

# Cours Euler: Corrigé 32

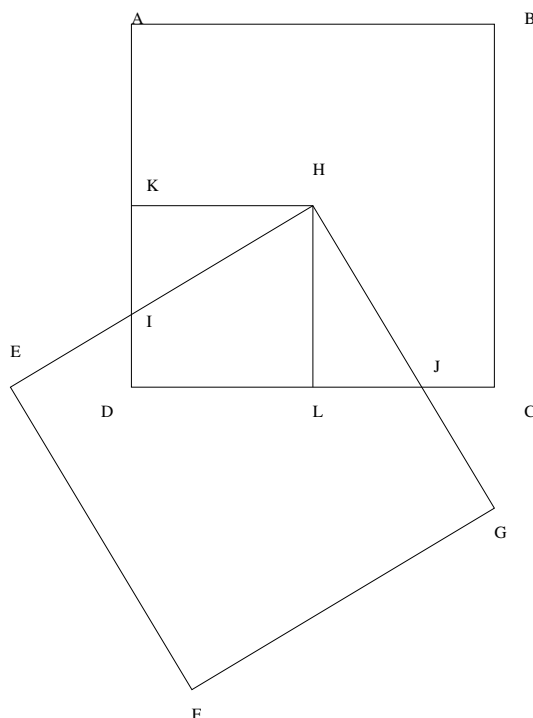
14 mai 2025

## Exercice 1

Le problème a la même solution lorsque le côté  $[EH]$  est plus long ou égal à la moitié de la diagonale du carré  $ABCD$ . Si ce n'était pas le cas, on aurait besoin de connaître le côté de  $EFGH$  et celui de  $ABCD$  pour résoudre le problème.

Remarquons que les triangles  $HKI$  et  $HLJ$  sont isométriques. En effet, on est dans le premier cas d'isométrie avec  $\overline{HK} = \overline{HL} = \frac{1}{2}\overline{AB}$ ,  $\angle HKI = \angle HLJ = 90^\circ$  et  $\angle KHI = \angle LHJ = 90^\circ - \angle IHL$ . Donc, par les axiomes de l'aire, l'aire du quadrilatère  $HIDJ$  est égale à l'aire de  $HLDK$ , c'est-à-dire le quart du carré  $ABCD$ .

La figure montre le cas où les deux carrés sont isométriques, mais le raisonnement reste valable en général, sous la condition expliquée ci-dessus.



Dans le cas où le côté du carré qui tourne vaut exactement la moitié de la diagonale du carré fixe, appelons  $a = \overline{AB}$ . La diagonale vaut donc, par Pythagore,  $\sqrt{a^2 + a^2} = \sqrt{2} \cdot a$ . Le carré qui tourne a donc  $\frac{\sqrt{2} \cdot a}{2}$  pour côté, si bien que l'aire grisée vaut toujours  $\frac{1}{2} \frac{\sqrt{2} \cdot a}{2} \cdot \frac{\sqrt{2} \cdot a}{2} = \frac{a^2}{4}$ .

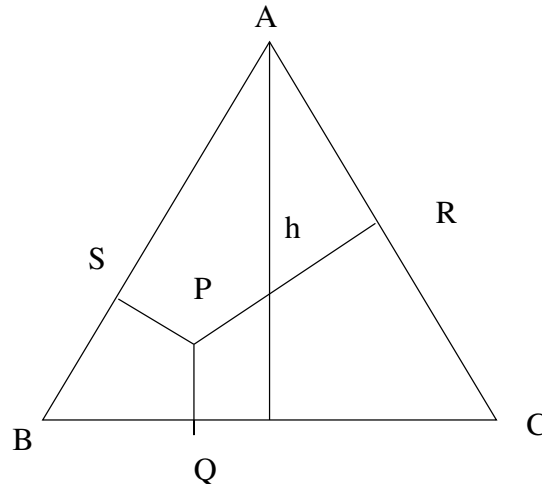
## Exercice 2

Soit  $P$  un point dans l'intérieur du triangle. Remarquons que pour que la longueur d'un fil de  $P$  vers un côté soit minimale, il faut que le fil soit tendu orthogonalement. Donc si on veut utiliser le moins

de fil possible, il faut au moins que les fils soient orthogonaux aux côtés. Notons  $O$  l'intersection de la perpendiculaire à  $BC$  passant par  $P$ ,  $S$  l'intersection de la perpendiculaire à  $AB$  passant par  $P$  et  $R$  l'intersection de la perpendiculaire à  $AC$  passant par  $P$ .

Ainsi, la réunion des triangles  $BPA$ ,  $APC$  et  $BPC$  est  $ABC$ , et les intérieurs de ces triangles sont disjoints. Donc la somme de leurs aires est égale à l'aire de  $ABC$ , par l'axiome (ii) de l'aire.

Notons aussi  $a$  la longueur du côté du triangle  $ABC$  ( $ABC$  est équilatéral). Notons aussi  $h$  la longueur de la hauteur de  $ABC$  issue de  $A$ .



Alors

$$\text{Aire}(ABC) = \frac{ah}{2} = \frac{a \cdot \overline{PS}}{2} + \frac{a \cdot \overline{PO}}{2} + \frac{a \cdot \overline{PR}}{2} = a \cdot \frac{\overline{PS} + \overline{PO} + \overline{PR}}{2}$$

Ainsi  $\overline{PS} + \overline{PO} + \overline{PR} = h$ . Donc le point  $P$  peut être placé n'importe où, la longueur de fil utilisé sera toujours la même.

### Exercice 3

1) **Cas où  $A'$  est entre  $B$  et  $C$ .** Ici

$$\begin{aligned} \text{Aire}ABC &\stackrel{(ii)}{=} \text{Aire}ABA' + \text{Aire}AA'C \stackrel{(\text{cas } 1)}{=} \frac{1}{2}\overline{AA'} \cdot \overline{BA'} + \frac{1}{2}\overline{AA'} \cdot \overline{A'C} \\ &= \frac{1}{2}\overline{AA'} \cdot (\overline{BA'} + \overline{A'C}) = \frac{1}{2}\overline{AA'} \cdot \overline{BC}, \text{ par l'axiome (D.4).} \end{aligned}$$

**Cas où  $A'$  est sur le prolongement de  $[BC]$ .** On traite le cas où  $A'$  n'est pas sur  $[BC]$ , l'autre cas se traitant de manière similaire. Utilisant à nouveau l'axiome (D.4), on a :

$$\begin{aligned} \text{Aire}(AA'C) &= \frac{1}{2}\overline{AA'} \cdot \overline{A'C} \\ &= \frac{1}{2}\overline{AA'} \cdot (\overline{A'B} + \overline{BC}) \\ &= \frac{1}{2}\overline{AA'} \cdot \overline{A'B} + \frac{1}{2}\overline{AA'} \cdot \overline{BC} \\ &= \text{Aire}(AA'B) + \frac{1}{2}\overline{AA'} \cdot \overline{BC} \end{aligned}$$

Mais  $\text{Aire}AA'C = \text{Aire}AA'B + \text{Aire}ABC$  par l'axiome (ii) de l'aire.

2) On applique simplement la formule «  $1/2 \times \text{base} \times \text{hauteur}$  ». L'aire du premier triangle vaut  $0,5 \cdot 3,1 \cdot 2,8 = 4,34$ . Celle du deuxième  $5 \cdot 2,4/2 = 6$  et celle du troisième  $1/2 \cdot 2,7 \cdot 3,7 = 4,995$ .

3) Ils ont tous la même aire. En effet, traçons la hauteur de  $ACB$  issue de  $A$ . Elle coupe  $BC$  en un point  $H$ . Alors

$$\text{Aire}ABC = \frac{1}{2} \overline{AH} \cdot \overline{BC}$$

De même traçons la hauteur de  $EBC$  issue de  $E$ . Elle coupe  $BC$  en un point  $I$ . Alors

$$\text{Aire}EBC = \frac{1}{2} \overline{EI} \cdot \overline{BC}$$

Et pour finir traçons la hauteur de  $DBC$  issue de  $D$ . Elle coupe  $BC$  en un point  $J$ . Alors

$$\text{Aire}DBC = \frac{1}{2} \overline{DJ} \cdot \overline{BC}$$

Remarquons que comme  $BC \parallel AE$  et comme  $D$  est un point de la droite  $AE$ , alors  $\overline{AH}$ ,  $\overline{EI}$  et  $\overline{DJ}$  sont tous les trois la distance de  $\overline{BC}$  à  $\overline{AE}$ , donc elles sont égales. Ainsi les aires des trois triangles sont égales.

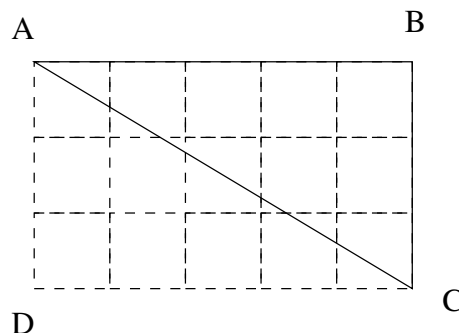
#### Exercice 4

Les polygones qui ont même aire sont :

- les parallélogrammes  $ABCD$  et  $BCEF$ , car ils ont la même base et la même hauteur ;
- les triangles  $ABF$  et  $CDE$ , car :
  - $AD = FE$  donc  $AF = DE$  ;
  - les hauteurs issues de  $B$  et de  $C$  sont isométriques ;
- les trapèzes  $ABGD$  et  $CEFG$ , car :
  - l'aire de  $ABGD$  résulte de la différence des aires de  $ABCD$  et  $BCG$  ;
  - l'aire de  $CEFG$  résulte de la différence des aires de  $BCEF$  et  $BCG$ .

#### Exercice 5

a) J'utiliserai l'astuce suivante ici :



On voit que l'aire du triangle  $ABC$  est la moitié que celle du rectangle  $ABCD$ . Comme l'aire de  $ABCD$  vaut 15 unités, alors celle de  $ABC$  vaut 7.5 unités (cela découle aussi de la formule pour l'aire du triangle).

|                  | fig. 1 | fig.2 | fig.3 |
|------------------|--------|-------|-------|
| Aire (en unités) | 6      | 8     | 12    |

- b) Ici l'aire d'un carré vaut deux unités. Donc on calcule comme avant l'aire des figures en prenant le carré comme unité, puis on multiplie par 2 pour obtenir l'aire dont l'unité est le triangle.

|                  | fig. 4 | fig. 5 | fig. 6 |
|------------------|--------|--------|--------|
| Aire (en unités) | 24     | 12     | 8      |

- c) Les figures 1 et 5 ont la même aire, car si l'unité est le carré, ils ont tous les deux une aire de 6 unités. Les figures 3 et 4 aussi ont la même aire (celle de 12 carrés).

### Exercice 6

**Construction.** On constate que les abscisses de  $B$  et  $C$  sont égales. Donc la droite  $BC$  est verticale (ie parallèle à l'axe  $y$ ). Donc la hauteur issue de  $A$  est horizontale. Ainsi l'aire du triangle  $ABC$  vaut

$$\text{Aire}(ABC) = \frac{(4 - (-2)) \cdot |5 - x|}{2} = 3|5 - x|$$

où  $|z|$  dénote la valeur absolue de  $z \in \mathbb{R}$ , ie si  $z$  est positif, alors  $|z| = z$  et si  $z$  est négatif, alors  $|z| = -z$ . Ainsi,  $|z|$  est toujours positif.

Le terme  $4 - (-2)$  dans l'équation est la longueur de la hauteur issue de  $A$ , et  $|5 - x|$  est la distance entre  $B$  et  $C$ .

a)

$$\text{Aire}(ABC) = 24 = 3|5 - x|$$

donc  $|5 - x| = 8$  et donc  $x = -3$  où  $x = 13$ .

b)

$$\text{Aire}(ABC) = 48 = 3|5 - x|$$

donc  $|5 - x| = 16$  et donc  $x = -11$  où  $x = 21$ .

- c) La distance entre deux points  $X(x, y)$  et  $X'(x', y')$  est donnée par

$$d(X, X') = \sqrt{(x - x')^2 + (y - y')^2}$$

donc

$$\begin{aligned} 24 = \text{Périmètre}(ABC) &= \underbrace{|5 - x|}_{\text{distance entre } C \text{ et } B} + \underbrace{\sqrt{(4 - (-2))^2 + (-3 - 5)^2}}_{\text{distance entre } A \text{ et } B} + \underbrace{\sqrt{(-2 - 4)^2 + (x - (-3))^2}}_{\text{distance entre } C \text{ et } A} \\ &= |5 - x| + 10 + \sqrt{x^2 + 6x + 45} \end{aligned}$$

Une solution de cette équation est  $x = -3$ .

## Exercice 7

## Constructions. (a)



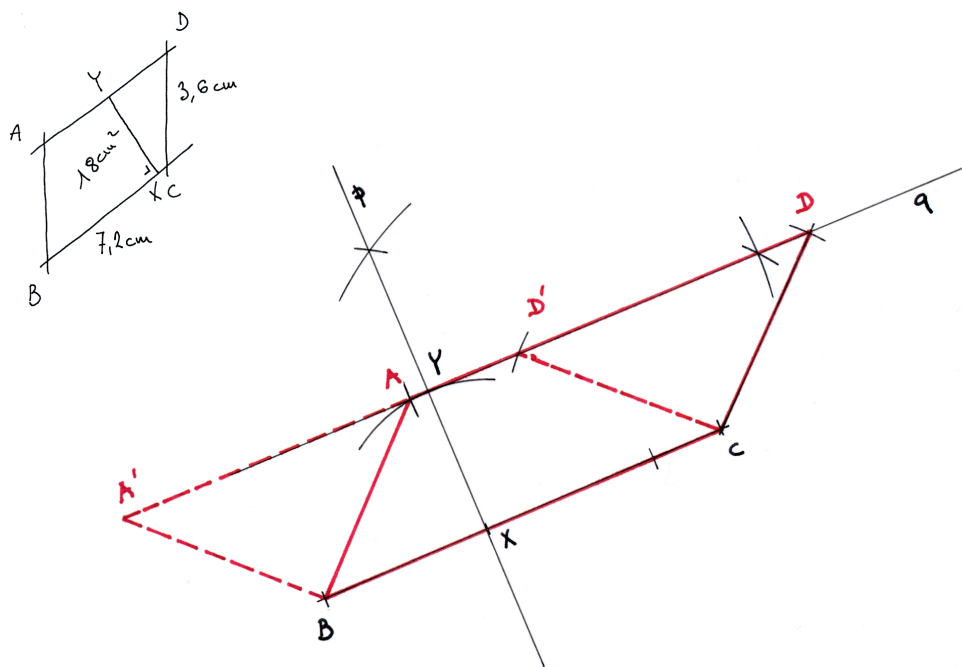
Corrigé

## 55. (suite)

b) Si l'aire du parallélogramme  $ABCD$  mesure  $18 \text{ cm}^2$  et le côté  $BC$   $7,2 \text{ cm}$ , la hauteur correspondante  $XY = 18 : 7,2 = 2,5 \text{ cm}$ .

- tracer  $BC = 7,2 \text{ cm}$ ;
- par un point  $X$  quelconque de  $BC$ , construire une perpendiculaire  $p$  à  $BC$ ;
- arc de cercle ( $X ; 2,5 \text{ cm}$ ) coupe  $p$  en  $Y$ ;
- construire une parallèle  $q$  à  $BC$  par  $Y$ ;
- arc de cercle ( $C ; 3,6 \text{ cm}$ ) coupe  $q$  en  $D$  et  $D'$ ;
- arc de cercle ( $D ; 7,2 \text{ cm}$ ) coupe  $q$  en  $A$ ;
- $ABCD$  est le parallélogramme cherché.

Il existe une seconde solution identique à la première à isométrie près, déterminée par les sommets  $A$ ,  $B$  et  $D'$ .



(b)



Corrigé

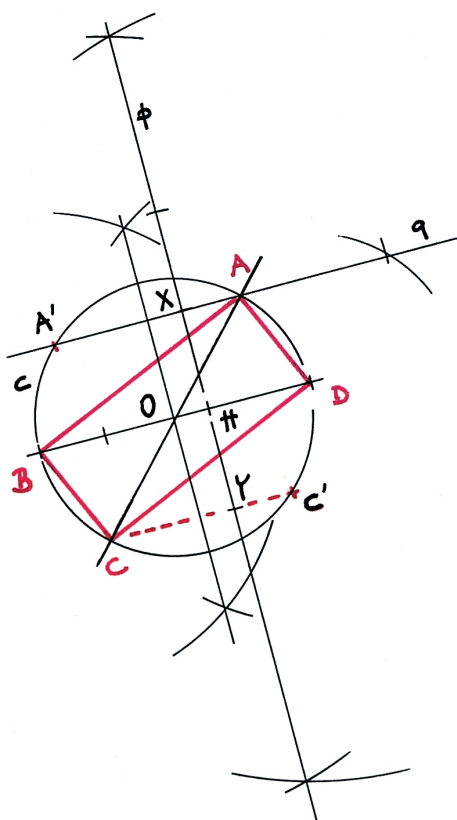
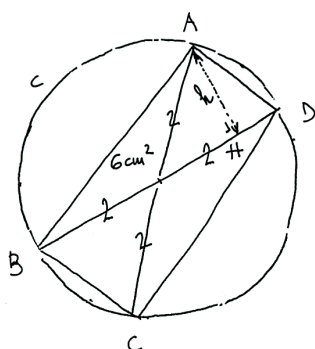
## 59. (suite 2)

c) Si l'aire du rectangle  $ABCD = 6 \text{ cm}^2$ , celle du triangle  $ABD = 3 \text{ cm}^2$ .

Si  $BD = 4 \text{ cm}$ , sa hauteur correspondante  $AH = \frac{2 \cdot 3}{4} = 1,5 \text{ cm}$ .

- tracer la diagonale  $BD = 4 \text{ cm}$ ;
- construire son point milieu  $O$ ;
- tracer le cercle  $c$  ( $O ; 2 \text{ cm}$ );
- placer un point  $H$  sur la diagonale  $BD$ ;
- construire une perpendiculaire  $p$  à  $BD$  qui passe par  $H$ ;
- arc de cercle ( $H ; 1,5 \text{ cm}$ ) coupe  $p$  en  $X$  et  $Y$ ;
- construire une parallèle  $q$  à  $BD$ , qui passe par  $X$ ;
- $q$  coupe  $c$  en  $A$  et  $A'$ ;
- la droite  $AO$  coupe  $c$  en le sommet  $C$ ;
- $ABCD$  est le rectangle cherché.

Il existe deux autres solutions identiques, à isométrie près, qui sont les rectangles que l'on peut obtenir en procédant de la même manière, à partir de  $Y$  et  $A'$ .



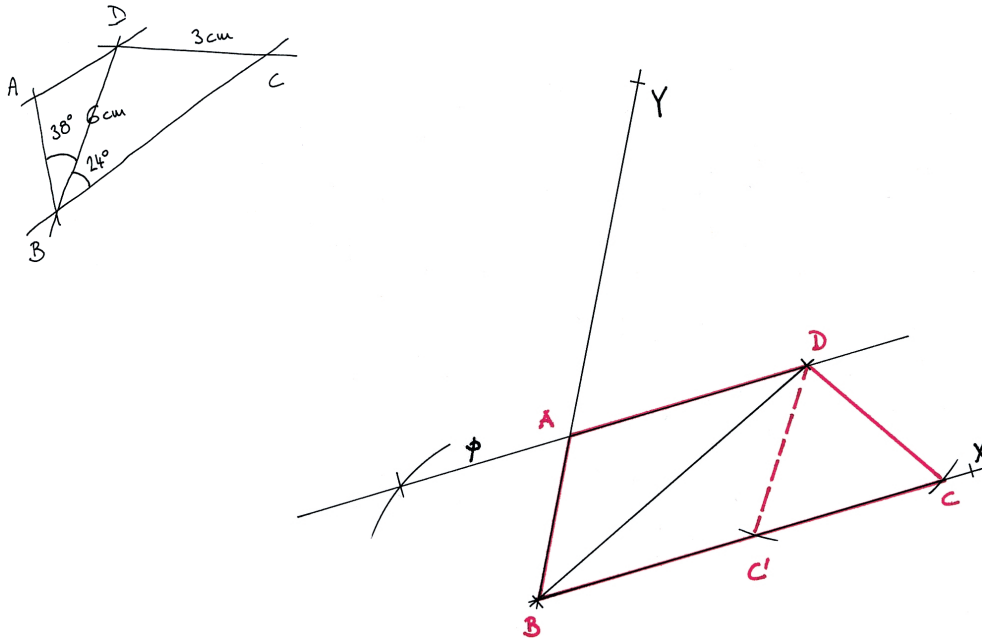
(c)



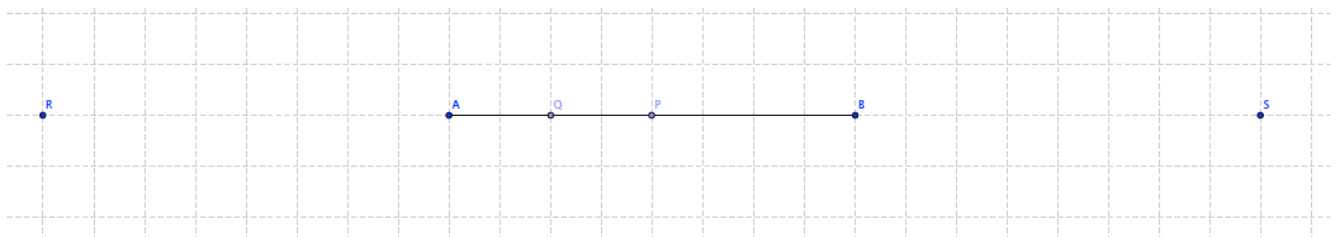
## 59. (suite 3)

- d) – tracer  $BD = 6\text{ cm}$  ;  
 – poser l'angle  $\widehat{DBX} = 24^\circ$  ;  
 – arc de cercle  $(D; 3\text{ cm})$  coupe  $AX$  en  $C$  et  $C'$  ;  
 – poser angle  $\widehat{DBY} = 38^\circ$  ;  
 – construire une parallèle  $p$  à  $BC$  par  $D$  ;  
 –  $p$  coupe  $BY$  en  $A$  ;  
 –  $ABCD$  est le trapèze cherché.

Il existe une seconde solution, le trapèze  $ABC'D$ .



(d) Pour que  $(AB, P) = -1$  il faut placer le point  $P$  à égale distance de  $A$  et  $B$  sur le segment  $[AB]$ . Pour que  $(AB, Q) = -1/3$  il faut que le point  $Q$  se trouve à 1 cm de  $A$  et 3 de  $B$ , sur le segment à nouveau puisque le rapport de section est négatif. Les deux autres points se trouvent en dehors du segment. Le premier point est plus proche de  $A$  que de  $B$  puisque  $(AB, R) = 1/2$  est plus petit que 1. Il suffit ici de placer  $R$  à 4 cm de  $A$  (et donc 8 de  $B$ ). Enfin le dernier point  $S$  vérifie  $(AB, S) = 2$  On le place donc à 4 cm à gauche de  $B$  et donc à 8 cm de  $A$  :



**Exercice 8**

L'aire du parallélogramme  $ABCD$  est égale à la hauteur multipliée par la base :  $3,6 \cdot 1,6 = 5,76$ .

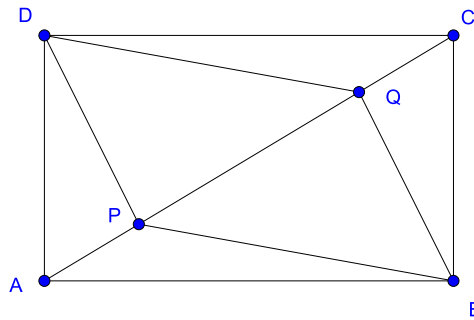
L'aire du trapèze  $FGHI$  se calcule avec la formule "moyenne des hauteurs  $\cdot$  base", c'est-à-dire  $2,8 \cdot \frac{2 + 2,8}{2} = 2,8 \cdot 2,4 = 6,72$ .

Enfin l'aire du losange  $JKLM$  est celle d'un rhomboïde. Il suffit de calculer la moitié du produit des diagonales :  $4 \cdot 2 \cdot \frac{1}{2} = 4$ .

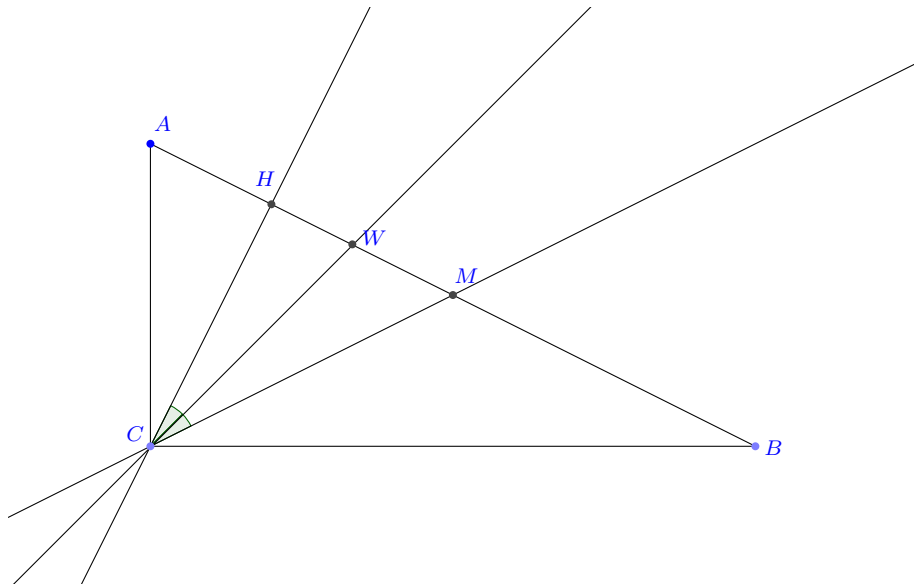
**Exercice 9**

**Vrai ou faux ?** Justifie ton raisonnement !

- 1) C'est vrai. Les diagonales partagent le parallélogramme en deux paires de triangles isométriques. Deux triangles non isométriques ont un côté isométrique et une hauteur commune.
- 2) C'est faux puisque  $7^2 + 7^2 \neq 10^2$ . On conclut par le Théorème de Pythagore.
- 3) C'est vrai puisque  $(\sqrt{8})^2 = 2^2 + 2^2$ . On conclut par la réciproque du Théorème de Pythagore.
- 4) C'est vrai. Rappelons qu'un quadrilatère simple est un parallélogramme si et seulement si ses côtés opposés sont isométriques. Nous allons montrer les deux égalités  $\overline{DP} = \overline{QB}$  et  $\overline{DQ} = \overline{PB}$  grâce aux cas d'isométrie des triangles. Considérons premièrement  $\triangle DAP$  et  $\triangle BCQ$ . Par construction  $\overline{AP} = \overline{CQ}$  et  $\overline{DA} = \overline{BC}$  car ce sont deux côtés opposés du rectangle. On a l'isométrie des angles  $\widehat{BCQ} = \widehat{DAP}$  car ils sont alternes-internes par rapport à deux parallèles. Ainsi, par le deuxième cas d'isométrie des triangles,  $\triangle DAP$  et  $\triangle BCQ$  sont isométriques et donc on a l'égalité  $\overline{DP} = \overline{QB}$ . Par le même raisonnement, en considérant  $\triangle APB$  et  $\triangle CQD$ , on a que  $\overline{DQ} = \overline{PB}$ . Ainsi le quadrilatère  $BPDQ$  est un parallélogramme.

**Exercice 10 (Optionnel)**

Le plus important à mon avis est de bien se représenter la situation et de faire un croquis de la situation pour pouvoir raisonner sur une figure d'étude (sans se laisser tromper par la figure, c'est-à-dire sans oublier de tout justifier).



Même s'il s'agit d'un problème classé dans la catégorie 'olympique', il me semble que tout est déjà clair ! En effet,  $C$  se trouve sur le cercle de Thalès de  $[AB]$ , si bien que le triangle  $\triangle CBM$  est isocèle en  $M$ . Ainsi les angles  $\beta = \widehat{ABC}$  et  $\widehat{BCM}$  sont isométriques. D'autre part les triangles  $\triangle AHC$  et  $\triangle ACB$  sont deux triangles rectangles *semblables*, ils ont un angle droit, ils ont un angle en commun (en  $A$ ) et donc les angles  $\widehat{ACH}$  et  $\beta$  sont isométriques par le Théorème de la somme des angles d'un triangle. Or, la bissectrice  $CW$  partage l'angle en  $C$  en deux angles isométriques  $\widehat{ACW}$  et  $\widehat{BCW}$ . Par conséquent, si l'on retranche  $\beta$  de chacun d'eux on conclut que  $\widehat{HCW}$  et  $\widehat{WCM}$  sont isométriques.