Géométrie & Polynômes

PLANCHE 1

NOMBRES COMPLEXES

Exercice 1. Mettre sous forme cartésienne (forme $a + ib$ avec a et b dans $\mathbb{R}$) les nombres complexes suivants

$$\frac{3+2i}{1-i}, \frac{1+2i}{1-2i}, \frac{2+5i}{1-i}, \frac{2-5i}{1+i}, \frac{1}{(1+2i)(3-i)}$$

Exercice 2. Soit α un nombre complexe différent de 0. Quel est le module de $\alpha/\bar{\alpha}$?

Exercice 3. Calculer le module et l'argument des nombres complexes suivants

$$1+i, 1+i\sqrt{3}, \frac{1+i\sqrt{3}}{\sqrt{3}+i}, \frac{\sqrt{6}+i\sqrt{2}}{2}, \left(\frac{2+2i}{1-i}\right)^{20}, \frac{-2}{1-i\sqrt{3}}$$

En déduire leur forme cartésienne.

Exercice 4. Soient $a = 2\sqrt{6}(1+i)$ et $b = \sqrt{2}(1+i\sqrt{3})$. Déterminer les formes polaires de a et b . Déterminer les formes cartésiennes et polaires du nombre complexe $\frac{a}{b}$. En déduire les valeurs de $\cos(\pi/12)$ et de $\sin(\pi/12)$.

Exercice 5. Soit $\theta \in \mathbb{R}$.

1. Montrer que $-1 + e^{2i\theta} = e^{i(\theta+\frac{\pi}{2})}(e^{i(\theta-\frac{\pi}{2})} + e^{-i(\theta-\frac{\pi}{2})})$. En déduire le module et l'argument de $-1 + \cos(2\theta) + i \sin(2\theta)$ en discutant selon les valeurs de θ .
2. De même mettre $1 + e^{i\theta}$ et $e^{i\frac{\pi}{3}} + e^{2i\theta}$ sous forme ue^{iv} où u et v sont des nombres réels. En déduire leurs modules et arguments en discutant selon les valeurs de θ .
3. Soient α et β deux nombres réels. Mettre $e^{i\alpha} + e^{i\beta}$ sous la forme ue^{iv} où u et v sont des nombres réels.

Exercice 6. Soient deux nombres complexes z et z' de module 1. Montrer que $\frac{z+z'}{1+zz'}$ est un nombre réel.

Exercice 7. Chacune des formules suivantes est fausse. Déterminer pourquoi sans développer les calculs :

$$e^{\frac{2i\pi}{7}} e^{-\frac{3i\pi}{4}} = 1 - \frac{1}{2}i \quad (1)$$

$$(1+i)(1-i) = 0 \quad (2)$$

$$(1+i)(1-i) = 1 \quad (3)$$

$$z^2 + z + 2 = (z-1-i)(z+2-i). \quad (4)$$

Exercice 8. Soit $n \in \mathbb{N}$. Déterminer la forme polaire de $(1+i)^n$. Pour quelles valeurs de n , $(1+i)^n$ est-il un nombre réel ?

Exercice 9. Écrire, sous forme polaire, les deux nombres complexes $z_1 = 1 - i$, $z_2 = 1 + i\sqrt{3}$

Exprimer z_1^n et z_2^n pour tout entier $n \geq 1$ (sous forme polaire).

Résoudre dans $\mathbb{C}$ les équations $z^4 = \frac{1-i}{1+i\sqrt{3}}$ et $z^6 = \frac{1+i\sqrt{3}}{1-i\sqrt{3}}$.

Exercice 10.

1. Déterminer (sous la forme polaire) les trois complexes z_0, z_1, z_2 qui sont solutions de l'équation $z^3 = 1$, puis placer les points d'affixe z_0, z_1, z_2 dans un repère orthonormé du plan.
2. Exprimer z_0, z_1 et z_2 en fonction de $j = \frac{-1+i\sqrt{3}}{2}$.
3. Calculer z_0^2, z_1^2, z_2^2 ainsi que z_0z_1, z_0z_2 , et z_1z_2 . Commenter.
4. Calculer la valeur de $z_0 + z_1 + z_2$.
5. Calculer pour tout $k \in \mathbb{N}$ j^k et $\sum_{p=0}^k j^p = 1 + j + j^2 + \dots + j^k$.
6. Soit z tel que $z^n = 1$. Montrer qu'on a n solutions $z_0, \dots, z_{n-1}$ à cette équation et donner leurs valeurs en fonction de n . Calculer $\sum_{k=0}^{n-1} z_k = z_0 + z_1 + \dots + z_{n-1}$. Qu'en est-il des produits $z_i z_j$ avec i et j dans $\{0, \dots, n-1\}$?

On dit que l'ensemble $\{z_0, z_1, \dots, z_{n-1}\}$ est stable pour la multiplication.

Exercice 11. Résoudre $(z - i)^5 = (z + i)^5$. Quel est le nombre de solutions ?

Exercice 12. Trouver les racines carrées de $3 - 4i$, $24 - 10i$, $5 + 12i$.

Exercice 13. Calculer les racines carrées de $\frac{1+i}{\sqrt{2}}$. En déduire les valeurs de $\cos(\pi/8)$ et $\sin(\pi/8)$. Comment feriez vous pour calculer $\cos(\pi/16)$ et $\sin(\pi/16)$?

Exercice 14. Résoudre les équations suivantes, d'inconnue $z \in \mathbb{C}$

1. $z^2 + z - 2 = 0$.
2. $4iz^2 + 2(1 + 6i)z + 2(-1 + 7i) = 0$
3. $\left(\frac{z+i}{z-i}\right)^3 + \left(\frac{z+i}{z-i}\right)^2 + \left(\frac{z+i}{z-i}\right) + 1 = 0$
4. $z^4 - (1 - i)z^2 - i = 0$

Exercice 15. Déterminer l'ensemble des points M du plan dont l'affixe z vérifie la condition:

$$|z - 4| = |z + 2i|.$$

Exercice 16. Déterminer l'ensemble des points M du plan dont l'affixe z vérifie la condition:

$$z + \frac{4}{z} \in \mathbb{R}.$$

Exercice 17.

- Soit M le point d'affixe $z \neq 0$ et M' l'image de M par la rotation d'angle θ autour de l'origine O . On note z' l'affixe de M' .
 - Quelle est l'angle entre les vecteurs $\overrightarrow{OM}$ et $\overrightarrow{OM'}$ et quelle est la longueur du premier en fonction de celle du second ?
 - Le nombre complexe $\frac{z}{z'}$ est-il bien défini et si oui, que sont sa norme et son argument ?
 - Exprimer z' en fonction de z et θ .
 - La formule reste-t-elle vraie si $z = 0$?
- Soit M le point d'affixe z et M' l'image de M par la translation de vecteur $\overrightarrow{u}$. On note z' l'affixe de M' et u l'affixe de $\overrightarrow{u}$. En utilisant une relation de Chasles sur le vecteur $\overrightarrow{OM'}$, exprimer z' en fonction de z et u .
- Soit A le point d'affixe a , M le point d'affixe z et M' l'image de M par ρ la rotation d'angle θ autour de A . On note z' l'affixe de M' .
 - Exprimer ρ en fonction de la translation t de vecteur $\overrightarrow{OA}$, de la translation t^{-1} de vecteur $\overrightarrow{AO}$ et de la rotation r d'angle θ autour de l'origine O .
 - A l'aide des questions précédentes, exprimer z' en fonction de z , de a et de θ .
 - A l'aide de la formule précédente, déterminer, s'il y en a, le ou les point(s) fixe(s) de ρ .

Exercice 18. Déterminer l'ensemble des nombres complexes non nuls tels que z , $1/z$, et $z - 1$ aient le même module.

Exercice 19. Soient z, z_1 et z_2 des nombres complexes. Montrer que $\Re(z) = |z|$ si et seulement si z est un nombre réel positif ou nul.

Montrer que $|z_1 + z_2| = |z_1| + |z_2|$ si et seulement si ($z_1 = 0$ ou $z_2 = 0$ ou $\text{Arg}(z_1) = \text{Arg}(z_2)$).

Exercice 20. Soient a, b, c, d quatre nombres complexes deux à deux distincts. Montrez que si $\frac{d-a}{b-c}$ et $\frac{d-b}{a-c}$ sont imaginaires purs, il en est de même de $\frac{d-c}{a-b}$. Comment peut-on interpréter cela géométriquement ?

Exercice 21.

- Comment choisir le nombre complexe z pour que $Z = z^2 + 2z - 3$ soit réel ? Soit E l'ensemble des points M du plan d'affixe z tel que Z soit réel. Déterminer E .
- On considère les points A et B d'affixes respectives i et 1 . Soit M un point du plan d'affixe z distinct de A . On pose $Z = \frac{1-z}{i-z}$.
Déterminer l'ensemble E des points M tels que Z soit réel, et l'ensemble F des points M tels que Z soit imaginaire pur.

Exercice 22. Soient a et b dans $\mathbb{Z}$. On suppose que a et b sont la somme de deux carrés, c'est à dire il existe x et y dans $\mathbb{Z}$ tels que $a = x^2 + y^2$ et z et t tels que $b = z^2 + t^2$.

Démontrer que le produit ab est encore la somme de deux carrés. *On dit que le sous ensemble des éléments de $\mathbb{Z}$ qui sont la somme de deux carrés est stable pour la multiplication.*

Indication: voir a et b comme les modules de nombres complexes qu'on précisera.