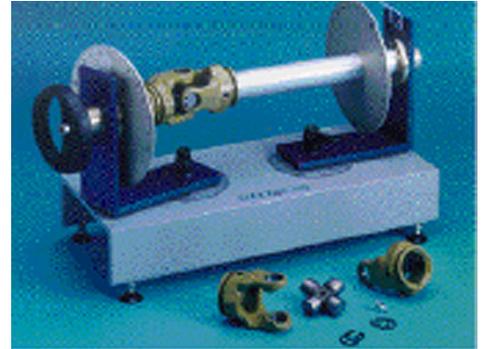
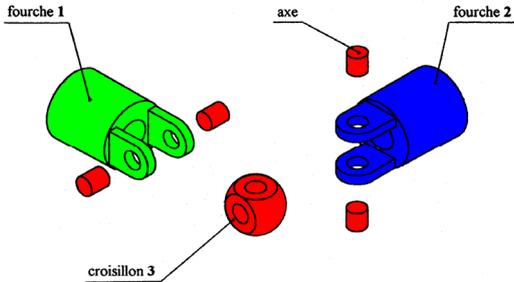
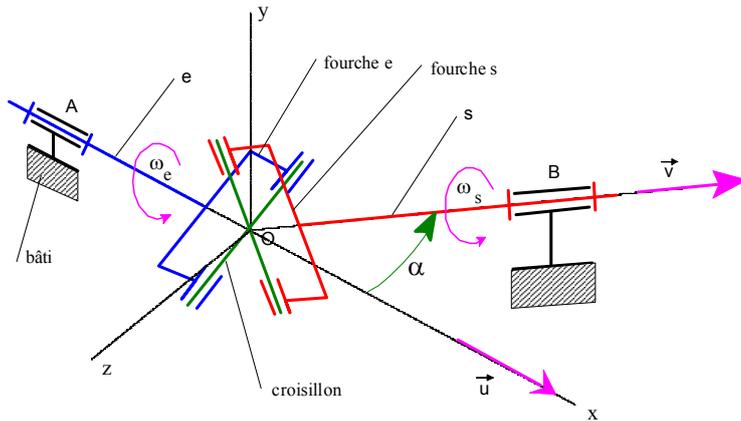


C'est au 16ème siècle que le mathématicien italien, Gerolamo Cardano, inventa le joint qui porte son nom. Mais ce n'est qu'au 20ème siècle qu'il fut utilisé pour transmettre une puissance entre deux arbres concourants, en particulier dans l'automobile avec l'adoption de la traction avant. Aujourd'hui ce joint n'est pas employé dans la transmission de la puissance aux roues des véhicules automobiles pour des raisons que nous allons voir dans ce TP. En revanche, il est très souvent utilisé pour la transmission entre les ponts sur les 4x4 ou sur les véhicules industriels.



## 1 ETUDE DU JOINT DE CARDAN SIMPLE

Pour réaliser cette étude on utilisera le banc présenté sur la photo ci-contre, avec un seul joint de cardan actif. L'angle  $\alpha$  est l'angle de brisure du joint. Cet angle est nul quand les deux arbres sont colinéaires.



Chacun de ces arbres se termine par une fourche en liaison pivot avec une pièce intermédiaire en forme de croix appelée croisillon.

-  Copier le fichier Excel nommé « Cardan » dans votre espace numérique de travail.
-  Effectuer le montage et les réglages afin que le banc soit monté avec un seul cardan et soit brisé d'un angle  $\alpha$  de  $30^\circ$ .
-  Faire faire un tour à l'arbre d'entrée avec un pas de  $15^\circ$ . Noter à l'aide des tambours gradués les angles de sortie  $\theta_s$ , les résultats seront reportés ci-dessous et sur la feuille de calcul « Cardan simple » du document Excel fourni.

$\theta_e$	$0^\circ$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$	$90^\circ$	$105^\circ$	$120^\circ$	$135^\circ$	$150^\circ$	$165^\circ$	
$\theta_s$													
$\theta_e$	$180^\circ$	$195^\circ$	$210^\circ$	$225^\circ$	$240^\circ$	$255^\circ$	$270^\circ$	$285^\circ$	$300^\circ$	$315^\circ$	$330^\circ$	$345^\circ$	$360^\circ$
$\theta_s$													

 Sur la feuille Excel nommée Document réponse se trace automatiquement un graphique montrant la courbe  $\theta_e - \theta_s$  en fonction de  $\theta_e$ . On peut voir que l'angle de sortie diffère de l'angle d'entrée, sinon  $\theta_e - \theta_s$  serait toujours nul.

**Q1.** Rechercher sur internet, par exemple sur [fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org), la définition de « homocinétique », et dire si la transmission avec un seul joint de cardan est homocinétique ou pas. Reporter votre réponse sur la feuille Excel document réponse.

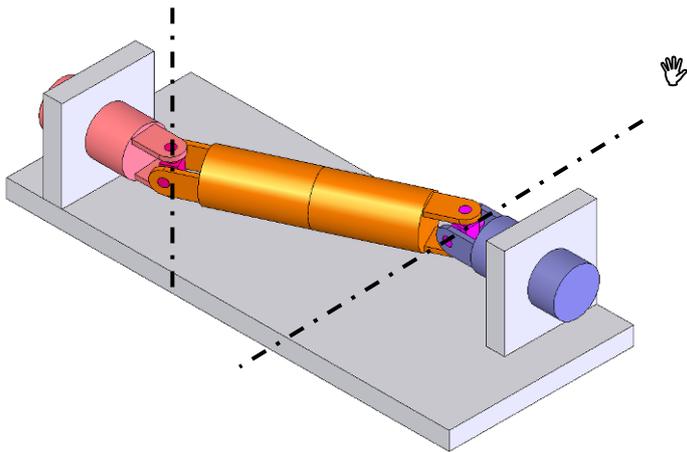
## 2 ETUDE DU JOINT DE CARDAN DOUBLE

### 2.1 Montage avec joints croisés à 90°



✎ Réaliser le montage des deux joints de cardan mis bout à bout de façon à ce que les fourches d'entrée des deux joints soient croisées à 90°, une clé 6 pans est fournie à cet effet. On pourra s'inspirer du dessin ci-dessous.

✎ Régler le banc de façon à ce que l'angle de brisure  $\alpha$  soit de 30° sur chaque joint et que les arbres de sortie et d'entrée soient parallèles.



✎ Faire faire un tour à l'arbre d'entrée avec un pas de 30°. Noter les angles de sortie  $\theta_s$ , les résultats seront reportés ci-dessous et sur la feuille de calcul « Cardan double - Arbres parallèles » du document Excel fourni.

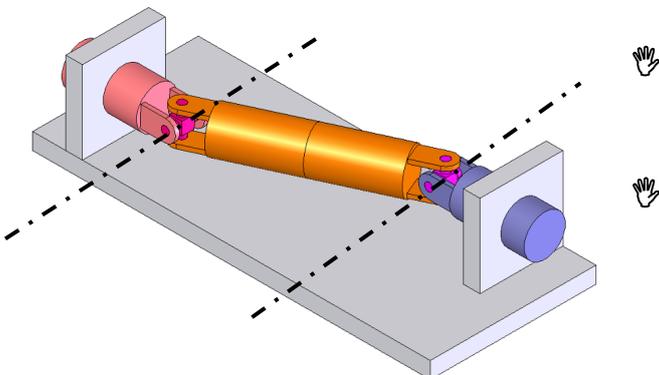
$\theta_e$	0°	30°	60°	90°	120°	150°	
$\theta_s$							
$\theta_e$	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
$\theta_s$							

✎ Sur la feuille Excel nommée Document réponse se trace automatiquement un graphique montrant la courbe  $\theta_e$ - $\theta_s$ . en fonction de  $\theta_e$ .

**Q2.** La transmission avec un double joint de cardan joints croisés est elle homocinétique ? Reporter votre réponse sur la feuille Excel document réponse.

### 2.2 Montage avec joints non croisés à 90°

✎ Réaliser le montage des deux joints de cardan mis bout à bout de façon à ce que les fourches d'entrée des deux joints ne soient pas croisées à 90°. On pourra s'inspirer du dessin ci-dessous.



✎ Régler le banc de façon à ce que l'angle de brisure  $\alpha$  soit de 30° sur chaque joint et que les arbres de sortie et d'entrée soient parallèles.

✎ Faire faire un tour à l'arbre d'entrée avec un pas de 30°. Noter à l'aide des tambours gradués les angles de sortie  $\theta_s$ , les résultats seront reportés ci-dessous et sur la feuille de calcul « Cardan double non croisé » du document Excel fourni.

$\theta_e$	0°	30°	60°	90°	120°	150°	
$\theta_s$							
$\theta_e$	180°	210°	240°	270°	300°	330°	360°
$\theta_s$							

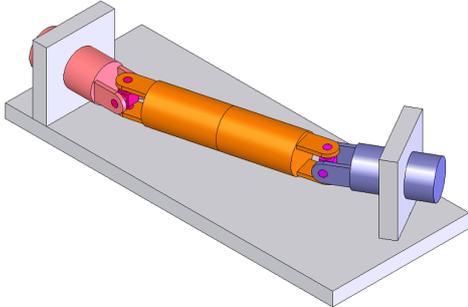
✎ Sur la feuille Excel nommée Document réponse se trace automatiquement un graphique montrant la courbe  $\theta_e$ - $\theta_s$ . en fonction de  $\theta_e$ .

**Q3.** Est il nécessaire de croiser les joints de cardan afin que la transmission soit homocinétique ? Reporter votre réponse sur la feuille Excel document réponse.

### 2.3 Arbres d'entrée et de sortie non parallèles

✎ Réaliser le montage des deux joints de cardan mis bout à bout de façon à ce que les fourches d'entrée des deux joints ne soient pas croisées à  $90^\circ$ .

✎ Régler le banc de façon à ce que l'angle de brisure  $\alpha$  soit de  $30^\circ$  sur chaque joint et que les arbres de sortie et d'entrée ne soient pas parallèles. On pourra s'inspirer du dessin ci-dessous.



$\theta_e$	$0^\circ$	$30^\circ$	$60^\circ$	$90^\circ$	$120^\circ$	$150^\circ$	
$\theta_s$							
$\theta_e$	$180^\circ$	$210^\circ$	$240^\circ$	$270^\circ$	$300^\circ$	$330^\circ$	$360^\circ$
$\theta_s$							

✎ Faire faire un tour à l'arbre d'entrée avec un pas de  $30^\circ$ . Noter à l'aide des tambours gradués les angles de sortie  $\theta_s$ , les résultats seront reportés ci-dessus et sur la feuille de calcul « Arbres non parallèles » du document Excel fourni.

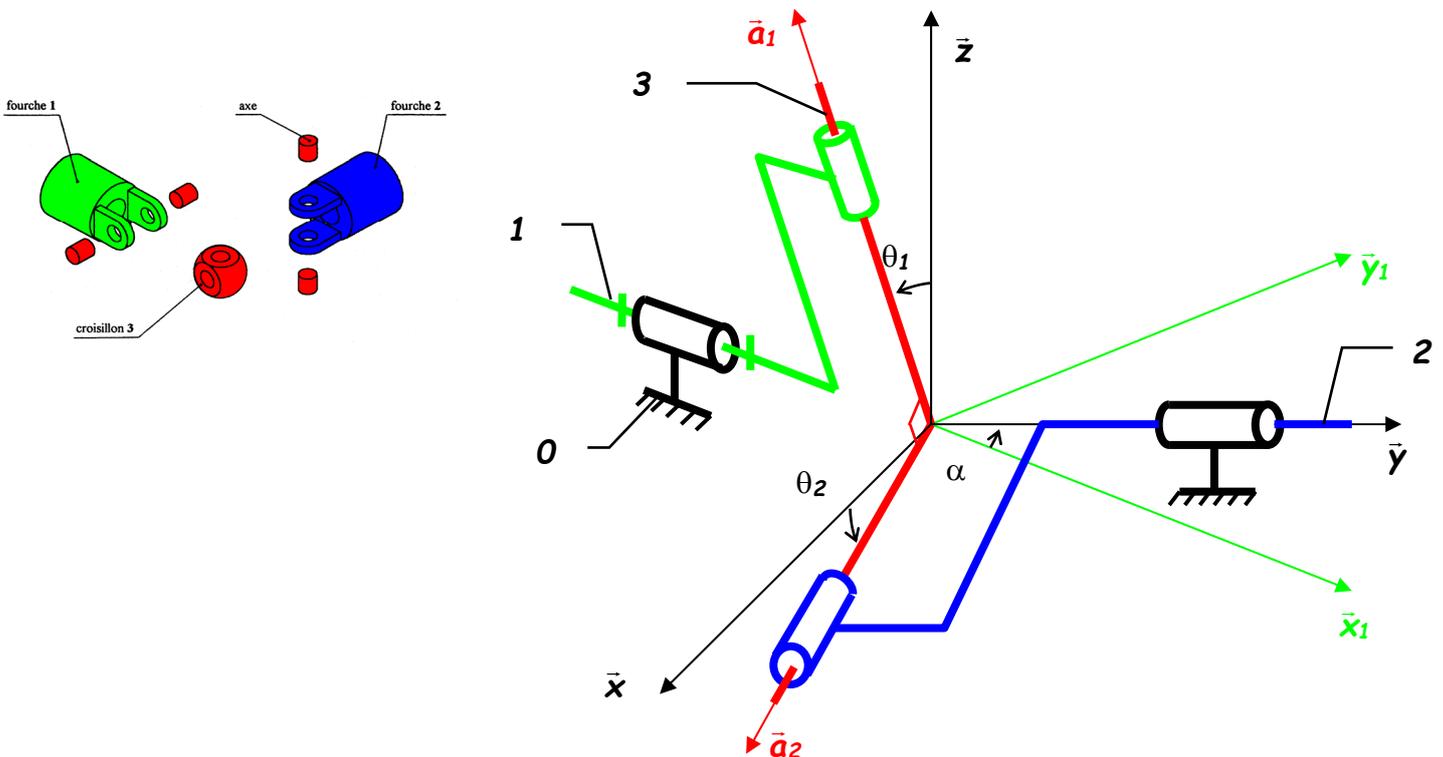
✎ Sur la feuille Excel nommée Document réponse se trace automatiquement un graphique montrant la courbe  $\theta_e - \theta_s$ . en fonction de  $\theta_e$ .

**Q4.** Est il nécessaire que les arbres d'entrée et de sortie soient parallèles pour que la transmission soit homocinétique ? Reporter votre réponse sur la feuille Excel document réponse.

**Q5.** Conclure sur les conditions de montage pour que une transmission de mouvement avec joint de cardan soit homocinétique. Quel entretien régulier nécessitent les joints de cardan ? Quel dispositif similaire au joint de cardan connaissez vous pour transmettre le mouvement aux roues d'automobile ?

Indiquer votre nom, votre classe sur la feuille excel et imprimer votre document.

### 3 DÉTERMINATION MATHÉMATIQUE DE LA LOI D'ENTREE-SORTIE



Le joint de Cardan est monté entre deux arbres 1 et 2, concourants en un point  $O$ , origine du repère  $R(O, \bar{x}, \bar{y}, \bar{z})$  lié à un bâti 0. L'axe  $(O, \bar{z})$  est perpendiculaire au plan déterminé par les deux arbres.

L'arbre 1, lié à la fourche 1, est en liaison pivot d'axe  $(O, \bar{x}_1)$  avec le bâti 0.

Le repère  $R_1(O, \bar{x}_1, \bar{y}_1, \bar{z})$  est tel que:  $(\bar{x}_1, \bar{y}) = \alpha$  (angle de brisure, inférieur à  $30^\circ$ ).

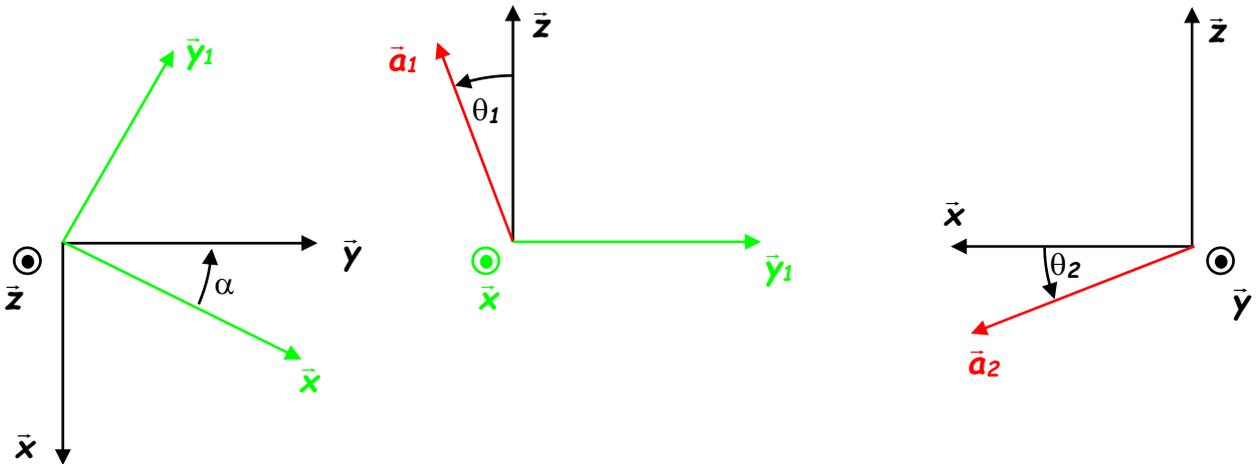
L'arbre 2, lié à la fourche 2, est en liaison pivot glissant d'axe  $(O, \bar{y})$  avec le bâti 0. Une liaison pivot glissant est nécessaire pour éviter le coincement du mécanisme.

Le croisillon 3, à axes perpendiculaires, est en liaison pivot glissant avec chacune des fourches 1 et 2, d'axes  $(O, \bar{a}_1)$  et  $(O, \bar{a}_2)$  respectivement.

L'axe  $(O, \bar{a}_1)$  est perpendiculaire à l'axe de rotation de l'arbre 1 et l'axe  $(O, \bar{a}_2)$  est perpendiculaire à l'axe de rotation de l'arbre 2.

On pose :  $\theta_1 = (\bar{z}, \bar{a}_1)$  et  $\theta_2 = (\bar{x}, \bar{a}_2)$

Au dos du document Excel rédiger vos réponses aux questions Q6 à Q8.



**Q6.** Déterminer les coordonnées du vecteur  $\bar{a}_1$  dans le repère R par projections successives basées sur les vues ci-dessus.

**Q7.** Déterminer les coordonnées du vecteur  $\bar{a}_2$  dans le repère R.

**Q8.**  $\bar{a}_1$  et  $\bar{a}_2$  (axes du croisillon) sont perpendiculaire donc  $\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_2 = 0$ . En développant cette relation  $\bar{a}_1 \cdot \bar{a}_2 = 0$ , démontrer que la relation entre  $\theta_1$  et  $\theta_2$  c'est à dire loi entrée/sortie est de la forme :

$$\tan \theta_2 = \cos \alpha \times \tan \theta_1$$

On rappelle le calcul des produits scalaires :

$$\vec{A} \begin{vmatrix} a \\ b \\ c \end{vmatrix} \text{ et } \vec{V} \begin{vmatrix} u \\ v \\ w \end{vmatrix} \text{ alors } \vec{A} \cdot \vec{V} = a \cdot u + b \cdot v + c \cdot w$$

#### 4 ETUDE DU JOINT DE CARDAN SIMPLE



#### 5 ETUDE DU JOINT DE CARDAN DOUBLE

##### 5.1 Montage avec joints croisés à 90°



##### 5.2 Arbres d'entrée et de sortie non parallèles



#### 6 ETUDE DU JOINT TRIPODE

