

Table des matières

1	Forme algébrique d'un nombre complexe	2
1.1	Égalité et opérations dans $\mathbb{C}$	2
2	Représentation géométrique	3
2.1	Alignement et cocyclicité	4
3	Conjugué d'un nombre complexe	4
4	Module et lieux géométriques	5
5	Forme trigonométrique	6
5.1	Argument	6
5.2	Forme trigonométrique	6
5.3	Angles orientés	7
6	Forme exponentielle	8
6.1	Formules de De Moivre et d'Euler	8
	Formule de De Moivre	8
	Formules d'Euler	8
7	Tableau récapitulatif des trois formes	9
8	Équations du second degré à coefficients réels	9
9	Transformations complexes du plan	10
9.1	Tableau récapitulatif	10

1 Forme algébrique d'un nombre complexe

Propriété

Il existe un ensemble noté $\mathbb{C}$, appelé *ensemble des nombres complexes*, qui contient $\mathbb{R}$ et vérifie :

- $\mathbb{C}$ contient un élément i tel que $i^2 = -1$.
- Tout $z \in \mathbb{C}$ s'écrit de façon **unique** sous la forme $z = a + ib$, avec $a, b \in \mathbb{R}$.

Définition

Soit $z = a + ib$, $a, b \in \mathbb{R}$.

- Cette écriture est appelée **forme algébrique** de z .
- $a = \operatorname{Re}(z)$: *partie réelle* de z .
- $b = \operatorname{Im}(z)$: *partie imaginaire* de z .
- Si $a = 0$ et $b \neq 0$, z est dit *imaginaire pur*, et l'ensemble des imaginaires purs est noté $i\mathbb{R}$.

Exemple

« Lecture des parties réelle et imaginaire. »

Soit $z_1 = 5 + 7i$, $z_2 = 1 - i$, $z_3 = 5$, $z_4 = 3i$.

- $\operatorname{Re}(z_1) = 5$, $\operatorname{Im}(z_1) = 7$.
- $\operatorname{Re}(z_2) = 1$, $\operatorname{Im}(z_2) = -1$.
- $z_3 \in \mathbb{R}$: $\operatorname{Re}(z_3) = 5$, $\operatorname{Im}(z_3) = 0$.
- $z_4 \in i\mathbb{R}$: $\operatorname{Re}(z_4) = 0$, $\operatorname{Im}(z_4) = 3$.

1.1 Égalité et opérations dans $\mathbb{C}$

Propriété

Soient $z = a + ib$ et $z' = a' + ib'$.

- $z = z' \iff a = a'$ et $b = b'$.
- $z = 0 \iff a = 0$ et $b = 0$.

Propriété

Soient $z = a + ib$ et $z' = a' + ib'$.

- $z + z' = (a + a') + i(b + b')$.
- $z \times z' = (aa' - bb') + i(ab' + a'b)$.
- $\frac{1}{z} = \frac{a - ib}{a^2 + b^2}$ si $z \neq 0$.

Exemple

« Opérations en forme algébrique. »

Mettre $z = \frac{1+i}{1-i}$ sous forme algébrique.

Solution. On multiplie par le conjugué $1 + i$:

$$z = \frac{(1+i)(1+i)}{(1-i)(1+i)} = \frac{(1+i)^2}{1^2 + 1^2} = \frac{1 + 2i + i^2}{2} = \frac{2i}{2} = i.$$

Application

Mettre sous forme algébrique :

- $z_1 = (2 + 3i)(-1 + i)$
- $z_2 = (1 + \sqrt{3}i)(1 - \sqrt{3}i)$
- $z_3 = -\frac{1}{4i}$
- $z_4 = \frac{1}{2+3i} + (2+i)^2$
- $z_5 = \left(\frac{1+i}{1-i}\right)^{14}$
- $z_6 = (3-2i)^2 - (3+2i)^2$

Remarque

Pour tout $z \in \mathbb{C} : z \in \mathbb{R} \iff \text{Im}(z) = 0$ et $z \in i\mathbb{R} \iff \text{Re}(z) = 0$.

À faire à la maison

- 1 Mettre sous forme algébrique : (a) $z = \frac{(2+i)^3}{1-i}$; (b) $z = \frac{1}{(1+i)^{10}}$.
- 2 Soit $z = (3+i)^2 - (1-2i)^2$. Calculer $\text{Re}(z)$ et $\text{Im}(z)$.
- 3 Déterminer les réels a et b tels que $(2+i)a + (3-2i)b = 1+4i$.
- 4 Résoudre dans $\mathbb{C}$: (a) $iZ - 1 = Z + 3i$; (b) $\frac{Z+i}{Z-i} = i$.

2 Représentation géométrique

Le plan $(\mathcal{P})$ est muni d'un repère orthonormé direct $(O; \vec{e}_1; \vec{e}_2)$.

Définition

- À tout $z = x + iy$ on associe le *point image* $M(x; y)$, noté $M(z)$. Réciproquement, z est l'*affixe* de M , notée $z = \text{aff}(M)$.
- Le vecteur $\vec{u}(x; y)$ est appelé *vecteur image* de z ; z est l'affixe de $\vec{u}$, notée $\text{aff}(\vec{u})$.

Propriété

Soient $A(z_A), B(z_B)$ deux points du plan complexe.

- $\text{aff}(\overrightarrow{AB}) = z_B - z_A$.
- Affixe du milieu I de $[AB] : z_I = \frac{z_A + z_B}{2}$.

Exemple

« Affixe d'un parallélogramme. »

$A(2i), B(1-i), C(3)$. Trouver D tel que $ABCD$ soit un parallélogramme.

Solution. $ABCD$ parallélogramme $\iff \overrightarrow{AB} = \overrightarrow{DC} \iff z_B - z_A = z_C - z_D$, donc $z_D = z_C - z_B + z_A = 3 - (1-i) + 2i = 2 + 3i$.

Application

Soient $A(2i), B(1-i), C(3)$.

- 1 Calculer les affixes de $\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC}$ et $3\overrightarrow{AB} - \overrightarrow{BC}$.
- 2 Déterminer le centre I du parallélogramme $ABCD$.

2.1 Alignement et cocyclicité

Propriété

Soient $A(z_A)$, $B(z_B)$, $C(z_C)$ trois points du plan complexe deux à deux distincts.

$$A, B, C \text{ alignés} \iff \frac{z_B - z_A}{z_C - z_A} \in \mathbb{R}.$$

Propriété

Soient A, B, C, D quatre points deux à deux distincts et trois à trois non alignés du plan complexe.

$$A, B, C, D \text{ cocycliques} \iff \frac{z_A - z_B}{z_C - z_B} \times \frac{z_C - z_D}{z_A - z_D} \in \mathbb{R}.$$

Application

- 1 Montrer que $A(4; -6)$, $B(-2; 3)$, $C(-1; \frac{3}{2})$ sont alignés.
- 2 Montrer que $A(1 + i)$, $B(3 + i)$, $C(2 + 2i)$, $D(2)$ sont cocycliques.

À faire à la maison

Dans le plan complexe muni d'un repère orthonormé direct $(O; \vec{e}_1; \vec{e}_2)$, on considère les points $A(2 + i)$, $B(-1 + 3i)$, $C(-3 - i)$.

- 1 Calculer les affixes de $\overrightarrow{AB}$, $\overrightarrow{AC}$ et $\overrightarrow{BC}$.
- 2 Soit D tel que $ABCD$ soit un parallélogramme. Déterminer z_D .
- 3 Soit M le milieu de $[AC]$ et M' le milieu de $[BD]$. Vérifier que $M = M'$ et interpréter.
- 4 Déterminer l'ensemble des points P d'affixe z tels que A, B, P soient alignés.

3 Conjugué d'un nombre complexe

Définition

Soit $z = a + ib$. Le *conjugué* de z est $\bar{z} = a - ib$. Géométriquement, $M(\bar{z})$ est le symétrique de $M(z)$ par rapport à l'axe des réels.

Propriété

Soient $z, z' \in \mathbb{C}$ et $n \in \mathbb{N}$.

- $\overline{z + z'} = \bar{z} + \bar{z}'$
- $\overline{z \times z'} = \bar{z} \times \bar{z}'$
- $\overline{\left(\frac{z}{z'}\right)} = \frac{\bar{z}}{\bar{z}'} \quad (z' \neq 0)$
- $\overline{z^n} = \bar{z}^n$
- $\overline{\bar{z}} = z$
- $z + \bar{z} = 2 \operatorname{Re}(z)$
- $z - \bar{z} = 2i \operatorname{Im}(z)$
- $z \in \mathbb{R} \iff \bar{z} = z$
- $z \in i\mathbb{R} \iff \bar{z} = -z$

Exemple

« Utilisation du conjugué. »

Soient $u = \frac{2+3i}{3+2i}$ et $v = \frac{2-3i}{3-2i}$. Montrer, sans calcul direct, que $u+v \in \mathbb{R}$ et $u-v \in i\mathbb{R}$.

Solution. On observe $v = \bar{u}$. Donc $u+v = u+\bar{u} = 2\operatorname{Re}(u) \in \mathbb{R}$, et $u-v = u-\bar{u} = 2i\operatorname{Im}(u) \in i\mathbb{R}$.

Application

Soit $z = x + iy$, $(x, y) \in \mathbb{R}^2$.

- 1 Mettre $3iz - \bar{z}$ sous forme algébrique.
- 2 Résoudre $3iz - \bar{z} = 8i$.
- 3 Trouver les z tels que $3iz - \bar{z}$ soit imaginaire pur.

À faire à la maison

- 1 Soit $z = x + iy$ avec $x, y \in \mathbb{R}$. Déterminer la forme algébrique de $3iz - \bar{z}$.
- 2 Résoudre dans $\mathbb{C}$: $3iz - \bar{z} = 8i$.
- 3 Déterminer l'ensemble des $z \in \mathbb{C}$ tels que $3iz - \bar{z}$ soit imaginaire pur.
- 4 Résoudre dans $\mathbb{C}$: $\frac{4z-2}{z+1} = -3+i$.

4 Module et lieux géométriques

Définition

Soit $z = x + iy$. Le *module* de z est le réel positif :

$$|z| = \sqrt{z\bar{z}} = \sqrt{x^2 + y^2}.$$

Géométriquement, si $M(z) : |z| = OM$.

Propriété

Soient $z, z' \in \mathbb{C}^*$ et $n \in \mathbb{N}$.

- $|z| = |-z| = |\bar{z}|$
- $|z z'| = |z| \cdot |z'|$
- $\left| \frac{z}{z'} \right| = \frac{|z|}{|z'|}$
- $|z^n| = |z|^n$
- $|z + z'| \leq |z| + |z'|$ (inégalité triangulaire)

Propriété

Soient $A(z_A), B(z_B)$ deux points du plan complexe.

$$AB = |z_B - z_A|.$$

Exemple

« Lieu géométrique. »

Déterminer l'ensemble des points $M(z)$ tels que $|z - (2 - i)| = 4$.

Solution. Si $A(2 - i)$, alors $|z - z_A| = AM$. L'équation $AM = 4$ définit le **cercle** de centre $A(2; -1)$ et de rayon 4.

Application

Déterminer l'ensemble des points $M(z)$ tels que :

- $|z - (2 - i)| = |z - 4i|$
- $|z + i| = |z - (1 - i)|$
- $|iz - 2| = |z + 1 - i|$
- $|iz| = |\bar{z} + 1 - i|$

À faire à la maison

- 1 Soient $z_1 = 1 + i$ et $z_2 = 1 - i\sqrt{3}$. Calculer $|z_1|$ et $|z_2|$, puis en déduire $|z_1 z_2|$, $|z_1^6|$, $\left|\frac{z_1}{z_2}\right|^2$.
- 2 Soient $A(-1 + 6i)$, $B(1 + 9i)$, $C(2 + 4i)$. Montrer que le triangle ABC est isocèle.
- 3 Déterminer l'ensemble des points $M(z)$ tels que $|iz - 2| = |z + 1 - i|$.
- 4 Déterminer l'ensemble des points $M(z)$ tels que $|iz| = |\bar{z} + 1 - i|$.

5 Forme trigonométrique

5.1 Argument

Définition

Soit $M(z)$ un point distinct de O . L'*argument* de z est la mesure θ de l'angle orienté $(\vec{e}_1, \vec{OM})$, notée $\arg(z) \equiv \theta [2\pi]$.

Propriété

Soit $z \in \mathbb{C}^*$.

- $z \in \mathbb{R}_+^* \iff \arg(z) \equiv 0 [2\pi]$
- $z \in \mathbb{R}_-^* \iff \arg(z) \equiv \pi [2\pi]$
- $z \in i\mathbb{R}_+^* \iff \arg(z) \equiv \frac{\pi}{2} [2\pi]$
- $z \in i\mathbb{R}_-^* \iff \arg(z) \equiv -\frac{\pi}{2} [2\pi]$
- $\arg(\bar{z}) \equiv -\arg(z) [2\pi]$
- $\arg(-z) \equiv \pi + \arg(z) [2\pi]$

5.2 Forme trigonométrique

Définition

Soit $z \in \mathbb{C}^*$ de module $r = |z|$ et d'argument θ . Alors :

$$\cos \theta = \frac{\operatorname{Re}(z)}{|z|}, \quad \sin \theta = \frac{\operatorname{Im}(z)}{|z|},$$

et la **forme trigonométrique** de z est :

$$z = r (\cos \theta + i \sin \theta) = [r; \theta].$$

Exemple

« Mise en forme trigonométrique. »

Mettre $z = 1 + i\sqrt{3}$ sous forme trigonométrique.

Solution. $|z| = \sqrt{1+3} = 2$. Donc $\cos \theta = \frac{1}{2}$ et $\sin \theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$, d'où $\theta = \frac{\pi}{3}$. Ainsi :

$$z = 2 \left(\cos \frac{\pi}{3} + i \sin \frac{\pi}{3} \right) = \left[2; \frac{\pi}{3} \right].$$

Propriété

Soient $z = [r; \theta]$ et $z' = [r'; \theta']$ deux complexes non nuls, $n \in \mathbb{N}$.

- $z = z' \iff r = r' \text{ et } \theta \equiv \theta' [2\pi]$
- $\frac{z}{z'} = \left[\frac{r}{r'}; \theta - \theta' \right]$
- $z \times z' = [rr'; \theta + \theta']$
- $z^n = [r^n; n\theta]$

Application

Mettre sous forme trigonométrique :

- $z_1 = 1 + i\sqrt{3}$
- $z_2 = 1 - i\sqrt{3}$
- $z_3 = -1 - i\sqrt{3}$
- $z_4 = -2\sqrt{3} + 2i$
- $z_5 = 4$
- $z_6 = -7$

5.3 Angles orientés

Propriété

Soient $A(z_A), B(z_B), C(z_C) \in \mathbb{C}^2$ deux à deux distincts.

- $(\vec{e}_1, \widehat{AB}) \equiv \arg(z_B - z_A) [2\pi]$.
- $(\widehat{AB}, \widehat{AC}) \equiv \arg\left(\frac{z_C - z_A}{z_B - z_A}\right) [2\pi]$.

Application

$A(2; 2), B(2; -1), C(4; 2), D(6; 2)$.

- 1 Calculer $(\widehat{AD}, \widehat{AC})$. Conclure.
- 2 Calculer $(\widehat{AC}, \widehat{AB})$. Position de (AB) et (AC) ?

À faire à la maison

Soient $z_1 = 1 + i\sqrt{3}$ et $z_2 = 1 + i$.

- 1 Mettre z_1 et z_2 sous forme trigonométrique.
- 2 En déduire la forme trigonométrique de $Z = \frac{z_1^2}{z_2}$.
- 3 Mettre Z sous forme algébrique.
- 4 En déduire les valeurs exactes de $\cos\left(\frac{5\pi}{12}\right)$ et $\sin\left(\frac{5\pi}{12}\right)$.
- 5 Montrer que $Z^{12} \in \mathbb{R}$ et déterminer sa valeur.

6 Forme exponentielle

Définition

Soit $z \in \mathbb{C}^*$ de module r et d'argument θ . La *forme exponentielle* de z est :

$$z = r e^{i\theta}.$$

Exemple

$$e^{i\pi} = -1; \quad 2e^{i\frac{3\pi}{4}} = -\sqrt{2} + i\sqrt{2}.$$

Propriété

Soient $r, r' > 0$, $\theta, \theta' \in \mathbb{R}$, $n \in \mathbb{N}$.

- $|e^{i\theta}| = 1$, $\arg(e^{i\theta}) \equiv \theta [2\pi]$
- $\overline{e^{i\theta}} = e^{-i\theta}$
- $r e^{i\theta} \cdot r' e^{i\theta'} = r r' e^{i(\theta+\theta')}$
- $\frac{1}{r e^{i\theta}} = \frac{1}{r} e^{-i\theta}$
- $\frac{r e^{i\theta}}{r' e^{i\theta'}} = \frac{r}{r'} e^{i(\theta-\theta')}$
- $(r e^{i\theta})^n = r^n e^{in\theta}$

Application

Soient $z_1 = 1 - i$, $z_2 = 2i$, $z_3 = 3 + 3i\sqrt{3}$. Mettre sous forme exponentielle :

$$a = \frac{z_3}{z_1}, \quad b = z_1^8, \quad c = \frac{z_1}{z_2 z_3}.$$

6.1 Formules de De Moivre et d'Euler

Propriété

Pour tout $n \in \mathbb{Z}$ et $\theta \in \mathbb{R}$:

$$(\cos \theta + i \sin \theta)^n = \cos(n\theta) + i \sin(n\theta).$$

Formule de De Moivre

Propriété

Pour tout $\theta \in \mathbb{R}$:

$$\cos \theta = \frac{e^{i\theta} + e^{-i\theta}}{2}, \quad \sin \theta = \frac{e^{i\theta} - e^{-i\theta}}{2i}.$$

Formules d'Euler

Exemple

« Linéarisation de $\cos^2 x$. »

Linéariser $\cos^2 x$.

Solution. Avec Euler :

$$\cos^2 x = \left(\frac{e^{ix} + e^{-ix}}{2} \right)^2 = \frac{e^{2ix} + 2 + e^{-2ix}}{4} = \frac{1}{2} \cos(2x) + \frac{1}{2}.$$

Application

- 1 Linéariser $\sin^2 x$ et $\cos^3 x$.
- 2 Avec De Moivre, exprimer $\cos(2x)$ et $\sin(2x)$ en fonction de $\cos x$ et $\sin x$.

À faire à la maison

- 1 Linéariser $\sin^4 x$ et $\cos^5 x$ via les formules d'Euler.
- 2 À l'aide de De Moivre, exprimer $\cos(3x)$ et $\sin(3x)$ en fonction de $\cos x$ et $\sin x$.
- 3 Soit $z = 1 + i$. Calculer z^{12} via la forme exponentielle, puis vérifier par calcul direct sur z^2 et z^4 .

7 Tableau récapitulatif des trois formes

Forme algébrique	Forme trigonométrique	Forme exponentielle
$z = a + ib$	$z = r(\cos \theta + i \sin \theta)$	$z = r e^{i\theta}$
$a = \operatorname{Re}(z), b = \operatorname{Im}(z)$	$r = z , \theta = \arg(z)$	$r = z , \theta = \arg(z)$
Idéale pour : addition, soustraction	Idéale pour : trigonométrie	Idéale pour : produits, puissances

8 Équations du second degré à coefficients réels

Propriété

Soient $a, b, c \in \mathbb{R}$, $a \neq 0$. L'équation $az^2 + bz + c = 0$ a pour discriminant $\Delta = b^2 - 4ac$.

- $\Delta > 0$: deux solutions réelles distinctes $z_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{\Delta}}{2a}$.
- $\Delta = 0$: une solution réelle double $z_0 = -\frac{b}{2a}$.
- $\Delta < 0$: deux solutions complexes conjuguées $z_{1,2} = \frac{-b \pm i\sqrt{-\Delta}}{2a}$.

Exemple

« Cas $\Delta < 0$. »

Résoudre $z^2 + 2z + 4 = 0$ dans $\mathbb{C}$.

Solution. $\Delta = 4 - 16 = -12 < 0$. Donc $\sqrt{-\Delta} = 2\sqrt{3}$, et :

$$z_{1,2} = \frac{-2 \pm 2i\sqrt{3}}{2} = -1 \pm i\sqrt{3}.$$

Application

- 1 Résoudre dans $\mathbb{C}$: $z^2 = -4$; $2z^2 - 3z + 2 = 0$.
- 2 Soit $p(z) = z^3 - 6z^2 + 12z - 16$.
 - a. Trouver $a, b \in \mathbb{R}$ tels que $p(z) = (z - 4)(z^2 + az + b)$.
 - b. Résoudre $p(z) = 0$ dans $\mathbb{C}$.

À faire à la maison

Considérer dans $\mathbb{C}$ l'équation $(E) : z^2 - 2(\sqrt{2} + \sqrt{6})z + 16 = 0$.

- 1 Vérifier que $\Delta = -4(\sqrt{6} - \sqrt{2})^2$.
- 2 En déduire les solutions de (E) .
- 3 Soit $a = (\sqrt{6} + \sqrt{2}) + i(\sqrt{6} - \sqrt{2})$. Vérifier que a est une solution de (E) .
- 4 Calculer $|a|$ et déterminer $\arg(a)$; en déduire que $a = 4\left(\cos \frac{\pi}{12} + i \sin \frac{\pi}{12}\right)$.
- 5 Soit $p(z) = z^3 - 6z^2 + 12z - 16$. Trouver $\alpha, \beta \in \mathbb{R}$ tels que $p(z) = (z - 4)(z^2 + \alpha z + \beta)$, puis résoudre $p(z) = 0$ dans $\mathbb{C}$.

9 Transformations complexes du plan

Définition

Translation $t_{\vec{u}}$ de vecteur $\vec{u}(z_{\vec{u}})$:

$$M(z) \mapsto M'(z') \iff z' = z + z_{\vec{u}}.$$

Définition

Homothétie h de centre $\Omega(z_{\Omega})$, rapport $k \in \mathbb{R}^*$:

$$M(z) \mapsto M'(z') \iff z' - z_{\Omega} = k(z - z_{\Omega}) \iff z' = kz + z_{\Omega}(1 - k).$$

Définition

Rotation R de centre $\Omega(z_{\Omega})$, angle θ :

$$M(z) \mapsto M'(z') \iff z' - z_{\Omega} = e^{i\theta}(z - z_{\Omega}) \iff z' = e^{i\theta}z + z_{\Omega}(1 - e^{i\theta}).$$

9.1 Tableau récapitulatif

Transformation	Écriture complexe	Reconnaissance
Translation $\vec{u}(z_{\vec{u}})$	$z' = z + z_{\vec{u}}$	$z' = z + b$
Homothétie (Ω, k) , $k \in \mathbb{R}^*$, $k \neq 1$	$z' = kz + z_{\Omega}(1 - k)$	$z' = az + b$, $a \in \mathbb{R}^* \setminus \{1\}$
Rotation (Ω, θ) , $\theta \neq 0 [2\pi]$	$z' = e^{i\theta}z + z_{\Omega}(1 - e^{i\theta})$	$z' = az + b$, $ a = 1$, $a \neq 1$

Exemple

« Identification d'une transformation. »

Identifier la transformation $z' = -iz + i - 1$.

Solution. On a $a = -i$, donc $|a| = 1$ et $a \neq 1$: c'est une rotation. Centre Ω : point fixe : $z_{\Omega} = -iz_{\Omega} + i - 1 \iff z_{\Omega}(1 + i) = i - 1 \iff z_{\Omega} = \frac{i - 1}{1 + i} = \frac{(i - 1)(1 - i)}{2} = \frac{2i}{2} = i$. Angle : $\arg(-i) = -\frac{\pi}{2} [2\pi]$.

Donc $z' = -iz + i - 1$ est la rotation de centre $\Omega(i)$ et d'angle $-\frac{\pi}{2}$.

Application

Identifier les transformations :

- $z' = z - 3i$
- $z' + 2i = -5(z + 2i)$
- $z' = 1 - z$
- $z' = 4z - 3i$

À faire à la maison

Soient $A(z_A)$, $B(z_B)$, $C(z_C)$ d'affixes $z_A = \sqrt{3} - i$, $z_B = -z_A$, $z_C = \sqrt{3} + 3i$ et D le symétrique de C par rapport à l'axe réel.

- 1 Calculer $\frac{z_A - z_D}{z_A - z_C}$ et en déduire que A , D , C sont alignés.
- 2 Vérifier que $\frac{z_C - z_A}{z_B - z_A} = \frac{1 - i\sqrt{3}}{2}$.
- 3 Montrer que le triangle ABC est équilatéral.
- 4 Considérons la rotation R de centre O et d'angle $\frac{\pi}{6}$. Déterminer l'écriture complexe de R , puis l'image de A .
- 5 Soit la transformation $F : z' = -iz + i - 1$. Identifier F , déterminer son centre Ω et son angle.