

# Maths – MP2I

Eliott Paquet

19 juillet 2025

# Introduction

Ce document réunit l'ensemble de mes cours de Mathématiques de MP2I, ainsi que les TDs (travaux dirigés) les accompagnant. J'ai adapté certaines formulations me paraissant floues ou ne me plaisant pas mais le contenu pur des cours est strictement équivalent. Le document est organisé selon la hiérarchie suivante : chapitre, I), 1), a).

Les éléments des tables des matières initiale et présentes au début de chaque chapitre sont cliquables (amenant directement à la partie cliquée). C'est également le cas des références à des éléments antérieurs de la forme, par exemple, « Démonstration 5.22 ».

Dernier TD corrigé : aucun.

# Table des matières

# Première partie

## Cours

# Chapitre 1

## trigonométrie (Rappels et compléments)

### Sommaire

<b>1.1</b>	<b>Cercle trigonométrique . . . . .</b>	<b>3</b>
1.1.1	Relation de congruence modulo $2\pi$ sur $\mathbb{R}$ . . . . .	3
<b>1.2</b>	<b>Cosinus et sinus . . . . .</b>	<b>4</b>
1.2.1	Formules et valeur remarquables . . . . .	4
<b>1.3</b>	<b>La fonction tangente . . . . .</b>	<b>6</b>

Dans ce chapitre, on rappelle ce qui a été vu en trigonométrie au lycée et on complète avec les formules d'addition et de duplication ainsi que l'étude de la fonction tangente.

### 1.1 Cercle trigonométrique

On se place dans le plan muni d'un repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$

---

#### Définition 1.1 (Cercle trigonométrique)

On appelle cercle trigonométrique le cercle de centre  $O$  et de rayon 1

---

#### Propriétés 1.2 (enroulement de la droite des réels sur le cercle trigonométrique)

Soit  $M$  un point du plan.

Le point  $M$  appartient au cercle trigonométrique si, et seulement si, il existe un réel  $t$  tel que les coordonnées de  $M$  dans le repère orthonormé  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  sont  $(\cos t ; \sin t)$

#### 1.1.1 Relation de congruence modulo $2\pi$ sur $\mathbb{R}$

---

##### Définition 1.3

Deux réels  $a$  et  $b$  sont dits congrus modulo  $2\pi$  s'il existe un entier relatif  $k$  tel que  $a - b = 2k\pi$

Notation :  $a \equiv b [2\pi]$

---

### Définition/Propriétés 1.4

On dit que la relation  $\equiv$  est une relation d'équivalence sur  $\mathbb{R}$  car elle vérifie les propriétés suivantes :

- (1) Pour tout réel  $x$ , on a :  $x \equiv x [2\pi]$ . (réflexivité)
- (2) Pour tout couple de réels  $(x, y)$  tel que  $x \equiv y [2\pi]$ , on a :  $y \equiv x [2\pi]$  (symétrie)
- (3) Pour tout triplet de réels  $(x, y, z)$  tel que  $x \equiv y [2\pi]$  et  $y \equiv z [2\pi]$ , on a :  $x \equiv z [2\pi]$  (transitivité)

## 1.2 Cosinus et sinus

### 1.2.1 Formules et valeur remarquables

---

#### Formule 1.5 (Formule de base)

Pour tout réel  $t$ , on a :

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

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

---

#### Remarque 1.6

Soient  $a$  et  $b$  des réels :

$$\begin{aligned} \bullet \cos a = \cos b &\iff \begin{cases} a \equiv b [2\pi] \\ \text{ou} \\ a \equiv -b [2\pi] \end{cases} \iff \begin{cases} \exists k \in \mathbb{Z}, a = b + 2k\pi \\ \text{ou} \\ \exists k' \in \mathbb{Z}, a = -b + 2k'\pi \end{cases} \\ \bullet \sin a = \sin b &\iff \begin{cases} a \equiv b [2\pi] \\ \text{ou} \\ a \equiv \pi - b [2\pi] \end{cases} \iff \begin{cases} \exists k \in \mathbb{Z}, a = b + 2k\pi \\ \text{ou} \\ \exists k' \in \mathbb{Z}, a = \pi - b + 2k'\pi \end{cases} \end{aligned}$$

---

**Formule 1.7 (Formule d'addition)**

Pour tout couple de réels  $(a, b)$  on a :

$$(1) \cos(a + b) = \cos(a) \cos(b) - \sin(a) \sin(b)$$

$$(2) \cos(a - b) = \cos(a) \cos(b) + \sin(a) \sin(b)$$

$$(3) \sin(a + b) = \sin(a) \cos(b) + \cos(a) \sin(b)$$

$$(4) \sin(a - b) = \sin(a) \cos(b) - \cos(a) \sin(b)$$

---

**Formule 1.8 (Formule de simpson)**

Pour tout couple de réels  $(a, b)$  on a :

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

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

---

**Application 1.9**

Calcul :

$$\int_0^\pi \sin(x) \cos(3x) dx = \int_0^\pi \frac{1}{2} (\sin(4x) + \sin(2x)) dx = 0$$

---

**Formule 1.10 (Formule de duplication)**

Pour tout réel  $a$ , on a :

$$(1) \cos(2a) = \cos^2(a) - \sin^2(a) = 2 \cos^2(a) - 1 = 1 - \sin^2(a)$$

$$(2) \sin(2a) = 2 \cos(a) \sin(a)$$

---

**Propriétés 1.11 (Sinus et Cosinus)**

- La fonction  $\cos$  est définie sur  $\mathbb{R}$ , paire et périodique de période  $2\pi$ . Elle est dérivable sur  $\mathbb{R}$  et sa dérivée vérifie  $\cos' = -\sin$
- La fonction  $\sin$  est définie sur  $\mathbb{R}$ , impaire et périodique de période  $2\pi$ . Elle est dérivable sur  $\mathbb{R}$  et sa dérivée vérifie  $\sin' = \cos$

---

**Propriétés 1.12 (Inégalité remarquable)**

Pour tout réel  $t$ , on a :  $|\sin(t)| \leq |t|$

## 1.3 La fonction tangente

---

### Définition 1.13

La fonction  $\frac{\sin}{\cos}$  est appelée la fonction tangente et notée  $\tan$

---

### Propriétés 1.14

La fonction  $\tan$  est définie sur  $\mathbb{R} \setminus \left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi \mid k \in \mathbb{Z} \right\}$ , impaire et périodique de période  $\pi$ . Elle est dérivable sur  $\mathbb{R} \setminus \left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi \mid k \in \mathbb{Z} \right\}$  et sa dérivée vérifie  $\tan' = 1 + \tan^2 = \frac{1}{\cos^2}$

---

### Formule 1.15

Pour tout réel  $t$ , on a :

(1)  $\tan(\pi - t) = -\tan(t)$

(2)  $\tan(\pi + t) = \tan(t)$

(3)

$t$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$
$\tan t$	0	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	1	$\sqrt{3}$	NULL

---

### Formule 1.16 (addition et duplication)

Pour tout couple de réels  $(a, b)$  n'appartenant pas à l'ensemble  $\left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi \mid k \in \mathbb{Z} \right\}$ , on a :

(1) Si  $a + b$  n'appartient pas à l'ensemble  $\left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi \mid k \in \mathbb{Z} \right\}$  alors  $\tan(a + b) = \frac{\tan(a) + \tan(b)}{1 - \tan(a)\tan(b)}$

(2) Si  $a - b$  n'appartient pas à l'ensemble  $\left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi \mid k \in \mathbb{Z} \right\}$  alors  $\tan(a - b) = \frac{\tan(a) - \tan(b)}{1 + \tan(a)\tan(b)}$

(3) Si  $2a$  n'appartient pas à l'ensemble  $\left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi \mid k \in \mathbb{Z} \right\}$  alors  $\tan(2a) = \frac{2\tan(a)}{1 - \tan^2(a)}$

---

### Exercice/Exemple 1.17

Soit  $t$  réel n'appartenant pas à  $\left\{ \frac{\pi}{4} + k\frac{\pi}{2} \mid k \in \mathbb{Z} \right\}$  :

$$\begin{aligned}\sin(t) &= 2 \sin\left(\frac{t}{2}\right) \cos\left(\frac{t}{2}\right) \\ &= \frac{2 \sin\left(\frac{t}{2}\right)}{\cos\left(\frac{t}{2}\right)} \cos^2\left(\frac{t}{2}\right) \\ &= \frac{1}{1 + \tan^2\left(\frac{t}{2}\right)} \times 2 \tan\left(\frac{t}{2}\right) \\ &= \frac{2 \tan\left(\frac{t}{2}\right)}{1 + \tan^2\left(\frac{t}{2}\right)}\end{aligned}$$



# Chapitre 2

## Inégalité et fonction (rappel et compléments)

### Sommaire

<b>2.1</b>	<b>Inégalité.</b>	<b>7</b>
2.1.1	Relation d'ordre sur $\mathbb{R}$	7

Dans ce chapitre, sont rassemblés des rappels ou compléments sur les inégalités ainsi que des fondamentaux sur les fonctions de variable réelle à valeurs réelles (sans preuve ni évocation de continuité).

## 2.1 Inégalité

### 2.1.1 Relation d'ordre sur $\mathbb{R}$

#### Définition 2.1

On dit que la relation  $\leq$  est une relation d'équivalence sur  $\mathbb{R}$  car elle vérifie les propriétés suivantes :

- (1) Pour tout réel  $x$ , on a :  $x \leq x$ . (réflexivité)
- (2) Pour tout couple de réels  $(x, y)$  tel que  $x \leq y$  et  $y \leq x$ , on a :  $y = x$  (antisymétrie)
- (3) Pour tout triplet de réels  $(x, y, z)$  tel que  $x \leq y$  et  $y \leq z$ , on a :  $x \leq z$  (transitivité)

#### Propriétés 2.2 (Compatibilité avec les opérations)

Soit  $x, y, z, t$  et  $a$  des réels.

- (1) Si  $x \leq y$  et  $z \leq t$  alors  $x + z \leq y + t$
- (2) Si  $x \leq y$  et  $0 \leq a$  alors  $ax \leq ay$
- (3) Si  $x \leq y$  et  $a \leq 0$  alors  $ay \leq ax$
- (4) Si  $0 \leq x \leq y$  et  $0 \leq z \leq t$  alors  $0 \leq xz \leq yt$

---

**Notation 2.3 (Intervalles de  $\mathbb{R}$ )**

Les parties  $I$  de  $\mathbb{R}$  pouvant s'écrire sous l'une des formes suivantes sont dites intervalles de  $\mathbb{R}$  :

- $I = \emptyset$
- $I = \{x \in \mathbb{R} \mid a \leq x \leq b\} \underset{\text{notation}}{=} [a ; b]$  avec  $(a, b) \in \mathbb{R}^2$  et  $a \leq b$
- $I = \{x \in \mathbb{R} \mid a \leq x < b\} \underset{\text{notation}}{=} [a ; b[$  avec  $(a, b) \in \mathbb{R} \times (\mathbb{R} \cup \{+\infty\})$  et  $a < b$
- $I = \{x \in \mathbb{R} \mid a < x \leq b\} \underset{\text{notation}}{=} ]a ; b]$  avec  $(a, b) \in (\mathbb{R} \cup \{-\infty\}) \times \mathbb{R}$  et  $a < b$
- $I = \{x \in \mathbb{R} \mid a < x < b\} \underset{\text{notation}}{=} ]a ; b[$  avec  $(a, b) \in (\mathbb{R} \cup \{-\infty\}) \times (\mathbb{R} \cup \{+\infty\})$  et  $a < b$

---

**Propriétés 2.4**

(1) Passage à l'inverse dans une inégalité

$$\forall x \in \mathbb{R}_+^*, \forall y \in \mathbb{R}_+^*, x \leq y \iff \frac{1}{y} \leq \frac{1}{x}$$

$$\forall x \in \mathbb{R}_-^*, \forall y \in \mathbb{R}_-^*, x \leq y \iff \frac{1}{y} \leq \frac{1}{x}$$

(2) Passage au carré dans une inégalité

$$\forall x \in \mathbb{R}_+^*, \forall y \in \mathbb{R}_+^*, x \leq y \iff x^2 \leq y^2$$

$$\forall x \in \mathbb{R}_-^*, \forall y \in \mathbb{R}_-^*, x \leq y \iff y^2 \leq x^2$$

(3) Passage à la racine carrée dans une inégalité

$$\forall x \in \mathbb{R}_+, \forall y \in \mathbb{R}_+, x \leq y \iff \sqrt{x} \leq \sqrt{y}$$

(4) Passage à l'exponentielle ou au logarithme népérien dans une inégalité

$$\forall x \in \mathbb{R}, \forall y \in \mathbb{R}, x \leq y \iff e^x \leq e^y$$

$$\forall x \in \mathbb{R}_+^*, \forall y \in \mathbb{R}_+^*, x \leq y \iff \ln x \leq \ln y$$

---

**Exercice/Exemple 2.5**

Montrer  $\forall x \in [0 ; 1], x(1-x) \leq \frac{1}{4}$ .

---

*Correction 2.6 (2 Méthode)*

Soit  $x \in [0 ; 1]$

(1) Raisonnement par équivalence

$$\begin{aligned}x(1-x) \leq \frac{1}{4} &\iff 0 \leq \frac{1}{4} - x(1-x) \\&\iff 0 \leq x^2 - x + \frac{1}{4} \\&\iff 0 \leq \left(x - \frac{1}{2}\right)^2\end{aligned}$$

Ceci étant vrai  $\forall x \in [0 ; 1]$ , car  $\Delta = 0$  et  $x_0 = \frac{1}{2}$ , on conclut  $\forall x \in [0 ; 1], x(1-x) \leq \frac{1}{4}$ .

(2) étude de la fonction  $f : [0 ; 1] \longrightarrow \mathbb{R}$   
$$x \longmapsto \frac{1}{4} - x(1-x)$$