

## **LES NOMBRES COMPLEXES : UTILISATION**

### **1) INTERPRÉTATION GÉOMÉTRIQUE DE $\frac{c-a}{b-a}$**

On se place dans le plan rapporté à un repère orthonormal direct  $(O; \vec{u}, \vec{v})$ .

#### **Propriétés :**

Soit A, B et C trois points distincts d'affixes respectives  $a$ ,  $b$  et  $c$ . On a :

- $\left| \frac{c-a}{b-a} \right| = \frac{AC}{AB}$
- $\arg\left(\frac{c-a}{b-a}\right) = (\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC}) [2\pi]$

#### **Preuve :**

- On a bien  $a \neq b$  car les points sont distincts. On a alors :

$$\left| \frac{c-a}{b-a} \right| = \frac{|c-a|}{|b-a|} = \frac{AC}{AB}$$

- La preuve de la deuxième propriété nécessite de connaître quelques propriétés des angles orientés de vecteurs qui sont faciles à mettre en place en faisant un schéma.

Soit  $\vec{u}$ ,  $\vec{v}$  et  $\vec{w}$  trois vecteurs non nuls du plan orienté. On a :

- Relation de Chasles :  $(\vec{u}, \vec{v}) + (\vec{v}, \vec{w}) = (\vec{u}, \vec{w}) [2\pi]$
- $(\vec{u}, \vec{v}) = -(\vec{v}, \vec{u}) [2\pi]$

$$\begin{aligned} \arg\left(\frac{c-a}{b-a}\right) &= \arg(c-a) - \arg(b-a) = (\overrightarrow{u}, \overrightarrow{AC}) - (\overrightarrow{u}, \overrightarrow{AB}) [2\pi] \\ &= -(\overrightarrow{u}, \overrightarrow{AB}) + (\overrightarrow{u}, \overrightarrow{AC}) [2\pi] \\ &= (\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{u}) + (\overrightarrow{u}, \overrightarrow{AC}) [2\pi] \\ &= (\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC}) [2\pi] \quad (\text{D'après la relation de Chasles}) \end{aligned}$$

#### **Remarques :**

Soit A, B, C et D quatre points distincts d'affixes respectives  $a$ ,  $b$ ,  $c$  et  $d$ . On a :

- A appartient à la médiatrice de [BC] si et seulement si  $\left| \frac{c-a}{b-a} \right| = 1$
- Les points A, B et C sont alignés si et seulement si  $\arg\left(\frac{c-a}{b-a}\right) = 0^\circ [2\pi]$ , ce qui revient à dire que  $\frac{c-a}{b-a}$  est un réel.
- Les droites (AB) et (CD) sont perpendiculaires si et seulement si  $\arg\left(\frac{c-a}{b-a}\right) = \frac{\pi}{2}^\circ [2\pi]$ , ce qui revient à dire que  $\frac{c-a}{b-a}$  est un imaginaire pur.

### **2) RACINES $n$ -ièmes DE L'UNITÉ**

On se place dans le plan rapporté à un repère orthonormal direct  $(O; \vec{u}, \vec{v})$ .

#### **Définition :**

Soit  $n$  un entier naturel non nul.

On appelle racine  $n$ -ième de l'unité, tout nombre complexe  $z$  vérifiant  $z^n = 1$ .

1 est bien sûr toujours une racine  $n$ -ième de l'unité

#### **Remarque :**

Les racines  $n$ -ième de l'unité sont les racines du polynôme  $P(z) = z^n - 1$

#### **Propriété et définition :**

Soit  $n$  un entier naturel non nul.

L'équation  $z^n = 1$  admet exactement  $n$  racines  $n$ -ièmes de l'unité distinctes.

Il s'agit des nombres complexes  $e^{\frac{i2k\pi}{n}}$  où  $k \in \{0, 1, 2, \dots, n-1\}$

On note  $U_n$  l'ensemble des racines  $n$ -ièmes de l'unité

$$U_n = \left\{ e^{\frac{i2k\pi}{n}}, k \in \{0, 1, 2, \dots, n-1\} \right\}$$

### Preuve :

Soit  $n$  un entier naturel non nul et un complexe  $z=r e^{i\theta}$  où  $r \in \mathbb{R}_+^*$  et  $\theta \in \mathbb{R}$ . On a :

$$z^n = 1 \Leftrightarrow (r e^{i\theta})^n = 1 \Leftrightarrow r^n e^{in\theta} = 1 e^{i0} \Leftrightarrow \begin{cases} r^n = 1 \\ n\theta = 0 + 2k\pi, k \in \mathbb{Z} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} r = 1 \\ \theta = \frac{2k\pi}{n}, k \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

Ainsi tous les nombres complexes  $e^{\frac{i2k\pi}{n}}$  où  $k \in \mathbb{Z}$  sont solutions de l'équation  $z^n = 1$ .

En particulier les nombres complexes  $e^{\frac{i2k\pi}{n}}$  où  $k \in [0, 1, 2, \dots, n-1]$  sont bien sûr solutions.

Soit  $K$  un entier quelconque.

En effectuant la division euclidienne de  $K$  par  $n$ , on obtient.

$$K = qn + r \text{ où } r \in [0, 1, 2, \dots, n-1] \text{ et } q \in \mathbb{Z}$$

$$\text{Ainsi } e^{\frac{i2K\pi}{n}} = e^{\frac{i2(qn+r)\pi}{n}} = e^{i2q\pi} e^{\frac{i2r\pi}{n}} = e^{\frac{i2r\pi}{n}}$$

On retrouve donc une solution de la forme  $e^{\frac{i2k\pi}{n}}$  où  $k \in [0, 1, 2, \dots, n-1]$  et on en déduit le résultat attendu.

### Propriété :

Soit  $n$  un entier naturel non nul.

Les points images des éléments de  $U_n$  appartiennent au cercle trigonométrique.

Ce qui est trivial, car ils ont pour module 1.

Pour  $n \geq 3$ , les points images des éléments de  $U_n$  sont les sommets d'un polygone régulier à  $n$  sommets.

### Quelques cas particuliers :

- Les racines 2-ièmes (ou racines carrées) de l'unité sont les nombres complexes tels que  $z^2 = 1$ . Dans ce cas on trouve facilement -1 et 1. On a  $U_2 = [-1; 1]$

- Les racines 3-ièmes de l'unité sont les nombres complexes tels que  $z^3 = 1$ .

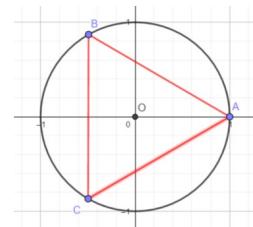
Les solutions sont les nombres complexes :

$$e^{\frac{i2\times0\times\pi}{3}} = e^0 = 1, \quad e^{\frac{i2\times1\times\pi}{3}} = e^{\frac{i2\pi}{3}}, \quad \text{et} \quad e^{\frac{i2\times2\times\pi}{3}} = e^{\frac{i4\pi}{3}}$$

On note :

$$j = e^{\frac{i2\pi}{3}}. \text{ On a alors } \bar{j} = e^{\frac{i4\pi}{3}}. \text{ Ainsi } U_3 = [1, j, \bar{j}]$$

Les points images des éléments de  $U_3$  sont les sommets du triangle équilatéral ABC.



- Les racines 4-ièmes de l'unité sont les nombres complexes tels que  $z^4 = 1$ .

Dans ce cas on peut factoriser facilement pour déterminer les racines de l'unité :

$$z^4 = 1 \Leftrightarrow z^4 - 1 = 0 \Leftrightarrow (z^2 - 1)(z^2 + 1) = 0 \Leftrightarrow (z - 1)(z + 1)(z - i)(z + i) = 0$$

$$\text{Ainsi } U_4 = [1; i; -1; -i]$$

Les points images des éléments de  $U_4$  sont les sommets du carré ABCD.

