

Données : **Connaissances**

- schéma cinématique (minimal),
- trajectoires associées aux mouvements simples (rotation et translation) ou aux mouvements plans,
- vecteurs position, vitesse et accélération d'un point d'un solide,
- figures planes et projection par le produit scalaire,
- dérivation d'un vecteur en base tournante (formule de Bour) + produit vectoriel,
- formule du changement de point pour le vecteur vitesse d'un point d'un solide (formule de Varignon),
- rapport de transmission (train d'engrenages, pignon-crémaillère, vis-écrou, pignon-courroie...).

Savoir-faire**MODELISER**

- Proposer et justifier un modèle de liaison entre deux solides
- Proposer un schéma cinématique (plan ou 3D) minimal d'un mécanisme

RESOUDRE

- Déterminer la trajectoire d'un point d'un solide par rapport à un autre
- Déterminer la loi entrée-sortie d'une chaîne cinématique simple
- Déterminer le vecteur vitesse d'un point d'un solide par rapport à un autre
- Déterminer le vecteur accélération d'un point d'un solide par rapport à un autre
- Déterminer les relations de fermeture géométrique et cinématique d'une chaîne cinématique.

Prérequis (durée à prévoir : 1h)

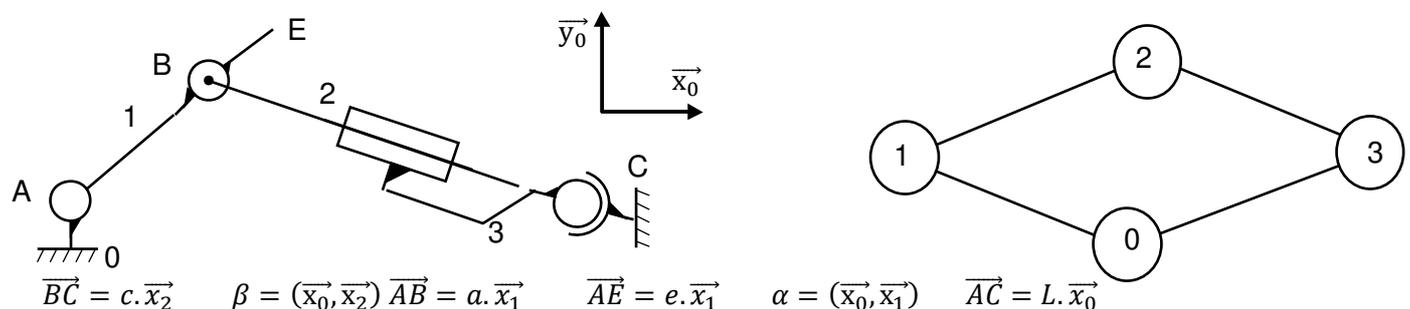
Avant de traiter cet exercice, il convient d'avoir réviser les connaissances cinématiques ainsi que les symboles cinématiques (mobilités associées ainsi que les caractéristiques du repère local)
 → prendre une feuille et être en mesure de restituer correctement l'ensemble des éléments (éventuellement, il peut être utile de faire une fiche personnelle).

1 Liaisons**durée prévisionnelle 20 min**

Lire ou compléter un schéma cinématique / Mouvements et trajectoires

 Course c du piston tel qu'en position rentrée $C'B'$: $B' \bullet \text{---} \bullet C'$

- 1) Compléter le graphe des liaisons en précisant les liaisons et la direction caractéristique du repère local.



Les nouvelles positions B' et E' des points B et E s'obtiennent lorsque le segment $[BC]$ du vérin atteint la longueur $[B'C']$ défini dans les données.

- 2) Tracer sur le schéma cinématique : les trajectoires $T_{B,1/0}$, $T_{B',2/0}$ et $T_{E,1/0}$ ainsi que les positions effectives des points B' et E' lorsque le piston 2 du vérin $\{2 ; 3\}$ est rentré.

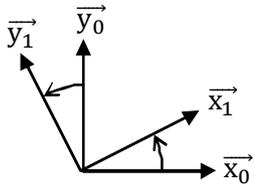
2 Cinématique analytique

durée prévisionnelle 1h

📖 Schéma cinématique du mécanisme + paramétrage de la 1^{ère} partie

2.1 Figures planes et opérations entre vecteurs de base

- 3) Compléter la figure plane en faisant apparaître les angles α et β .
- 4) Définir les expressions des vecteurs rotations, des produits scalaires et des produits vectoriels faisant éventuellement apparaître les angles α et β .



Vecteurs rotations $\vec{\Omega}_{1/0} =$ $\vec{\Omega}_{2/0} =$	Produits scalaires : $\vec{x}_1 \cdot \vec{x}_0 =$ $\vec{x}_0 \cdot \vec{x}_0 = \vec{x}_0 \cdot \vec{y}_0 =$ $\vec{x}_1 \cdot \vec{y}_0 =$ $\vec{y}_1 \cdot \vec{x}_0 =$	Produits vectoriels : $\vec{x}_1 \wedge \vec{x}_0 =$ $\vec{x}_0 \wedge \vec{x}_1 =$ $\vec{z}_0 \wedge \vec{x}_2 =$ $\vec{x}_2 \wedge \vec{z}_0 =$ $\vec{x}_1 \wedge \vec{y}_2 =$
--	--	---

2.2 Fermeture géométrique

⊕ Relation entre la course du vérin c et la position du bras α .

- 5) Ecrire la fermeture géométrique vectorielle (ABC).
- 6) Ecrire la projection sur \vec{x}_0 de la fermeture géométrique.
- 7) Ecrire la projection sur \vec{y}_0 de la fermeture géométrique.
- 8) Eliminer le paramètre β (on exprimera $\cos(\beta)$ et $\sin(\beta)$ à partir des 2 équations scalaires précédentes et on utilisera la formule trigonométrique $\cos^2(\beta) + \sin^2(\beta) = 1$).

2.3 Vitesses

2.3.1 Dérivation du vecteur position

- 9) Déterminer $\vec{V}_{B,2/0}$ à partir du vecteur position \vec{CB} de la partie 1.

2.3.2 Champs de vecteur vitesse dans un solide

- 10) Déterminer $\vec{V}_{E,1/0}$ à partir du vecteur vitesse $\vec{V}_{B,1/0}$.

2.3.3 Composition des vitesses

- 11) Déterminer $\vec{V}_{B,2/0}$ par composition des vitesses en fonction de $\vec{V}_{B,2/3} = -\dot{c} \cdot \vec{x}_2$.

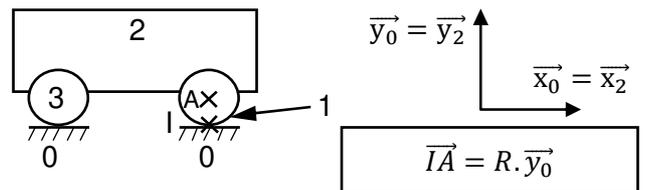
2.3.4 Roulement sans glissement

Le rapport de transmission s'écrit en :

- traduisant le roulement sans glissement en I : $\vec{V}_{I,1/0} = \vec{0}$
- faisant apparaître le véhicule 2 (par composition des vitesses)
- déterminant chacun des termes par la relation de Varignon (utilisation de la vitesse d'un point autre que le point I ici le point A).

Exemple : véhicule roulant sur le sol

📖 Paramétrage : $\vec{V}_{A,2/0} = V \cdot \vec{x}_0$ $\vec{\Omega}_{1/2} = \dot{\theta} \cdot \vec{z}_0$
 avec $\theta = (\vec{x}_1; \vec{x}_2)$



- 12) En partant de la condition de roulement sans glissement en I, déterminer la relation liant la vitesse du véhicule V et l'angle θ (en fait la relation doit faire apparaître V et $\dot{\theta}$).

3 Lecture de schéma cinématique : axe motorisé d'une machine

durée prévisionnelle 10min

Une architecture courante pour le pilotage d'un axe de machine est la suivante :

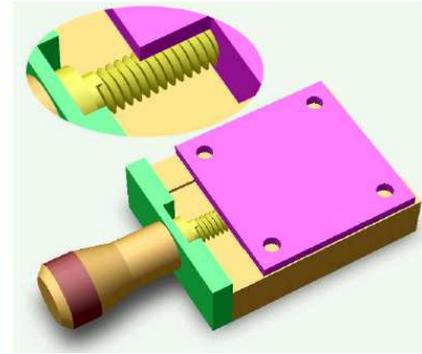
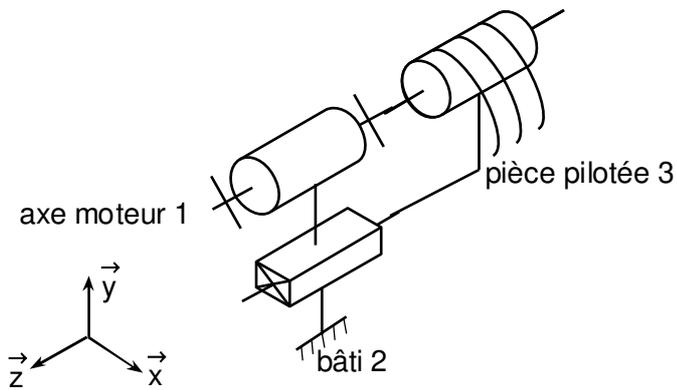


Figure 2 : Schéma cinématique d'un axe de machine

Mise en couleur du schéma cinématique

13) Repasser en couleur les traits du schéma cinématique perspectif ci-dessus, en utilisant une couleur différente pour chacun des ensembles cinématiques.

Graphe de liaison.

14) Tracer le graphe des liaisons de ce mécanisme en indiquant pour chacune des liaisons son nom et sa direction caractéristique (on pourra mettre en place sur le schéma cinématique les noms et la position des centres de liaison si nécessaire).

Cinématique de la pièce pilotée.

15) Quel est le mouvement de la pièce pilotée 3 par rapport au bâti 2 ?

4 Tracé d'un schéma cinématique

durée prévisionnelle 0h30

4.1 Pince domoticc

Graphe de liaison de la pince

16) Mettre en couleur le graphe de liaison en utilisant le code suivant :

- doigt 1 : bleu,
- doigt 2 : rouge,
- piston : vert,
- bâti : gris.

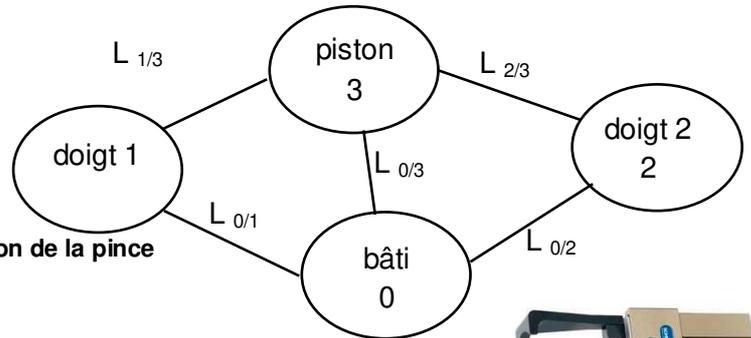


Figure 3 : Graphe de liaison de la pince Domoticc



Caractéristiques des liaisons

17) Pour chacune des liaisons, indiquer dans le tableau ci-après :

- les mobilités de la liaison,
- le symbole de la liaison dans le plan (A, \vec{y}, \vec{z}) perpendiculaire à \vec{x} (on utilisera les couleurs définies à la question précédente).

	nom de la liaison	orientation et position	mobilités	symbole dans l'orientation du schéma
$L_{0/1}$	liaison pivot	axe (A, x)		
$L_{0/3}$	liaison glissière	direction y (on centrera le symbole sur E)		
$L_{1/3}$	liaison linéaire rectiligne	normale (B, u) direction x		
$L_{2/3}$	liaison linéaire rectiligne	normale (C, v) direction x		
$L_{0/2}$	liaison pivot	axe (D, x)		

Schéma cinématique de la pince

18) Tracer le schéma cinématique (en couleur) de la pince domoticc.

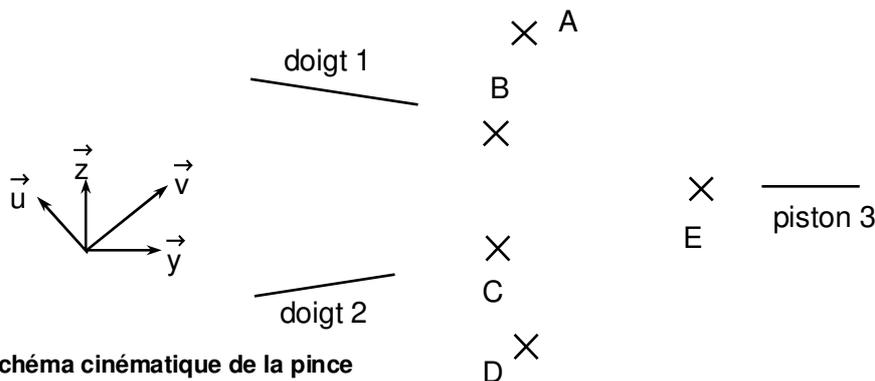


Figure 4 : Schéma cinématique de la pince Domoticc

Cinématique de la pince

19) Décrire le fonctionnement de la pince pneumatique en expliquant le mouvement des pièces.

4.2 Sécateur électronique

Présentation du système: le sécateur dont le graphe des liaisons est donné ci-dessous permet de couper notamment des branches de la végétation. Le mouvement de la lame est piloté par la rotation d'une vis motrice 5. Le mouvement de cette vis est contrôlé par un système électronique.

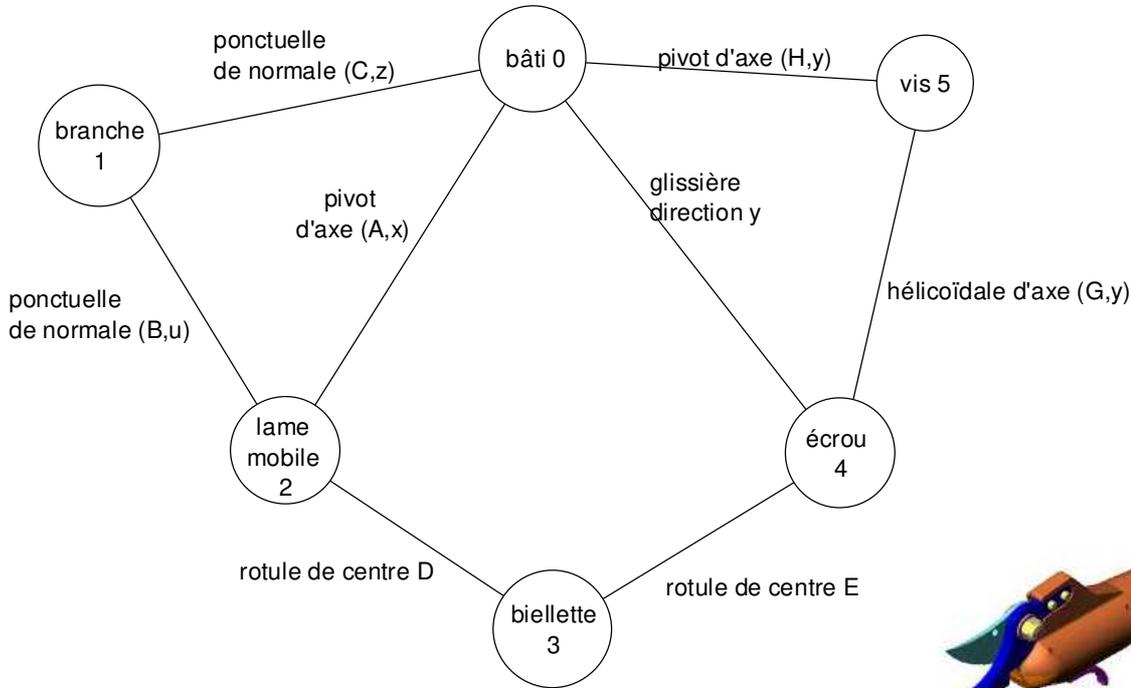
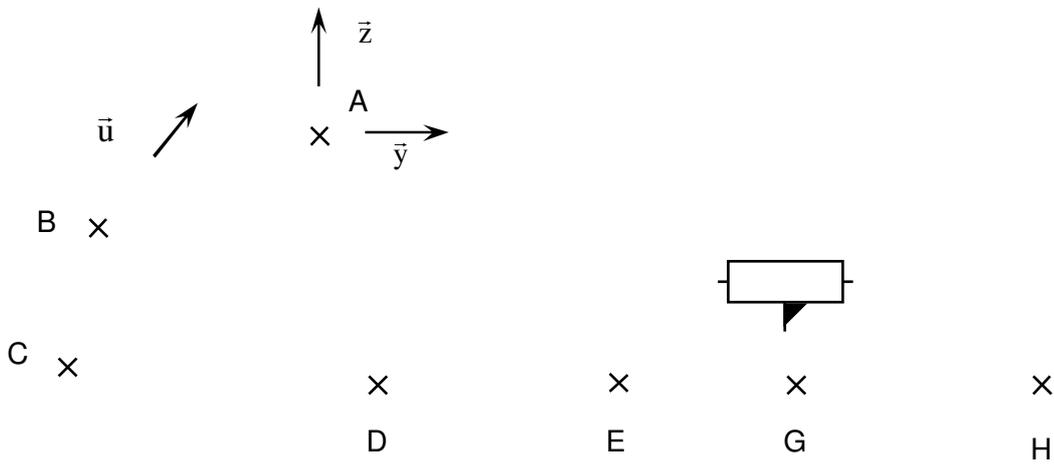


Figure 5 : graphe de liaison du sécateur électronique

Schéma cinématique

20) Tracer le schéma cinématique de ce mécanisme dans la position suivante (vous utiliserez des couleurs):



21) Expliquer la cinématique depuis le moteur qui entraîne la vis jusqu'à la lame mobile qui coupe la branche.