

Exercices d'applications et de réflexions sur les nombres complexes (Partie 2)

Exercices avec solutions

PROF : ATMANI NAJIB

2ème BAC Sciences Physiques et Sciences de la Vie et de la Terre (2BAC PC et SVT)

NOMBRES COMPLEXES(Partie 2)

Exercice1 : Donner la forme exponentielle des complexes suivants :

1) $z_1 = 2 + 2i$ 2) $z_2 = 1 - i\sqrt{3}$ 3) $z_1 \times z_2$

4) $\frac{z_1}{z_2}$ 5) $(z_2)^{12}$

Solution : 1) $z_1 = 2 + 2i$ $|z_1| = \sqrt{2^2 + 2^2} = \sqrt{8} = 2\sqrt{2}$

$$2 + 2i = 2\sqrt{2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} + i \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = 2\sqrt{2} \left(\cos \frac{\pi}{4} + i \sin \frac{\pi}{4} \right)$$

Donc : $z_1 = 2\sqrt{2}e^{i\frac{\pi}{4}}$

2) $z_2 = 1 - i\sqrt{3}$ $|z_2| = \sqrt{(1)^2 + (-\sqrt{3})^2} = \sqrt{4} = 2$

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

Donc : $z_2 = 2 \left(\cos \left(-\frac{\pi}{3} \right) + i \sin \left(-\frac{\pi}{3} \right) \right)$

Donc : $z_2 = 2e^{-i\frac{\pi}{3}}$

3) $z_1 \times z_2$

$$z_1 \times z_2 = 2\sqrt{2}e^{i\frac{\pi}{4}} \times 2e^{-i\frac{\pi}{3}} = 4\sqrt{2}e^{i\frac{\pi}{4} - i\frac{\pi}{3}} = 4\sqrt{2}e^{-i\frac{\pi}{12}}$$

4) $\frac{z_1}{z_2} = \frac{2\sqrt{2}e^{i\frac{\pi}{4}}}{2e^{-i\frac{\pi}{3}}} = \frac{2\sqrt{2}}{2} e^{i\frac{\pi}{4} - (-i\frac{\pi}{3})} = 2\sqrt{2}e^{i\frac{\pi}{4} + i\frac{\pi}{3}} = 2\sqrt{2}e^{i\frac{7\pi}{12}}$

5) $(z_2)^{12} = \left(2e^{-i\frac{\pi}{3}} \right)^{12} = 2e^{-i12\frac{\pi}{3}} = 2e^{-4i\pi}$

Exercice2 : en utilisant la Formule de Moivre

1)montrer que : $\sin 2\theta = 2\sin \theta \cos \theta$

Et que : $\cos 2\theta = \cos^2 \theta - \sin^2 \theta \quad \forall \theta \in \mathbb{R}$

2)montrer que : $\cos 3\theta = 4\cos^3 \theta - 3\cos \theta$

Et que : $\sin 3\theta = 3\sin \theta - 4\sin^3 \theta \quad \forall \theta \in \mathbb{R}$

3)montrer que : $\cos 4\theta = 8\cos^4 \theta - 8\cos^2 \theta + 1$

Et que : $\sin 4\theta = 4\cos^3 \theta \sin \theta - 4\cos \theta \sin^3 \theta$

Solutions : 1) d'après Moivre on a :

$$(\cos \theta + i \sin \theta)^2 = \cos 2\theta + i \sin 2\theta$$

Et on a : $(\cos \theta + i \sin \theta)^2 = \cos^2 \theta - \sin^2 \theta + 2i \sin \theta \cos \theta$

Donc : $\cos^2 \theta - \sin^2 \theta + 2i \sin \theta \cos \theta = \cos 2\theta + i \sin 2\theta$

Donc : $\cos 2\theta = \cos^2 \theta - \sin^2 \theta$ et $\sin 2\theta = 2\cos \theta \sin \theta$

2) d'après Moivre on a :

$$(\cos \theta + i \sin \theta)^3 = \cos 3\theta + i \sin 3\theta$$

$$(\cos \theta + i \sin \theta)^3 = \cos^3 \theta + 3(\cos \theta)^2 i \sin \theta + 3\cos \theta (i \sin \theta)^2 + (i \sin \theta)^3$$

$$= \cos^3 \theta - 3\cos \theta \sin^2 \theta + i(3\cos^2 \theta \sin \theta - \sin^3 \theta)$$

Donc :

$$\cos^3 \theta - 3\cos \theta \sin^2 \theta + i(3\cos^2 \theta \sin \theta - \sin^3 \theta) = \cos 3\theta + i \sin 3\theta$$

Donc : $\sin 3\theta = 3\cos^2 \theta \sin \theta - \sin^3 \theta$

Et : $\cos 3\theta = \cos^3 \theta - 3\cos \theta \sin^2 \theta$

$$= \cos^3 \theta - 3\cos \theta (1 - \cos^2 \theta)$$

Donc :

$$\cos 3\theta = \cos^3 \theta - 3\cos \theta + 3\cos^3 \theta = 4\cos^3 \theta - 3\cos \theta$$

$$\text{Et } \sin 3\theta = 3\cos^2 \theta \sin \theta - \sin^3 \theta = 3(1 - \sin^2 \theta) \sin \theta - \sin^3 \theta$$

$$= 3\sin \theta - 4\sin^3 \theta$$

$$3) \text{montrons que : } \cos 4\theta = 8\cos^4 \theta - 8\cos^2 \theta + 1$$

$$\text{Et que : } \sin 4\theta = 4\cos^3 \theta \sin \theta - 4\cos \theta \sin^3 \theta \quad ?$$

3) d'après Moivre on a :

$$(\cos \theta + i \sin \theta)^4 = \cos 4\theta + i \sin 4\theta$$

$$(\cos \theta + i \sin \theta)^4 = \cos^4 \theta + 4(\cos \theta)^3 i \sin \theta - 6\cos^2 \theta \sin^2 \theta$$

$$-4i \cos \theta \sin^3 \theta + \sin^4 \theta$$

$$\text{Donc : } \cos 4\theta = \cos^4 \theta - 6\cos^2 \theta \sin^2 \theta + \sin^4 \theta$$

$$\text{Et } \sin 4\theta = 4\cos^3 \theta \sin \theta - 4\cos \theta \sin^3 \theta$$

Donc :

$$\cos 4\theta = \cos^4 \theta - 6\cos^2 \theta (1 - \cos^2 \theta) + (1 - \cos^2 \theta)^2$$

Finalement en a donc :

$$\cos 4\theta = 8\cos^4 \theta - 8\cos^2 \theta + 1$$

$$\text{Et que : } \sin 4\theta = 4\cos^3 \theta \sin \theta - 4\cos \theta \sin^3 \theta$$

Exercice3 : Linéariser : $\cos^4 \theta$

Solution : On a :

$$(a+b)^4 = a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4$$

$$\text{Donc : } \cos^4 \theta = \left(\frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2} \right)^4$$

$$= \left(\frac{1}{2} \right)^4 (e^{4i\theta} + 3e^{3i\theta} e^{-i\theta} + 6e^{2i\theta} e^{-2i\theta} + 3e^{i\theta} e^{-3i\theta} + e^{-4i\theta})$$

$$= \frac{1}{16} (e^{4i\theta} + 3e^{2i\theta} + 6 + 3e^{-2i\theta} + e^{-4i\theta})$$

$$= \frac{1}{16} (e^{4i\theta} + e^{-4i\theta} + 3(e^{2i\theta} + e^{-2i\theta}) + 6)$$

$$= \frac{1}{16} (2\cos 4\theta + 3 \times 2\cos 2\theta + 6)$$

$$\text{Car } e^{ni\theta} + e^{-ni\theta} = 2\cos n\theta$$

$$\text{Donc : } \cos^4 \theta = \frac{1}{8} (\cos 4\theta + 3\cos 2\theta + 3)$$

$$\text{Donc : } \cos^4 \theta = \frac{1}{8} \cos 4\theta + \frac{3}{8} \cos 2\theta + \frac{3}{8}$$

Exercice4 :1) Montrer que $(\forall (\alpha, \beta) \in \mathbb{R}^2)$

$$e^{i\alpha} + e^{i\beta} = e^{i\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} \left(e^{i\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)} + e^{-i\left(\frac{\alpha-\beta}{2}\right)} \right)$$

(Cette égalité nous permet de déterminer la forme trigonométrique de la somme de deux complexes de même module)

$$2) \text{on pose : } u = 3e^{i\frac{\pi}{5}} \text{ et } v = 3e^{i\frac{\pi}{7}} \text{ et } u_1 = 1 + e^{i\frac{\pi}{3}}$$

$$\text{Et } u_2 = 1 - e^{i\frac{\pi}{3}}$$

Déterminer le module et l'argument du nombre

complexes : $u+v$; u_1 et u_2

Solution :1) à vérifier

$$2)a) u + v = 3e^{i\frac{\pi}{5}} + 3e^{i\frac{\pi}{7}} = 3 \left(e^{i\frac{\pi}{5}} + e^{i\frac{\pi}{7}} \right)$$

$$u + v = 3e^{i\left(\frac{6\pi}{35}\right)} \left(e^{i\left(\frac{\pi}{10} - \frac{\pi}{14}\right)} + e^{-i\left(\frac{\pi}{10} - \frac{\pi}{14}\right)} \right)$$

$$u + v = 3e^{i\left(\frac{6\pi}{35}\right)} \left(e^{i\left(\frac{\pi}{35}\right)} + e^{-i\left(\frac{\pi}{35}\right)} \right)$$

$$u + v = 6\cos\left(\frac{\pi}{35}\right) e^{i\left(\frac{6\pi}{35}\right)} \text{ et puisque}$$

$$6\cos\left(\frac{\pi}{35}\right) > 0 \text{ alors : } |u + v| = 6\cos\left(\frac{\pi}{35}\right)$$

$$\text{Et } \arg(u + v) \equiv \frac{6\pi}{35} [2\pi]$$

$$b) u_1 = 1 + e^{i\frac{\pi}{3}} = e^{i\left(\frac{\pi}{6}\right)} e^{-i\left(\frac{\pi}{6}\right)} + \left(e^{i\left(\frac{\pi}{6}\right)} \right)^2$$

$$u_1 = e^{i\left(\frac{\pi}{6}\right)} \left(e^{-i\left(\frac{\pi}{6}\right)} + e^{i\left(\frac{\pi}{6}\right)} \right) = 2\cos\frac{\pi}{6} \times e^{i\left(\frac{\pi}{6}\right)}$$

Car : d'après Euler $e^{ni\theta} + e^{-ni\theta} = 2 \cos n\theta$

alors : $u_1 = \sqrt{3} \times e^{i(\frac{\pi}{6})} |u_1| = \sqrt{3}$

Et $\arg(u_1) \equiv \frac{\pi}{6} [2\pi]$

c) $u_2 = 1 - e^{i\frac{\pi}{3}} = e^{i(\frac{\pi}{6})} e^{-i(\frac{\pi}{6})} - \left(e^{i(\frac{\pi}{6})} \right)^2$

$u_2 = e^{i(\frac{\pi}{6})} \left(e^{-i(\frac{\pi}{6})} - e^{i(\frac{\pi}{6})} \right) = -2i \sin \frac{\pi}{6} \times e^{i(\frac{\pi}{6})}$

Car : d'après Euler $e^{ni\theta} - e^{-ni\theta} = 2i \sin n\theta$

alors : $u_2 = -i \times e^{i(\frac{\pi}{6})} |u_2| = 1$

Et $\arg(u_2) \equiv -\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6} [2\pi]$ donc : $\arg(u_2) \equiv -\frac{\pi}{3} [2\pi]$

Et $\arg(u_2) \equiv -\frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6} [2\pi]$ donc : $\arg(u_2) \equiv -\frac{\pi}{3} [2\pi]$

Exercice5 :1) en utilisant la formule d'Euler

Montrer que : $\cos^2 \theta = \frac{1 + \cos 2\theta}{2} \quad \theta \in \mathbb{R}$

2) Montrer que : $\cos^3 \theta = \frac{1}{4} \cos 3\theta + \frac{3}{4} \cos \theta$

3) Montrer que : $\sin^3 \theta = -\frac{1}{4} \sin 3\theta + \frac{3}{4} \sin \theta \quad \theta \in \mathbb{R}$

4) Montrer que : $\sin^4 \theta = \frac{1}{8} \cos 4\theta - \frac{1}{2} \cos 2\theta + \frac{3}{8}$

5) Linéariser : a) $\sin^5 \theta$ b) $\cos^2 \theta \sin^3 \theta$

Solution :1) On a : $\cos^2 \theta = \left(\frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2} \right)^2$

$= \left(\frac{1}{2} \right)^2 (e^{2i\theta} + 2e^{i\theta} e^{-i\theta} + e^{-2i\theta})$

$= \frac{1}{4} (e^{2i\theta} + e^{-2i\theta} + 2) = \frac{1}{4} (2 \cos 2\theta + 2) = \frac{\cos 2\theta + 1}{2}$

2) $\cos^3 \theta = \frac{1}{4} \cos 3\theta + \frac{3}{4} \cos \theta$?

$\cos^3 \theta = \left(\frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2} \right)^3 = \frac{1}{8} \left((e^{i\theta})^3 + 3(e^{i\theta})^2 \cdot e^{-i\theta} + 3e^{i\theta} \cdot (e^{-i\theta})^2 + (e^{-i\theta})^3 \right)$

$\cos^3 \theta = \frac{1}{8} (e^{i3\theta} + 3e^{i2\theta} \cdot e^{-i\theta} + 3e^{i\theta} \cdot e^{-i2\theta} + e^{-i3\theta})$

$\cos^3 \theta = \frac{1}{8} ((e^{i3\theta} + e^{-i3\theta}) + 3(e^{i\theta} + e^{-i\theta}))$

On a : $e^{in\theta} + e^{-in\theta} = 2 \cos(n\theta)$ donc :

$= \frac{1}{8} (2 \cos 3\theta + 3 \times 2 \cos \theta) = \frac{1}{4} \cos 3\theta + \frac{3}{4} \cos \theta$

3) $\sin^3 \theta = -\frac{1}{4} \sin 3\theta + \frac{3}{4} \sin \theta$?

On a : $\sin \theta = \frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i}$

Donc :

$\sin^3 \theta = \left(\frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i} \right)^3 = -\frac{1}{8i} ((e^{i\theta})^3 - 3(e^{i\theta})^2 \cdot e^{-i\theta} + 3e^{i\theta} \cdot (e^{-i\theta})^2 - (e^{-i\theta})^3)$

$\sin^3 \theta = -\frac{1}{8i} (e^{i3\theta} - 3e^{i2\theta} \cdot e^{-i\theta} + 3e^{i\theta} \cdot e^{-i2\theta} - e^{-i3\theta})$

$\sin^3 \theta = -\frac{1}{8i} ((e^{i3\theta} - e^{-i3\theta}) - 3(e^{i\theta} - e^{-i\theta}))$

Et on a : $2i \sin n\theta = e^{in\theta} - e^{-in\theta}$ donc :

$= -\frac{1}{8i} (2i \sin 3\theta - 3 \times 2i \sin \theta) = -\frac{1}{4} \sin 3\theta + \frac{3}{4} \sin \theta$

4) $\sin^4 \theta = \frac{1}{8} \cos 4\theta - \frac{1}{2} \cos 2\theta + \frac{3}{8}$?

On a : $\sin \theta = \frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i}$ et $\theta \in \mathbb{R}$

$\sin^4 \theta = \left(\frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i} \right)^4$

$\sin^4 \theta = \frac{1}{16} ((e^{i\theta})^4 - 4(e^{i\theta})^3 \cdot e^{-i\theta} + 6(e^{i\theta})^2 \cdot (e^{-i\theta})^2 - 4(e^{i\theta})^1 (e^{-i\theta})^3 + (e^{-i\theta})^4)$

$\sin^4 \theta = \frac{1}{16} (e^{4i\theta} - 4e^{3i\theta} \cdot e^{-i\theta} + 6e^{2i\theta} \cdot e^{-2i\theta} - 4e^{i\theta} \cdot e^{-3i\theta} + e^{-4i\theta})$

$\sin^4 \theta = \frac{1}{16} (e^{4i\theta} - 4e^{2i\theta} + 6 - 4e^{-2i\theta} + e^{-4i\theta})$

$\sin^4 \theta = \frac{1}{16} (-4(e^{2i\theta} + e^{-2i\theta}) + 6 + (e^{4i\theta} + e^{-4i\theta}))$

On a : $e^{in\theta} + e^{-in\theta} = 2 \cos(n\theta)$ donc :

$\sin^4 \theta = \frac{1}{16} (-4 \times 2 \cos 2\theta + 6 + 2 \cos 4\theta)$

$\sin^4 \theta = \frac{1}{8} (-4 \cos 2\theta + 3 + \cos 4\theta)$

$\sin^4 \theta = \frac{1}{8} \cos 4\theta - \frac{1}{2} \cos 2\theta + \frac{3}{8}$

5)a) On a :

$(a-b)^5 = a^5 - 5a^4b + 10a^3b^2 - 10a^2b^3 + 5ab^4 - b^5$

$$\text{Donc : } \sin^5 \theta = \left(\frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i} \right)^5$$

$$= \left(\frac{1}{2i} \right)^5 (e^{5i\theta} - 5e^{4i\theta}e^{-i\theta} + 10e^{3i\theta}e^{-2i\theta} - 10e^{2i\theta}e^{-3i\theta} + 5e^{i\theta}e^{-4i\theta} - e^{-5i\theta})$$

$$= -\frac{1}{32i} (e^{5i\theta} - 5e^{3i\theta} + 10e^{i\theta} - 10e^{-i\theta} + 5e^{-3i\theta} - e^{-5i\theta})$$

$$= -\frac{1}{32i} (e^{5i\theta} - e^{-5i\theta} - 5(e^{3i\theta} - e^{-3i\theta}) + 10(e^{i\theta} - e^{-i\theta}))$$

$$= -\frac{1}{16} (\sin 5\theta - 5\sin 3\theta + 10\sin \theta)$$

$$\text{Car } e^{ni\theta} - e^{-ni\theta} = 2i \sin n\theta$$

$$\text{Donc : } \sin^5 \theta = -\frac{1}{16} \sin 5\theta + \frac{5}{16} \sin 3\theta - \frac{5}{8} \sin \theta$$

$$5)b) \cos^2 \theta \sin^3 \theta = \left(\frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2} \right)^2 \times \left(\frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i} \right)^3$$

$$= \frac{1}{-32i} (e^{i\theta} + e^{-i\theta})^2 \times (e^{i\theta} - e^{-i\theta})^3$$

$$= \frac{1}{-32i} (e^{2i\theta} - e^{-2i\theta})^2 \times (e^{i\theta} - e^{-i\theta})$$

$$= \frac{1}{-32i} (e^{4i\theta} - 2 + e^{-4i\theta}) \times (e^{i\theta} - e^{-i\theta})$$

$$= \frac{1}{-32i} (e^{5i\theta} - e^{-5i\theta} - (e^{3i\theta} - e^{-3i\theta}) - 2(e^{i\theta} - e^{-i\theta}))$$

$$= \frac{1}{-32i} (2i \sin 5\theta - 2i \sin 3\theta - 2 \times 2i \sin \theta)$$

$$= -\frac{1}{16} (\sin 5\theta - \sin 3\theta - 2 \sin \theta)$$

Exercice6 : Résoudre dans $\mathbb{C}$ les équations

suivantes : 1) $(E): z^2 - z + 2 = 0$

2) $(E): z^2 - z - 2 = 0$

3) $(E): z^2 - 2z + 1 = 0$

Solution : 1) $(E): z^2 - z + 2 = 0$

$$\Delta = b^2 - 4ac = (-1)^2 - 4(2) = -7 = (i\sqrt{7})^2$$

$$\text{Donc les solutions sont : } z_1 = \frac{1+i\sqrt{7}}{2} = \frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{7}}{2}$$

$$\text{Et } z_2 = \bar{z}_1 = \frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{7}}{2}$$

$$\text{Donc : } S = \left\{ \frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{7}}{2}; \frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{7}}{2} \right\}$$

2) $(E): z^2 - z - 2 = 0$

$$\Delta = b^2 - 4ac = (-1)^2 - 4(-2) = 9 = (3)^2$$

$$\text{Donc les solutions sont : } z_1 = \frac{1-3}{2} = -1 \text{ e}$$

$$z_2 = \frac{1+3}{2} = 2$$

$$\text{Donc : } S = \{-1; 2\}$$

3) $(E): z^2 - 2z + 1 = 0$

$$\Delta = b^2 - 4ac = (-2)^2 - 4 = 0$$

L'équation (E) admet comme solution le complexe

$$z = -\frac{b}{2a} = -\frac{-2}{2} = 1 \text{ donc : } S = \{1\}$$

Exercice7 : soit $z \in \mathbb{C}$ on pose : $P(z) = z^2 - 2z + 2$

1) calculer : $P(1-i)$

2) en déduire dans $\mathbb{C}$ la résolution de l'équations

$$P(z) = 0$$

Solution :1)

$$P(1-i) = (1-i)^2 - 2(1-i) + 2 = -2i - 2 + 2i + 2 = 0$$

Donc $z_1 = 1-i$ est une racine de de l'équations

$$P(z) = 0 \text{ et on a : } z_1 + z_2 = -\frac{b}{a} \text{ donc :}$$

$$1-i + z_2 = -\frac{-2}{1} \text{ donc } z_2 = 2+i-1 = 1+i$$

$$\text{Par suite : } S = \{1-i; 1+i\}$$

Exercice8 : Résoudre dans $\mathbb{C}$ les équations

suivantes : 1) $(z^2 + 9)(z^2 - 4) = 0$

2) $z^2 - 6z + 13 = 0$

3) $(4\cos \theta)z^2 - 2(\cos 2\theta)z + i\sin \theta = 0$ avec : $\theta \in \left[0; \frac{\pi}{2} \right[$

Solution :

1) $(z^2 + 9)(z^2 - 4) = 0$ ssi $z^2 - 4 = 0$ ou $z^2 + 9 = 0$

Ssi $z^2 = 4$ ou $z^2 = -9$

Ssi $z = \sqrt{4}$ ou $z = -\sqrt{4}$ ou $z = \sqrt{9}i$ ou $z = -\sqrt{9}i$

Ssi : $z = 2$ ou $z = -2$ ou $z = 3i$ ou $z = -3i$

Donc : $S = \{-3i; 3i; -2; 2\}$

2) $z^2 - 6z + 13 = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac = (-6)^2 - 4(13) = 36 - 52 = (4i)^2$

Donc les solutions sont : $z_1 = \frac{6+4i}{2} = 3+2i$

Et $z_2 = \overline{z_1} = 3-2i$ donc : $S = \{3-2i; 3+2i\}$

3) $(4\cos\theta)z^2 - 2(\cos 2\theta)z + i\sin\theta = 0$

$\Delta = (2(\cos 2\theta))^2 - 4(4\cos\theta)(\sin\theta)i$

$\Delta = 4\cos^2 2\theta - 16i\cos\theta\sin\theta$

$\Delta = 4(\cos^2 2\theta - 4i\cos\theta\sin\theta)$

On a : $2\cos\theta\sin\theta = \sin 2\theta$ et $\cos^2 2\theta = 1 - \sin^2 2\theta$

Donc : $\Delta = 4(1^2 + i^2 \times \sin^2 2\theta - 2i\sin 2\theta)$

Donc : $\Delta = (2(1-i\sin 2\theta))^2$

les solutions sont : $z_1 = \frac{2(\cos 2\theta) + 2(1-i\sin 2\theta)}{2(4\cos\theta)}$

et : $z_2 = \frac{2(\cos 2\theta) - 2(1-i\sin 2\theta)}{2(4\cos\theta)}$

les solutions sont : $z_1 = \frac{\cos 2\theta + 1 - i\sin 2\theta}{4\cos\theta}$

et : $z_2 = \frac{\cos 2\theta - 1 + i\sin 2\theta}{4\cos\theta}$

et on a : $\cos 2\theta - 1 = -2\sin^2\theta$ et $\cos 2\theta + 1 = 2\cos^2\theta$

donc : $z_1 = \frac{2\cos^2\theta - i2\sin\theta\cos\theta}{4\cos\theta} = \frac{\cos\theta - i\sin\theta}{2}$

et $z_2 = \frac{-\sin^2\theta + i\sin\theta\cos\theta}{2\cos\theta}$

Exercice9 :1) Résoudre dans $\mathbb{C}$ l'équation :

$z^2 - 8z + 17 = 0$

2) Soit $P(z) = z^3 + (-8+i)z^2 + (17-8i)z + 17i$

a) Montrer que l'équation $P(z) = 0$ admet un imaginaire pur unique comme solution.

b) déterminer les réels $a; b; c$ tels que :

$P(z) = (z+i)(az^2 + bz + c)$

c) Résoudre dans $\mathbb{C}$ l'équation : $P(z) = 0$

Solution :1) $z^2 - 8z + 17 = 0$

$\Delta = b^2 - 4ac = (-8)^2 - 4(17) = 64 - 68 = (2i)^2$

les solutions sont : $z_1 = \frac{8+2i}{2} = 4+i$ et $z_2 = \overline{z_1} = 4-i$

donc : $S = \{4-i; 4+i\}$

2)a) soit $z_0 = bi$ une solution imaginaire pur de

l'équation $P(z) = 0$ donc :

$z_0^3 + (-8+i)z_0^2 + (17-8i)z_0 + 17i = 0$

Donc : $(bi)^3 + (-8+i)(bi)^2 + (17-8i)(bi) + 17i = 0$

Donc : $-ib^3 - (-8+i)b^2 + 17bi + 8b + 17i = 0$

Donc : $-ib^3 + 8b^2 - ib^2 + 17bi + 8b + 17i = 0$

Donc : $8b^2 + 8b + i(-b^3 - b^2 + 17b + 17) = 0$

$\Leftrightarrow \begin{cases} 8b^2 + 8b = 0 \\ -b^3 - b^2 + 17b + 17 = 0 \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 8b(b+1) = 0 \\ -b^3 - b^2 + 17b + 17 = 0 \end{cases}$

$\Leftrightarrow \begin{cases} b = 0 \text{ ou } b = -1 \\ -b^3 - b^2 + 17b + 17 = 0 \end{cases}$

$b = 0$ ne vérifie pas $-b^3 - b^2 + 17b + 17 = 0$

Car $-0^3 - 0^2 + 17 \cdot 0 + 17 \neq 0$

$b = -1$ vérifie $-b^3 - b^2 + 17b + 17 = 0$ car :

$-(-1)^3 - (-1)^2 + 17(-1) + 17 = 0$

Donc : $b = -1$ donc : $z_0 = (-1)i = -i$ est l'unique

solution imaginaire pur de l'équation $P(z) = 0$

$$2)b) (z+i)(az^2+bz+c)=az^3+bz^2+cz+aiz^2+biz+ci$$

$$P(z)=az^3+(b+ai)z^2+(c+bi)z+ci$$

$$\text{Et on a : } P(z)=z^3+(-8+i)z^2+(17-8i)z+17i$$

$$\text{Donc : } \begin{cases} a=1 \\ b+ai=-8+i \\ c+bi=17-8i \\ ci=17i \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} a=1 \\ b=-8 \\ c-8i=17-8i \\ c=17 \end{cases}$$

$$\text{donc : } a=1 \text{ et } b=-8 \text{ et } c=17$$

$$\text{Donc : } P(z)=(z+i)(z^2-8z+17)$$

$$2)c) P(z)=0 \Leftrightarrow (z+i)(z^2-8z+17)=0$$

$$\Leftrightarrow z^2-8z+17=0 \text{ ou } z+i=0$$

$$\Leftrightarrow z_1=4+i \text{ ou } z_2=4-i \text{ ou } z_0=-i$$

$$\text{Donc : } S=\{4-i; 4+i; -i\}$$

Exercice10 : Résoudre dans $\mathbb{C}$ les équations suivantes :

$$1) 2Z^2-2Z+5=0 \quad 2) 3Z^3-3Z^2+2Z-2=0$$

$$\text{Solutions :1) } 2Z^2-2Z+5=0 \quad \Delta=-36$$

$$\text{Donc : } z_1=\frac{2-i\sqrt{36}}{4}; \quad z_2=\frac{2+i\sqrt{36}}{4}$$

$$\text{Donc : } S=\left\{\frac{1-3i}{2}; \frac{1+3i}{2}\right\}$$

$$2) 3Z^3-3Z^2+2Z-2=0$$

On remarque que 2 est solution

donc : $3Z^3-3Z^2+2Z-2$ est divisible par : $z-1$

La division euclidienne de $3Z^3-3Z^2+2Z-2$ par :

$$z-1 \text{ nous donne : } 3Z^3-3Z^2+2Z-2=(Z-1)(3Z^2+2)$$

$$3Z^2+2=0 \Leftrightarrow Z^2=-\frac{2}{3} \Leftrightarrow Z=i\sqrt{\frac{2}{3}} \text{ ou } Z=-i\sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$\text{Donc les solutions de : } 3Z^3-3Z^2+2Z-2=0$$

$$\text{sont : } Z=1 \text{ ou } Z=i\sqrt{\frac{2}{3}} \text{ ou } Z=-i\sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$\text{Donc : } S=\left\{1; i\sqrt{\frac{2}{3}}; -i\sqrt{\frac{2}{3}}\right\}$$

$$\text{Exercice11: soit : } z=-\frac{1+i\sqrt{3}}{\sqrt{2}+i\sqrt{2}}$$

1) Donner la forme exponentielle et la forme algébrique du nombre complexes z

$$2)\text{en déduire : } \cos\frac{11\pi}{12} \text{ et } \sin\frac{11\pi}{12}$$

$$\text{Solution :1) } z=e^{-i\pi} \frac{2e^{i\frac{\pi}{3}}}{2e^{i\frac{\pi}{4}}}=e^{i\frac{\pi}{3}-\frac{\pi}{4}-\pi}=e^{-i\frac{11\pi}{12}}$$

$$z=-\frac{1+i\sqrt{3}}{\sqrt{2}+i\sqrt{2}}=-\frac{(1+i\sqrt{3})(\sqrt{2}-i\sqrt{2})}{4}=-\frac{\sqrt{6}+\sqrt{2}+i(\sqrt{6}-\sqrt{2})}{4}$$

$$z=\frac{-(\sqrt{6}+\sqrt{2})}{4}+i\frac{(\sqrt{2}-\sqrt{6})}{4}$$

$$2) \sin\frac{-11\pi}{12}=\frac{(\sqrt{2}-\sqrt{6})}{4} \text{ et } \cos\frac{-11\pi}{12}=-\frac{(\sqrt{6}+\sqrt{2})}{4}$$

$$\text{Donc : } \cos\frac{11\pi}{12}=-\frac{(\sqrt{6}+\sqrt{2})}{4} \text{ et } \sin\frac{11\pi}{12}=\frac{(\sqrt{6}-\sqrt{2})}{4}$$

Exercice12 : Dans le plan complexe $(O; \vec{i}, \vec{j})$, on

considère les points : A ; B ; C d'affixe

$$\text{respectivement } z_A=3+5i; \quad z_B=3-5i; \quad z_C=7+3i$$

Et soit z' l'affixe de M' l'image de M (z) par la

translation $t_{\vec{u}}$ tel que $aff(\vec{u})=4-2i$

1) montrer que : $z'=z+4-2i$ (l'écriture complexe de la translation de vecteur $\vec{u}$)

2) vérifier que le Point C est l'image de A par $t_{\vec{u}}$

3) déterminer $z_{B'}$ l'affixe de B' l'image de B par la

translation $t_{\vec{u}}$

Solution:1) $T(M) = M' \Leftrightarrow \overrightarrow{MM'} = \vec{u}$

$$\Leftrightarrow z_{M'} - z_M = z_{\vec{u}} \Leftrightarrow z_{M'} = z_M + z_{\vec{u}} \Leftrightarrow z' = z + z_{\vec{u}}$$

$\Leftrightarrow z' = z + 4 - 2i$ (l'écriture complexe de la translation de vecteur $\vec{u}$)

2) on a : $z_A = 3 + 5i$

Donc : $z' = 3 + 5i + 4 - 2i$

Donc : $z' = 7 + 3i = z_C$

Donc: le point C est l'image de A par $t_{\vec{u}}$

3) on a : $z_B = 3 - 5i$ Donc : $z' = 3 - 5i + 4 - 2i$

$$\Leftrightarrow z' = 7 - 7i = z_{B'}$$

Donc l'axe de B' l'image de B par la translation $t_{\vec{u}}$ est $z_{B'} = 7 - 7i$

Exercice13 : Dans le plan complexe $(O; \vec{i}, \vec{j})$, on

considère les points : A d'axe $z_A = 3 + 5i$ et soit

z' l'axe de M' l'image de M (z) par l'homothétie

de centre $\Omega(3; -2)$ et de Rapport $k = 4$

1) montrer que : $z' = 4z - 9 + 6i$ (l'écriture complexe de l'homothétie $h(\Omega, k)$)

2) déterminer $z_{A'}$ l'axe de A' l'image de A par l'homothétie $h(\Omega, k)$

Solution:1) $h_{(\Omega; k)}(M) = M' \Leftrightarrow \overrightarrow{\Omega M'} = k \overrightarrow{\Omega M}$

$$\Leftrightarrow z_{M'} = kz_M + z_{\Omega}(1 - k)$$

$$\Leftrightarrow z' = 4z + z_{\Omega}(1 - 4) \Leftrightarrow z' = 4z - 3(3 - 2i)$$

$$\Leftrightarrow z' = 4z - 9 + 6i$$

2) on a : $z_A = 3 + 5i$ et $z' = 4z - 9 + 6i$

Donc : $z' = 4(3 + 5i) - 9 + 6i$

Donc $z_{A'} = 3 + 26i$

Exercice14 : Dans le plan complexe direct

$(O; \vec{i}, \vec{j})$, on considère les points : A ; B d'axe

respectivement $z_A = 7 + 2i$; $z_B = 4 + 8i$

Et soit z' l'axe de M' l'image de M (z) par la

rotation r de centre B et d'angle $\frac{\pi}{2}$

1) montrer que : $z' = iz + 4i + 12$ (l'écriture complexe de la rotation r)

2) montrer que l'axe du point C l'image de A par la rotation r est $z_C = 10 + 11i$

Solution : $r(M) = M' \Leftrightarrow z_{M'} = e^{i\alpha}(z_M - z_B) + z_B$

$$\Leftrightarrow z' = e^{i\frac{\pi}{2}}(z - 4 - 8i) + 4 + 8i$$

$$\Leftrightarrow z' = \left(\cos \frac{\pi}{2} + i \sin \frac{\pi}{2}\right)(z - 4 - 8i) + z$$

$$\Leftrightarrow z' = i(z - 4 - 8i) + 4 + 8i$$

$$\Leftrightarrow z' = iz - 4i + 8 + 4 + 8i$$

$$\Leftrightarrow z' = iz + 4i + 12$$

2) on a : $z_A = 7 + 2i$

Donc : $z' = i(7 + 2i) + 4i + 12$

Donc : $z' = 7i - 2 + 4i + 12 = 11i + 10$ cqfd

Exercice15 : Déterminer l'écriture complexe de la rotation r de centre $\Omega(1+i)$ et d'angle $\frac{3\pi}{4}$

Solution : $r(M) = M' \Leftrightarrow z' = e^{i\alpha}(z - z_{\Omega}) + z_{\Omega}$

$$\Leftrightarrow z' = e^{i\frac{3\pi}{4}}(z - 1 - i) + 1 + i$$

$$\Leftrightarrow z' = \left(\cos \frac{3\pi}{4} + i \sin \frac{3\pi}{4}\right)(z - 1 - i) + 1 + i$$

$$\Leftrightarrow z' = \left(-\frac{\sqrt{2}}{2} + i \frac{\sqrt{2}}{2}\right)(z - 1 - i) + 1 + i$$

$$\Leftrightarrow z' = \frac{\sqrt{2}}{2}(-1 + i)z + \sqrt{2} + 1 + i$$

Exercice 16: Soit la rotation r de centre Ω (i) et transforme O en $O' \left(\frac{\sqrt{3}+i}{2} \right)$

Déterminer L'angle de cette rotation

Solution : $r(M) = M' \Leftrightarrow z' = e^{i\alpha} (z - z_{\Omega}) + z_{\Omega}$

$$\Leftrightarrow z' = e^{i\theta} (z - i) + i$$

Et puisque : $r(O) = O'$ alors : $\frac{\sqrt{3}+i}{2} = e^{i\theta} (0 - i) + i$

$$\Leftrightarrow e^{i\theta} = \frac{\frac{\sqrt{3}+i}{2}}{0-i} = \frac{1}{2} - \frac{\sqrt{3}}{2}i$$

$$\text{Donc : } \theta \equiv \frac{-\pi}{3} [2\pi]$$

L'angle de cette rotation est $-\frac{\pi}{3}$

Exercice 17: Soit f une transformation plane qui transforme $M(z)$ en $M'(z')$ tel que

$$z' = -2z + 3 - 3i$$

Déterminer la nature de la transformation f et ses éléments caractéristiques

Solution : Soit : $\omega = \frac{b}{1-a}$ on a : Le point $\Omega(\omega)$ est

un point invariant par f : $\omega = \frac{b}{1-a} = \frac{3-3i}{3} = 1-i$

D'où: $\begin{cases} z' = -2z + 3 - 3i \\ \omega = -2\omega + 3 - 3i \end{cases}$ en faisant la différence on

obtient : $z' - \omega = -2(z - \omega)$ qui se traduit par

$$\overrightarrow{\Omega M'} = -2\overrightarrow{\Omega M} \quad \text{Donc : } f \text{ est l'homothétie de centre}$$

$\Omega(\omega = 1-i)$ et de Rapport -2

Exercice 18: Dans le plan complexe direct

$(O; \vec{i}, \vec{j})$, on considère le point : $A(i)$ et la

rotation R_0 de centre $O(0)$ et d'angle $\frac{\pi}{6}$ et soit R_1

la rotation de centre $A(i)$ et d'angle $\frac{\pi}{3}$

Déterminer la nature de la transformation $R_1 \circ R_0$ et ses éléments caractéristiques

Solution : soit un point $M(z)$

On pose : $R_0(M) = M'(z')$ et $R_1(M') = M''(z'')$

$$R_0(M) = M'(z') \Leftrightarrow z' = e^{i\frac{\pi}{6}} (z - z_O) + z_O$$

$$\Leftrightarrow z' = e^{i\frac{\pi}{6}} z \quad \text{Car } z_O = 0$$

$$\text{Et on a : } R_1(M') = M''(z'') \Leftrightarrow z'' = e^{i\frac{\pi}{3}} (z' - z_A) + z_A$$

$$\Leftrightarrow z'' = e^{i\frac{\pi}{3}} \left(e^{i\frac{\pi}{6}} z - i \right) + i \Leftrightarrow z'' = e^{i\frac{\pi}{3}} e^{i\frac{\pi}{6}} z + i \left(1 - e^{i\frac{\pi}{3}} \right)$$

$$\Leftrightarrow z'' = e^{i\frac{\pi}{2}} z + i \left(1 - e^{i\frac{\pi}{3}} \right) \Leftrightarrow z'' = iz + \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2}i$$

On sait que la composée de deux rotation est une

rotation $\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{6} \neq 2k\pi \right)$

Déterminons le centre de la rotation : $R_1 \circ R_0$?

Le centre de la rotation est le point invariant :

$$\omega = i\omega + \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2}i \Leftrightarrow \omega(1-i) = \frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{1}{2}i$$

$$\text{Donc : } \omega = \frac{1}{2} \frac{\sqrt{3}+i}{1-i} = \frac{\sqrt{3}-1}{4} + i \frac{\sqrt{3}+1}{4}$$

$$\text{On a : } \arg i = \frac{\pi}{2} [2\pi]$$

L'angle de la rotation est : $\frac{\pi}{2}$

Exercice 19: soit ABC un triangle isocèle et

rectangle en A tel que : $\left(\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC} \right) \equiv \frac{\pi}{2} [2\pi]$

et soit R la rotation de centre A et qui transforme

B en C et soit la translation $T = t_{\overrightarrow{AB}}$

Déterminer : $F_1 = R \circ T$ et $F_2 = T \circ R$

Solution : on considère $(A; \overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC})$ comme repère normé donc : L'angle de la rotation R est : $(\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC})$

donc : R la rotation de centre $A(0)$ et d'angle $\frac{\pi}{2}$

donc : $R(M) = M'(z') \Leftrightarrow z' = e^{i\frac{\pi}{2}}(z - z_A) + z_A$

Donc l'écriture complexe de la rotation R est .

$$R(M) = M'(z') \Leftrightarrow z' = iz$$

l'écriture complexe de la translation translation

$$T = t_{\overrightarrow{AB}} \text{ est: } z'' = z + 1$$

soit un point $M(z)$: on pose : $F_1(M) = M_1(z_1)$

$$\text{et } F_2(M) = M_2(z_2)$$

on a donc : $z_1 = i(z + 1)$ et $z_2 = iz + 1$

on a : pour F_1 : $z = i(z + 1) \Leftrightarrow (1 - i)z = i$

$$z = \frac{i}{1 - i} = \frac{-1 + i}{2} \text{ et pour } F_1 \text{ le seul point}$$

invariant est $\Omega_1\left(\omega_1 = \frac{-1 + i}{2}\right)$ et on a :

$$z_1 = e^{\frac{\pi}{2}i} z + \omega_1 \left(1 - e^{\frac{\pi}{2}i}\right)$$

donc F_1 est la rotation de centre $\Omega_1\left(\omega_1 = \frac{-1 + i}{2}\right)$

et d'angle : $\frac{\pi}{2}$

De même : pour F_2 le seul point invariant est

$$\Omega_2\left(\omega_2 = \frac{1 + i}{2}\right) \text{ et on a : } z_2 = e^{\frac{\pi}{2}i} z + \omega_2 \left(1 - e^{\frac{\pi}{2}i}\right)$$

donc F_2 est la rotation de centre : $\Omega_2\left(\omega_2 = \frac{1 + i}{2}\right)$

et d'angle : $\frac{\pi}{2}$

Exercice 20: soit Z un nombre complexe non nul

Montrer que : $|z - 1| \leq |z| - 1 + |z| \arg z$

Solution : soit $Z \in \mathbb{C}^*$ on a :

$$|z - 1| = |z - |z| + (|z| - 1)| \leq |z - |z|| + ||z| - 1|$$

On pose : $z = Re^{i\theta}$ avec $R > 0$

$$\text{On a : } |z - |z|| = |Re^{i\theta} - R| = R|e^{i\theta} - 1|$$

$$= R \left| \left(e^{i\frac{\theta}{2}} \right)^2 - e^{i\frac{\theta}{2}} e^{-i\frac{\theta}{2}} \right| = R \left| e^{i\frac{\theta}{2}} \left(e^{i\frac{\theta}{2}} - e^{-i\frac{\theta}{2}} \right) \right|$$

$$\text{Donc : } |z - |z|| = 2R \left| \sin \frac{\theta}{2} \right|$$

Or on sait que : $|\sin x| \leq |x| \quad \forall x \in \mathbb{R}$

$$\text{Donc : } |z - |z|| \leq |z| |\theta| = |z| \arg z$$

$$\text{Donc : } |z - 1| \leq |z| - 1 + |z| \arg z$$

Exercice 21 : soit a et b et c des nombres complexes tels que :

$$|a| = |b| = |c| = 1 \text{ et } a \neq c \text{ et } b \neq c$$

1) Montrer que : $\left(\frac{c-b}{c-a} \right)^2 \times \frac{a}{b} \in \mathbb{R}$

2) en déduire que : $\arg \left(\frac{c-b}{c-a} \right) \equiv \frac{1}{2} \arg \left(\frac{b}{a} \right) \left[\frac{\pi}{2} \right]$

$$\text{Solution : } \overline{\left(\frac{c-b}{c-a} \right)^2} \times \frac{a}{b} = \left(\frac{\bar{c} - \bar{b}}{\bar{c} - \bar{a}} \right)^2 \times \frac{\bar{a}}{\bar{b}}$$

On a si : $|z| = 1$ alors : $\bar{z} = \frac{1}{z}$ donc :

$$\overline{\left(\frac{c-b}{c-a} \right)^2} \times \frac{a}{b} = \left(\frac{\frac{1}{c} - \frac{1}{a}}{\frac{1}{c} - \frac{1}{a}} \right)^2 \times \frac{\frac{1}{a}}{\frac{1}{b}} = \left(\frac{\frac{b-c}{ac}}{\frac{b-a}{ac}} \right)^2 \times \frac{b}{a}$$

$$\overline{\left(\frac{c-b}{c-a}\right)^2 \times \frac{a}{b}} = \left(\frac{\frac{1}{c} - \frac{1}{a}}{\frac{1}{c} - \frac{1}{a}}\right)^2 \times \frac{\frac{1}{a}}{\frac{1}{b}} = \left(\frac{c-b}{c-a}\right)^2 \times \frac{b}{a}$$

$$\text{Donc : } \left(\frac{c-b}{c-a}\right)^2 \times \frac{a}{b} \in \mathbb{R}$$

$$2) \text{ puisque : } \left(\frac{c-b}{c-a}\right)^2 \times \frac{a}{b} \in \mathbb{R} \text{ alors :}$$

$$\arg\left(\left(\frac{c-b}{c-a}\right)^2 \times \frac{a}{b}\right) \equiv 0[\pi]$$

$$\text{Donc : } \arg\left(\frac{c-b}{c-a}\right)^2 + \arg\left(\frac{a}{b}\right) \equiv 0[\pi]$$

$$\text{Donc : } 2\arg\left(\frac{c-b}{c-a}\right) \equiv -\arg\left(\frac{a}{b}\right) [\pi]$$

$$\arg\left(\frac{c-b}{c-a}\right) \equiv \frac{1}{2}\arg\left(\frac{b}{a}\right) \left[\frac{\pi}{2}\right]$$

Exercice22 : soit le nombre complexe $z = e^{i\frac{2\pi}{7}}$

On pose : $S = z + z^2 + z^4$ et $T = z^3 + z^5 + z^6$

1) Montrer que les nombres S et T sont conjugués

2) Montrer que : $\text{Im}(S) > 0$

3) calculer $S+T$ et $S \times T$

4) en déduire les nombres S et T

Solution : on a : $z = e^{i\frac{2\pi}{7}}$ donc $z^7 = 1$

$$1) \bar{S} = \bar{z} + \bar{z}^2 + \bar{z}^4$$

On a si : $|z|=1$ alors : $\bar{z} = \frac{1}{z}$ donc :

$$\bar{S} = \frac{1}{z} + \frac{1}{z^2} + \frac{1}{z^4} \text{ et on a } z^7 = 1$$

$$\text{Donc : } z^6 = \frac{1}{z} \text{ et } z^5 = \frac{1}{z^2} \text{ et } z^3 = \frac{1}{z^4}$$

$$\text{Donc : } \bar{S} = \frac{1}{z} + \frac{1}{z^2} + \frac{1}{z^4} = z^3 + z^5 + z^6 = T$$

Donc : les nombres S et T sont conjugués

2) Montrons que : $\text{Im}(S) > 0$?

$$\text{On a : } S = z + z^2 + z^4 \text{ et } z = e^{i\frac{2\pi}{7}}$$

$$\text{Donc } \text{Im}(S) = \sin \frac{2\pi}{7} + \sin \frac{4\pi}{7} + \sin \frac{8\pi}{7}$$

$$\text{Im}(S) = \sin \frac{2\pi}{7} + \sin \frac{4\pi}{7} + \sin \left(\pi + \frac{\pi}{7}\right)$$

$$\text{Im}(S) = \sin \frac{2\pi}{7} - \sin \frac{\pi}{7} + \sin \frac{4\pi}{7} \text{ puisque : } \frac{\pi}{7} < \frac{2\pi}{7} < \frac{\pi}{2}$$

$$\text{Donc : } \sin \frac{\pi}{7} < \sin \frac{2\pi}{7} \text{ et on a } \sin \frac{4\pi}{7} > 0$$

$$\text{Donc : } \text{Im}(S) > 0$$

3) calculons $S+T$ et $S \times T$?

$$S+T = z + z^2 + z^3 + z^4 + z^5 + z^6$$

$$S+T = (1+z+z^2+z^3+z^4+z^5+z^6) - 1$$

$$S+T = \frac{1-z^7}{1-z} - 1 = -1 \text{ car } z^7 = 1$$

$$S \times T = (z + z^2 + z^4)(z^3 + z^5 + z^6)$$

$$S \times T = z^4 + z^6 + z^7 + z^5 + z^7 + z^8 + z^7 + z^9 + z^{10}$$

$$S \times T = z^4 + z^5 + z^6 + 3z^7 + z^8 + z^9 + z^{10}$$

$$\text{On a } z^7 = 1 \text{ donc : } z^8 = z \text{ et } z^9 = z^2 \text{ et } z^{10} = z^3$$

$$\text{donc : } S \times T = 1 + z + z^2 + z^3 + z^4 + z^5 + z^6 + 2$$

$$S \times T = \frac{1-z^7}{1-z} + 2 = 2 \text{ car : } z^7 = 1$$

4) on a $S+T = -1$ et $S \times T = 2$ donc S et T sont

les solutions de l'équation : $x^2 + 1x + 2 = 0$

$$\Delta = -7 = (\sqrt{7}i)^2$$

En résolvant l'équation on trouve :

$$x_1 = \frac{-1 + \sqrt{7}i}{2} \text{ et } x_2 = \frac{-1 - \sqrt{7}i}{2} \text{ et on a } \text{Im}(S) > 0$$

$$\text{Donc : } S = \frac{-1 + \sqrt{7}i}{2} \text{ et } T = \frac{-1 - \sqrt{7}i}{2}$$

*« 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*

