

Cours Euler: Corrigé 27

25 mars 2026

Exercice 1

(a) Deux vecteurs sont égaux si et seulement si leurs droites sous-jacentes sont parallèles, leurs sens sont les mêmes et leur longueurs égales.

(b) Les égalités suivantes sont vérifiées :

1) $\vec{f} = -\vec{g}$

2) $\vec{b} = -\vec{c}$

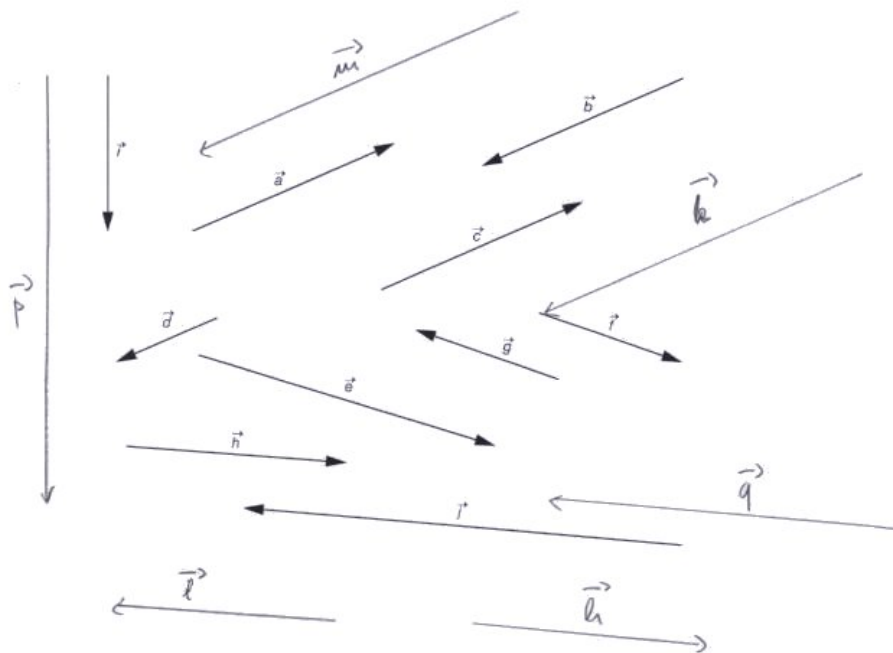
3) $\vec{a} = -2\vec{d}$

4) $\vec{c} = -2\vec{d}$

5) $2\vec{f} = \vec{e}$

6) $-2\vec{g} = \vec{e}$

(c)



Exercice 2

Composition.

Si la translation T est nulle, alors trivialement, la composée est une rotation, vu que c'est la rotation R . Supposons que T n'est pas nulle et soit $a \parallel b$. Soit O le centre de la rotation R . Soit c la parallèle

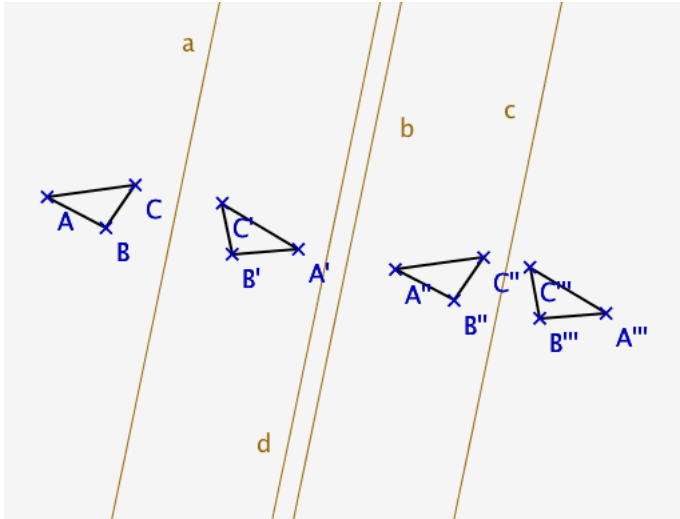
à b passant par O (si O est sur b , choisir $c = b$). Il existe une réflexion S_d telle que $R = S_d \circ S_c$. Il existe une réflexion S_e telle que $T = S_c \circ S_e$. Donc $R \circ T = S_d \circ S_c \circ S_c \circ S_e = S_d \circ S_e$. Comme $e \parallel c$, d coupe e . $R \circ T$ est donc une rotation ayant ce point d'intersection comme centre. Par le théorème de la transversale, elle forme le même angle avec e qu'avec d . $R \circ T$ est donc une rotation de même angle que R .

Une démonstration similaire peut se faire dans le cas où l'on considère $T \circ R$.

Exercice 3

Composition de trois symétries axiales.

1.



Il s'agit d'une réflexion. En effet, supposons que a , b et c sont trois droites de même direction. Considérons la composée $S_c \circ S_b \circ S_a$. Comme a et b sont de même direction, la composée $S_b \circ S_a$ est une translation (éventuellement nulle). Rappelons qu'on peut choisir arbitrairement le premier axe (ou le deuxième) d'une translation parmi les droites perpendiculaires à la direction de la translation (si la translation est nulle, c'est d'autant plus vrai : on peut choisir n'importe quelle droite), l'autre étant alors uniquement déterminée. Donc la translation $S_b \circ S_a$ peut s'écrire $S_c \circ S_d$ pour une certaine réflexion S_d d'axe d . Ainsi,

$$S_c \circ S_b \circ S_a = S_c \circ S_c \circ S_d = S_d$$

est une réflexion.

Pour trouver son axe d , on peut utiliser l'image A''' de A sous les trois symétries successives : il suffit de tracer la médiatrice de $[AA''']$, c'est la droite d . Alternativement, on translate la droite a par la translation qui transforme la droite b en la droite c .

2. Le cas de trois axes concourants a été traité dans la dernière série de géométrie du module précédent. Il se généralise à la situation où éventuellement deux ou trois des axes coïncident. Considérons $S_c \circ S_b \circ S_a$. L'isométrie $S_b \circ S_a$ est une rotation vu qu' a n'est pas parallèle à b (non nulle si les droites se coupent, nulle si les droites coïncident). Si elles se coupent en O , la droite c doit aussi passer par O . La rotation $S_b \circ S_a$ peut se récrire sous la forme $S_c \circ S_d$ où d passe par O . Si elles coïncident, la rotation nulle $S_b \circ S_a$ peut se récrire sous la forme $S_c \circ S_c$. Dans les deux cas, on a $S_c \circ S_b \circ S_a = S$ pour une certaine symétrie axiale S .

Comme dans le cas précédent, on obtient l'axe de la réflexion en déterminant la médiatrice de $[AA''']$ où A est un point quelconque et A''' son image sous les trois réflexions successives. Alternativement, on effectue sur la droite a la rotation qui transforme b en c .

3. C'est un renversement sans point fixe. L'illustration se trouve après le résultat théorique ci-dessous. Pour la justification, utilise le fait que la composée de trois réflexions est soit un renversement sans point fixe, soit une réflexion, et le résultat suivant qui a été énoncé dans la théorie. Dans notre cas, les trois axes ne sont pas de même direction vu que le troisième est perpendiculaire aux deux premiers. De plus, ils n'ont pas un point en commun car le troisième axe est perpendiculaire aux deux premiers qui sont parallèles. Le troisième axe coupe donc le premier et le deuxième axe en deux points distincts.

Proposition

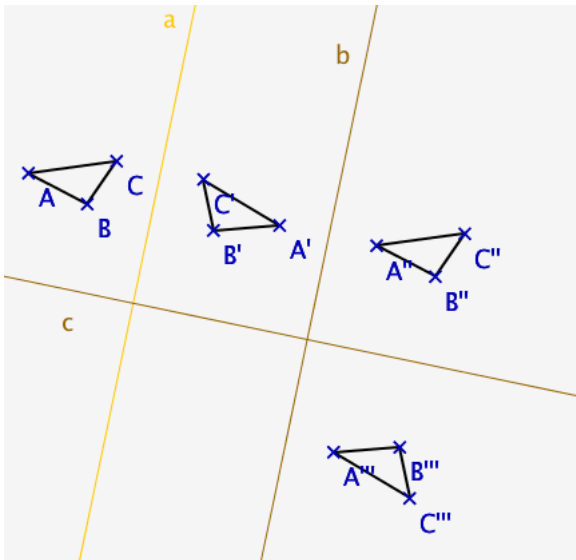
Pour n'importe quelles trois droites a, b, c du plan, la composée $S_c \circ S_b \circ S_a$ est une réflexion si et seulement si a, b, c ont un point en commun ou si elles sont de même direction.

Preuve

" \Rightarrow " : Supposons que $S_c \circ S_b \circ S_a$ soit égale à une réflexion S , c'est-à-dire $S_c \circ S_b \circ S_a = S$. On peut composer les deux côtés de cette expression par S_a pour obtenir $S_c \circ S_b = S \circ S_a$. Alors, on a donc trois cas :

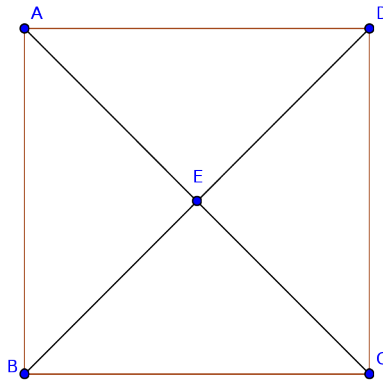
- $c = b$: donc a, b, c ont au moins un point commun ou sont de même direction.
- c et b se coupent : $S_c \circ S_b$ et $S \circ S_a$ étant deux rotations égales, elles ont le même centre, qui est l'intersection de leurs axes. Les droites a, b et c ont donc un point commun.
- c et b sont parallèles : comme $S_c \circ S_b$ et $S \circ S_a$ sont deux mêmes translations, leurs axes sont de même direction. On a donc que a, b et c sont de même direction.

" \Leftarrow " : Si a, b, c sont de même direction, alors nous avons déjà démontré en 1) que $S_c \circ S_b \circ S_a$ est une réflexion. Si a, b, c ont un point commun, alors nous avons déjà démontré en 2) que $S_c \circ S_b \circ S_a$ est une réflexion.

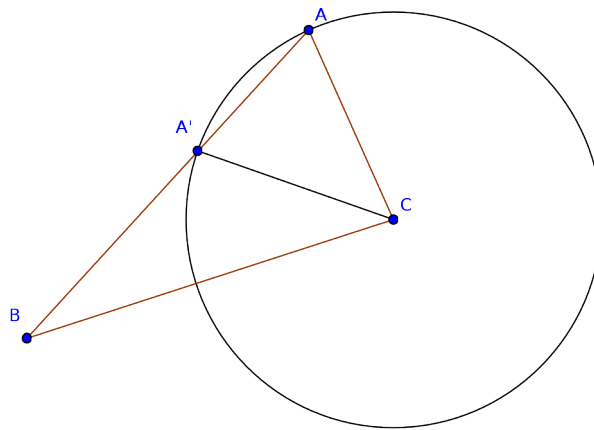


Exercice 4

1. Les triangles $\triangle ABC$ et $\triangle BCE$ de l'illustration suivante satisfont $\overline{BC} = \overline{BC}$, les angles \widehat{BAC} et \widehat{EBC} sont isométriques et les angles \widehat{BCA} et \widehat{ECB} sont isométriques, mais les deux triangles ne sont pas isométriques.



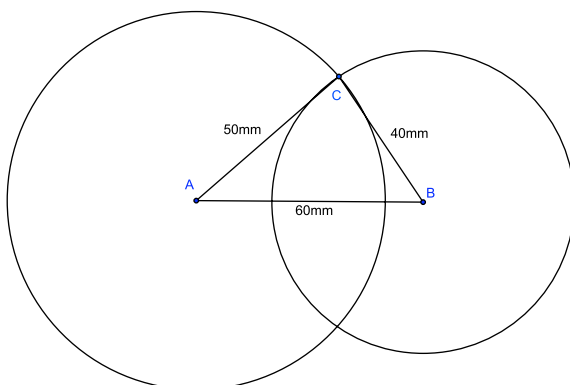
2. Les triangles $\triangle ABC$ et $\triangle A'BC$ de l'illustration suivante satisfont $\overline{AC} = \overline{A'C}$, $\overline{BC} = \overline{BC}$ et $\widehat{ABC} = \widehat{A'BC}$, mais les deux triangles ne sont pas isométriques.



Exercice 5

(1) On donne la marche à suivre pour le premier cas sous la forme demandée en général.

1. Tracer un segment $[AB]$ de longueur $60mm$.
2. Tracer un cercle Γ de centre A et de rayon $50mm$
3. Tracer un cercle Γ' de centre B et de rayon $40mm$.
4. Les deux cercles Γ et Γ' s'intersectent en deux points, on peut choisir un de ces deux points pour le sommet C .



- (2) Commencer par le segment le plus long, ensuite on se rend compte que les deux cercles de rayon $40mm$ et $30mm$ ne s'intersectent pas, un tel triangle n'existe donc pas. En général, pour qu'un triangle existe, il faut que la longueur de chacun des côtés sont inférieure ou égale à la somme des longueurs des deux autres côtés, ce qui n'est pas le cas ici.
- (3) Ce cas est similaire au premier.

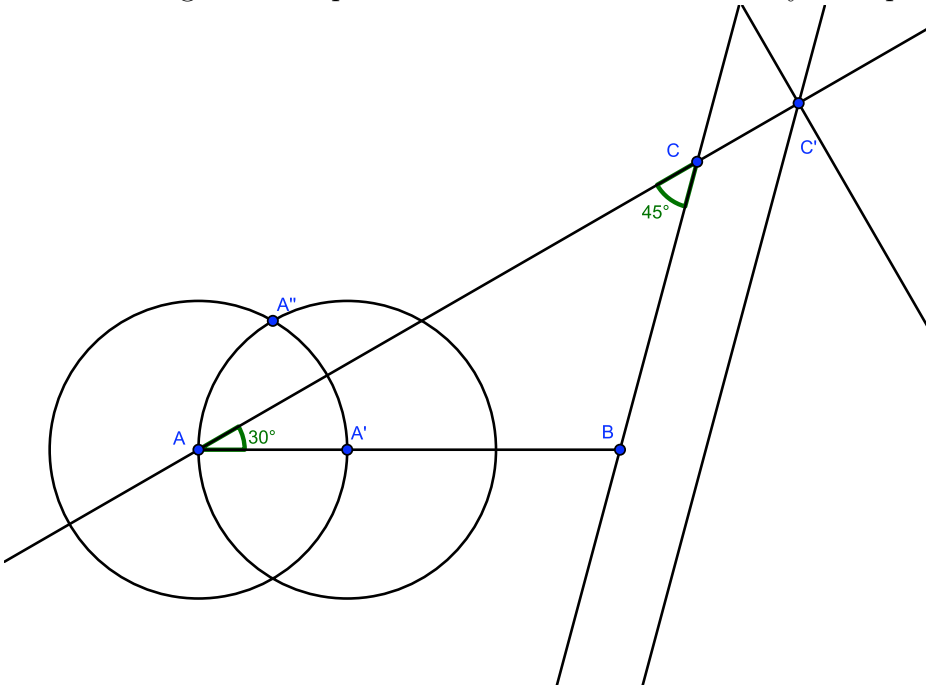
Exercice 6

Pour construire un angle de 30° en A , une façon est de construire un angle de 60° , et d'en prendre la bissectrice. Ce sont les points 2 et 3 ci-dessous qui expliquent comment obtenir un angle $\widehat{A'AA''}$ de 60° .

Marche à suivre :

1. Tracer le segment AB de longueur $85mm$.
2. Tracer un cercle Γ de centre A et de rayon quelconque, disons r , de telle sorte que ce cercle intersecte le segment AB en un point que nous nommons A' .
3. Tracer ensuite un cercle de même rayon r et de centre A' , ce cercle intersecte le premier cercle en un point A'' .
4. Construire la bissectrice b de l'angle $\widehat{A'AA''}$.
5. Construire la perpendiculaire à la droite b en un point C' quelconque.
6. Construire la bissectrice d de l'angle de 90° ainsi formé.
7. Tracer la parallèle c à d passant par B .
8. Le point C est alors déterminé par l'intersection de cette c et de la droite b .

La figure contient cette construction où les points 5, 6 et 7 permettent d'obtenir l'angle de 45° en C , L'autre triangle obtenu par la même construction serait symétrique par $[AB]$ et donc isométrique.



Ainsi, l'intuition à avoir concernant à la question posée "deux triangles ayant deux angles isométriques et un côté opposé à l'un de ces angles isométrique sont-ils isométriques?" est de remarquer qu'en faisant la construction, il y a deux choix possibles de triangles, et que ces deux triangles sont isométriques. Donc le résultat semble vrai, et pour s'en convaincre complètement, il reste à le prouver. Pour cela, considérons donc deux triangles ABC et $A'B'C'$ tels que AB et $A'B'$ sont isométriques et tels que les angles α (en A), γ (en C) sont respectivement isométriques à α' (en A'), γ' (en C').

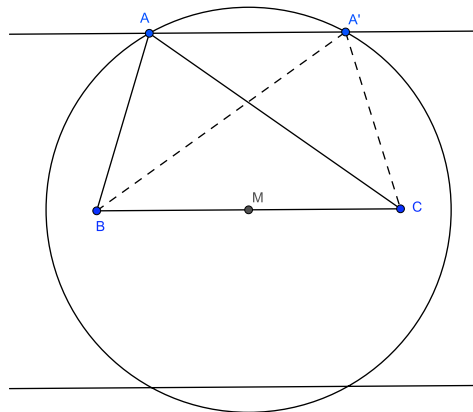
Alors comme la somme des angles dans un triangle vaut 180° , on connaît les angles β (en B) et β' (en B'), et on sait qu'ils sont isométriques. Alors on applique ensuite le premier cas d'isométrie des triangles et on a le résultat.

Exercice 7

Notons a l'hypoténuse égale dans les deux triangles, b la cathète égale et c_1 respectivement c_2 la cathète restante du premier respectivement du deuxième triangle. Par le théorème de Pythagore, comme le premier triangle est rectangle en A , on a que $b^2 + c_1^2 = a^2$, comme le second est aussi rectangle, on a que $b^2 + c_2^2 = a^2$. En égalant ces deux égalités on obtient que $c_1^2 = c_2^2$ et donc, comme c_1 et c_2 sont positifs, on a $c_1 = c_2$. Ainsi nos deux triangles sont dans le troisième cas d'isométrie des triangles.

Exercice 8

- (1) Traçons le segment $[BC]$ de longueur donnée. A l'aide du compas déterminons le point milieu de ce segment, appelons-le M . Traçons un cercle de centre M et de rayon g_A . Traçons les deux parallèles au segment $[BC]$ à une distance de h_A chacune du segment BC . Les quatre points d'intersection des deux parallèles avec le cercle sont autant de possibilités pour le point A .
- (2) Voici la construction :



- (3) La figure ci-dessus ne représente qu'une des deux parallèles possibles à la droite BC et à une distance h_A de BC . En fait, en notant A'' et A''' les points d'intersection de cette seconde parallèle avec le cercle, on obtient au total quatre triangles BCA , BCA' , BCA'' , BCA''' dont on veut montrer qu'ils sont isométriques. Pour prouver ce résultat, on utilise le fait que les triangles sont images l'un de l'autre soit par la symétrie axiale d'axe BC , soit par la symétrie axiale d'axe la médiatrice du segment BC , qui sont des isométries.

Exercice 9

- (a) L'axe de symétrie du triangle BAC est la droite b . L'image de B est C , et l'image de M est M . L'image de $[BM]$ est donc $[MC]$.

La longueur de $[BM]$ égale la longueur de $[MC]$, car la symétrie préserve les longueurs. La symétrie est une isométrie.

Conclusion : La symétrie b envoie B sur C . Or par le théorème de la médiatrice, il existe une unique symétrie qui envoie un point sur un autre, la médiatrice de ces deux points.

- (b) b est perpendiculaire à $[BC]$. **Conclusion :** Comme b est la perpendiculaire à $[BC]$ passant par A , alors $[AM]$ est la hauteur relative à $[BC]$.

(c) M est le milieu de $[CB]$. **Conclusion :** $[AM]$ est la médiane de relative à $[BC]$.

Exercice 10 (Optionnel)

Une pause logique. Aladin étant doté d'un bon esprit logique, il ressort une pièce de la caisse dont l'étiquette dit qu'elle contient un mélange d'or et de cuivre. Si elle est en or, il choisira cette caisse bien sûr (celle qui indique or sera donc celle du cuivre, la dernière qui indique cuivre contiendra un mélange). Si par contre la pièce est en cuivre, il choisira la caisse étiquetée "Cuivre", puisque celle qui indique "Or" contiendra alors le mélange de pièces. Un petit tableau peut aider à visualiser la solution.