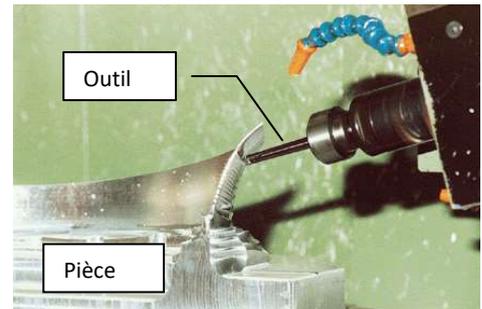


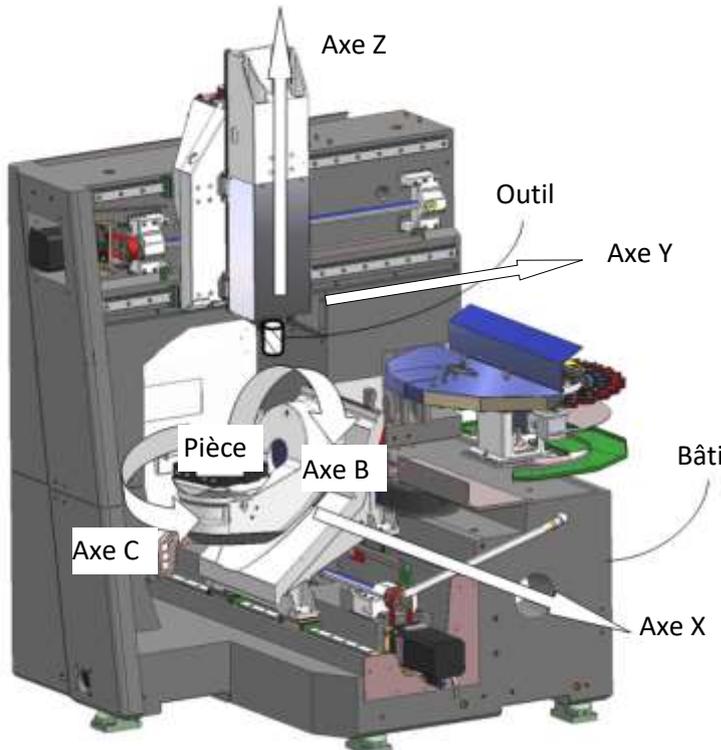
Etude d'un centre d'usinage grande vitesse 5 axes

(Inspiré du concours ATS GM 2006)

L'usinage est une opération de transformation d'un produit par enlèvement de matière. Cette opération est à la base de la fabrication de produits dans les industries mécaniques. On appelle le moyen de production associé à une opération d'usinage une machine outil ou un centre d'usinage. La génération d'une surface par enlèvement de matière est obtenue grâce à un outil muni d'au moins une arête coupante.



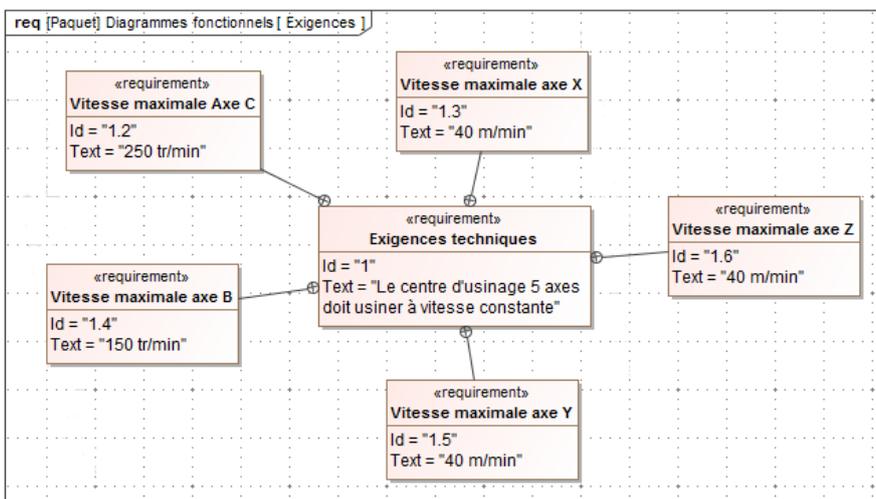
Les différentes formes de pièces sont obtenues par des translations et des rotations de l'outil par rapport à la pièce.



Exemple de pièce complexe obtenue par usinage

La figure ci-contre est un exemple de machine possédant 3 translations (X, Y et Z) et deux rotations (B et C). Une telle machine est appelée machine 5 axes (un axe est un ensemble qui gère un des mouvements élémentaire, translation ou rotation).

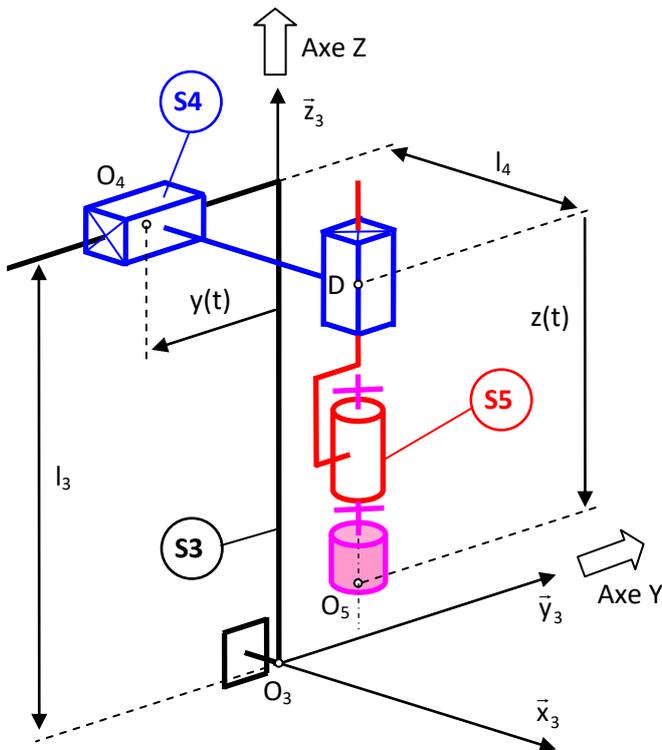
Sur cette machine, 2 axes sont utilisés pour mettre en mouvement l'outil par rapport au bâti (ce sont les translations Y et Z) et 3 axes sont utilisés pour mettre en mouvement la pièce par rapport au bâti (ce sont la translation X et les deux rotations B et C).



	Variable	Course
Axe X	$x(t)$	800mm
Axe Y	$y(t)$	600mm
Axe Z	$z(t)$	500mm
Axe B	$\theta_1(t)$	+30°/-110°
Axe C	$\theta_0(t)$	360°

L'objectif de cette étude est de déterminer les conditions cinématiques à imposer pour respecter le critère de qualité d'usinage du cahier des charges.

La chaîne cinématique pour déplacer l'outil par rapport au bâti est fournie sur la figure suivante.



Les solides S3, S4 et S5 sont associés aux repères suivants : $R_3(O_3, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$
 $R_4(O_4, \vec{x}_4 = \vec{x}_3, \vec{y}_4 = \vec{y}_3, \vec{z}_4 = \vec{z}_3)$
 $R_5(O_5, \vec{x}_5 = \vec{x}_3, \vec{y}_5 = \vec{y}_3, \vec{z}_5 = \vec{z}_3)$

On pose : $\vec{O_3O_4} = y \cdot \vec{y}_3 + l_3 \cdot \vec{z}_3$
 $\vec{O_4D} = l_4 \cdot \vec{x}_4$
 $\vec{DO_5} = z \cdot \vec{z}_5$

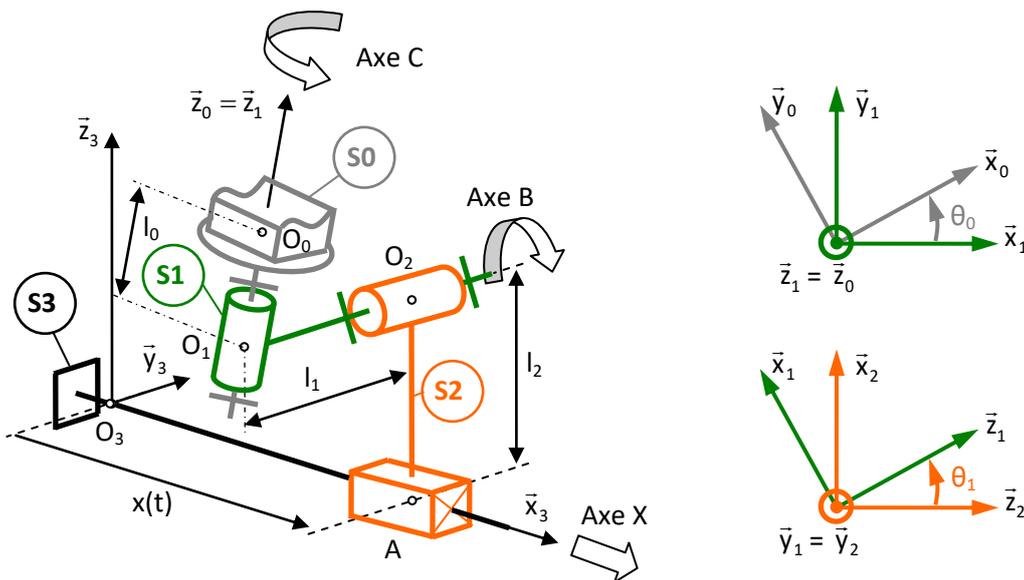
Q.1. Exprimer $\vec{O_3O_5}$ dans la base du référentiel R_3 .

Q.2. Définir et caractériser le lieu géométrique du point O_5 (extrémité de l'outil) dans son mouvement par rapport au repère R_3 , lorsque l'on commande les axes Y et Z.

Q.3. Donner l'expression de $\vec{V}_{O_5 \in S/3}$.

Q.4. Calculer la valeur maximale de la norme du vecteur vitesse $\|\vec{V}_{O_5 \in S/3}\|$.

La chaîne cinématique pour déplacer la pièce par rapport au bâti est fournie sur la figure suivante.



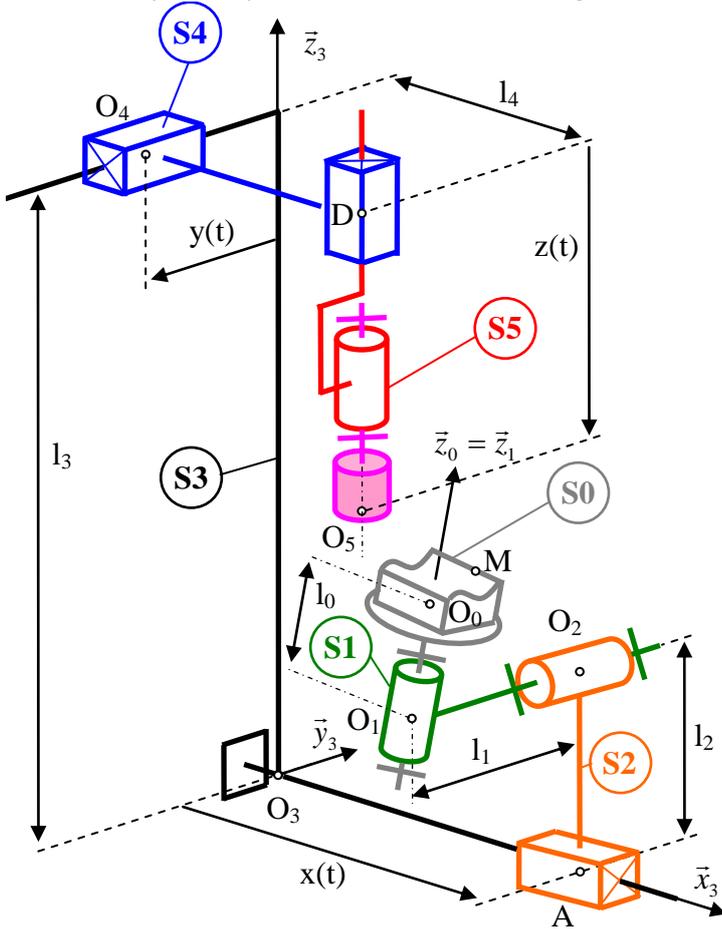
Les solides S3, S2, S1 et S0 sont associés aux repères suivants : $R_3(O_3, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$; $R_2(O_2, \vec{x}_2 = \vec{x}_3, \vec{y}_2 = \vec{y}_3, \vec{z}_2 = \vec{z}_3)$; $R_1(O_1, \vec{x}_1, \vec{y}_1 = \vec{y}_2, \vec{z}_1)$ et $R_0(O_0, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0 = \vec{z}_1)$
 On pose : $\vec{O_3A} = x \cdot \vec{x}_3$; $\vec{AO_2} = l_2 \cdot \vec{z}_3$; $\vec{O_2O_1} = -l_1 \cdot \vec{y}_3$; $\vec{O_1O_0} = l_0 \cdot \vec{z}_1$

Q.5. Caractériser le lieu géométrique du point O_0 dans son mouvement par rapport au repère R_3 lorsque l'on commande les axes X, B et C.

Q.6. Déterminer l'expression de $\vec{V}_{O_0 \in 0/3}$.

Q.7. Déterminer la valeur maximale de la norme de cette vitesse si $l_0 = 0,1m$ et $\dot{x} = 0$.

La cinématique complète de la machine d'usinage est donnée sur la figure suivante.



La surface usinée est définie comme un ensemble de points M de coordonnées (x_M, y_M, z_M) dans le repère R_0 .

Q.8. Réaliser le graphe des liaisons du système complet.

Q.9. Déterminer $\overrightarrow{\Omega}_{S0/R3}$ dans la base du référentiel R_1 .

On note $\overrightarrow{V}_{M \in O/3} = v_{x_M} \cdot \vec{x}_3 + v_{y_M} \cdot \vec{y}_3 + v_{z_M} \cdot \vec{z}_3$

Q.10. Déterminer v_{y_M} , c'est à dire la projection de $\overrightarrow{V}_{M \in O/3}$ sur l'axe \vec{y}_3 .

Q.11. Déterminer une relation entre $\overrightarrow{V}_{O_5 \in 5/0}$, $\overrightarrow{V}_{O_5 \in 5/3}$, $\overrightarrow{V}_{M \in O/3}$ et $\overrightarrow{\Omega}_{S0/R3}$.

Q.12. Le point O_5 doit se déplacer sur la surface usinée des points M . En déduire une simplification de l'équation de la question précédente.

Q.13. Déterminer la contrainte cinématique à appliquer sur v_{x_M} , v_{y_M} , v_{z_M} , \dot{y} et \dot{z} pour assurer le critère de qualité d'usinage du cahier des charges.

Robot de peinture

On étudie un robot de peinture de voiture. Ce robot se déplace par rapport à une carrosserie de voiture, et projette dessus de la peinture. L'objectif est de déterminer les lois du mouvement du robot, pour lui permettre de vérifier le critère de vitesse de déplacement relatif (entre le robot et la carrosserie de voiture) du cahier des charges.



Exigences techniques	Critère	Niveau
1.7	Vitesse de déplacement relatif	Vitesse constante

La modélisation cinématique du robot est donnée sur la figure suivante :

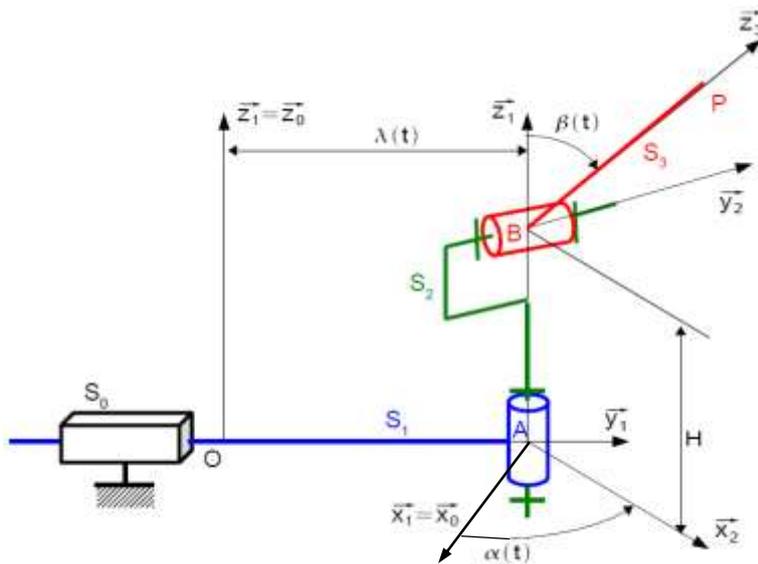
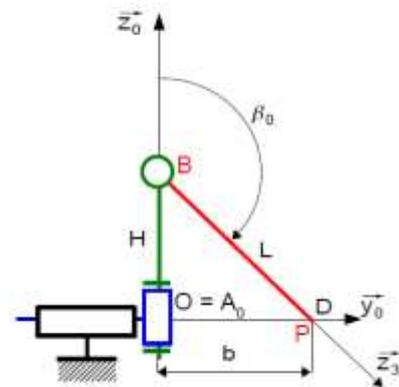


Schéma cinématique du robot



Position médiane (P est en D)

Le chariot S_1 , auquel on associe le repère $R_1(A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$, est en mouvement de translation de direction \vec{y}_0 par rapport au bâti S_0 , de repère $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$. Le corps S_2 , auquel on associe le repère $R_2(A, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$, est en mouvement de rotation autour de l'axe (B, \vec{z}_0) avec le chariot S_1 . Le bras S_3 , auquel on associe le repère $R_3(B, \vec{x}_3, \vec{y}_3, \vec{z}_3)$, est en mouvement de rotation autour de l'axe (B, \vec{y}_2) avec le corps S_2 .

Q.1. Construire les figures planes de repérage/paramétrage puis exprimer les vecteurs vitesse instantanée de rotation $\vec{\Omega}_{1/0}$, $\vec{\Omega}_{2/1}$, $\vec{\Omega}_{3/2}$.

Q.2. Déterminer $\vec{V}_{A,1/0}$, $\vec{V}_{B,2/0}$ et $\vec{V}_{P,3/0}$.

On désire que P décrive la droite (D, \vec{x}_0) à vitesse constante, conformément au cahier des charges. On a $\vec{OD} = b \cdot \vec{y}_0$ avec $b = \sqrt{(L^2 - H^2)}$.

Q.5. Représenter le robot en position extrême (lorsque A est en D).

Q.6. Traduire, à l'aide de l'expression de $\vec{V}_{P,3/0}$ exprimé dans le repère R_0 , le fait que P se déplace à la vitesse V selon \vec{x}_0 .

Q.7. En constatant que $\dot{\beta} = 0$, exprimer alors $\dot{\lambda}$ et $\dot{\alpha}$ en fonction de L, V, α et β_0 .

Q.8. A l'aide de la figure précédente, exprimer β_0 en fonction de b et L.

Q.9. Exprimer $\dot{\lambda}$ et $\dot{\alpha}$ en fonction de V, b et α .