi}{10} + \frac{3\pi}{10} = \frac{5\pi}{10} = \frac{\pi}{2} \text{ donc : } \frac{3\pi}{10} = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{5}$$

$$F = \cos^2\left(\frac{\pi}{5}\right) + \sin^2\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{5}\right) = \cos^2\left(\frac{\pi}{5}\right) + \cos^2\left(\frac{\pi}{5}\right) = 1$$

$$G = \cos\left(\frac{\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{3\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{4\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{5\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{6\pi}{7}\right)$$

$$\text{On a } \frac{\pi}{7} + \frac{6\pi}{7} = \pi \text{ donc : } \frac{\pi}{7} = \pi - \frac{6\pi}{7}$$

$$\text{Et on a } \frac{2\pi}{7} + \frac{5\pi}{7} = \pi \text{ donc : } \frac{5\pi}{7} = \pi - \frac{2\pi}{7}$$

$$\text{Et on a } \frac{3\pi}{7} + \frac{4\pi}{7} = \pi \text{ donc : } \frac{4\pi}{7} = \pi - \frac{3\pi}{7}$$

Donc :

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

Donc :

$$G = \cos\left(\frac{\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{7}\right) + \cos\left(\frac{3\pi}{7}\right) - \cos\left(\frac{3\pi}{7}\right) - \cos\left(\frac{2\pi}{7}\right) - \cos\left(\frac{\pi}{7}\right) = 0$$

$$H = \sin^2\left(\frac{\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\frac{3\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\frac{5\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\frac{7\pi}{8}\right)$$

$$\text{On a } \frac{\pi}{8} + \frac{7\pi}{8} = \pi \text{ donc : } \frac{7\pi}{8} = \pi - \frac{\pi}{8}$$

$$\text{Et on a } \frac{3\pi}{8} + \frac{5\pi}{8} = \pi \text{ donc : } \frac{5\pi}{8} = \pi - \frac{3\pi}{8}$$

Donc :

$$H = \sin^2\left(\frac{\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\frac{3\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\pi - \frac{3\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\pi - \frac{\pi}{8}\right)$$

Donc :

$$H = \sin^2\left(\frac{3\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\frac{3\pi}{8}\right) + \sin^2\left(\frac{\pi}{8}\right) = 2 \sin^2\left(\frac{\pi}{8}\right) + 2 \sin^2\left(\frac{3\pi}{8}\right)$$

$$\text{Et on a } \frac{\pi}{8} + \frac{3\pi}{8} = \frac{\pi}{2} \text{ donc : } \frac{3\pi}{8} = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{8}$$

$$\text{Donc on a : } H = 2 \sin^2\left(\frac{\pi}{8}\right) + 2 \sin^2\left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{8}\right)$$

Donc

$$H = 2 \sin^2\left(\frac{\pi}{8}\right) + 2 \cos^2\left(\frac{\pi}{8}\right) = 2 \left( \sin^2\left(\frac{\pi}{8}\right) + \cos^2\left(\frac{\pi}{8}\right) \right) = 2 \times 1 = 2$$

« 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

