

Exercice 1- Ecluse de Canal

extrait EPITA 1999

Corrig page 11

Une écluse (figure 1.1) permet à un bateau de franchir un dénivelé.

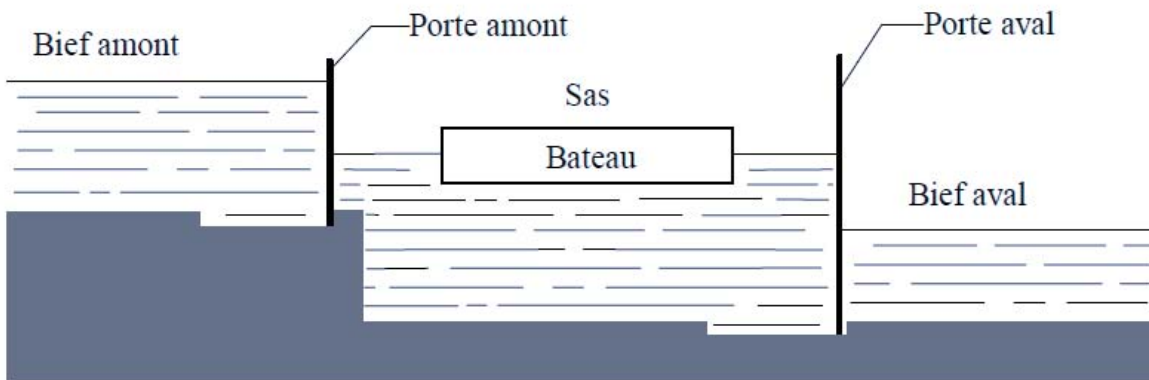


FIGURE 1.1 – Écluse de canal

A. Mécanique

Chaque porte est constituée de deux vantaux. La figure 1.2 représente un vantail et le vérin qui le met en mouvement.

Le vantail (v) de largeur L et de hauteur H repose à sa partie basse sur une « crapaudine » modélisée par une liaison rotule. Il est maintenu à sa partie haute par un « étrier » modélisé par une liaison linéaire-annulaire. Il est ainsi globalement en liaison pivot d'axe vertical avec le « bajoyer » (les murs).

La liaison du corps (c) du vérin avec le bajoyer (b) est de type « cardan » : le corps est en liaison pivot d'axe horizontal avec le joint (j) qui est lui-même en liaison pivot d'axe vertical avec le bajoyer.

La tige (t) du vérin est en liaison rotule avec le vantail et en liaison pivot-glissant avec le corps.

A.1. Chaîne de solides

Q1. Tracer le graphe des liaisons du mécanisme complet constituée par le bajoyer, le joint de cardan, le corps du vérin, la tige du vérin et le vantail.

Q2. Liaisons équivalentes

Q2a. Montrer que la liaison équivalente entre le vantail et le bajoyer est une liaison pivot.

Q2b. Déterminer la liaison équivalente entre le corps et le bajoyer.

Q3. Tracer le schéma cinématique minimal.

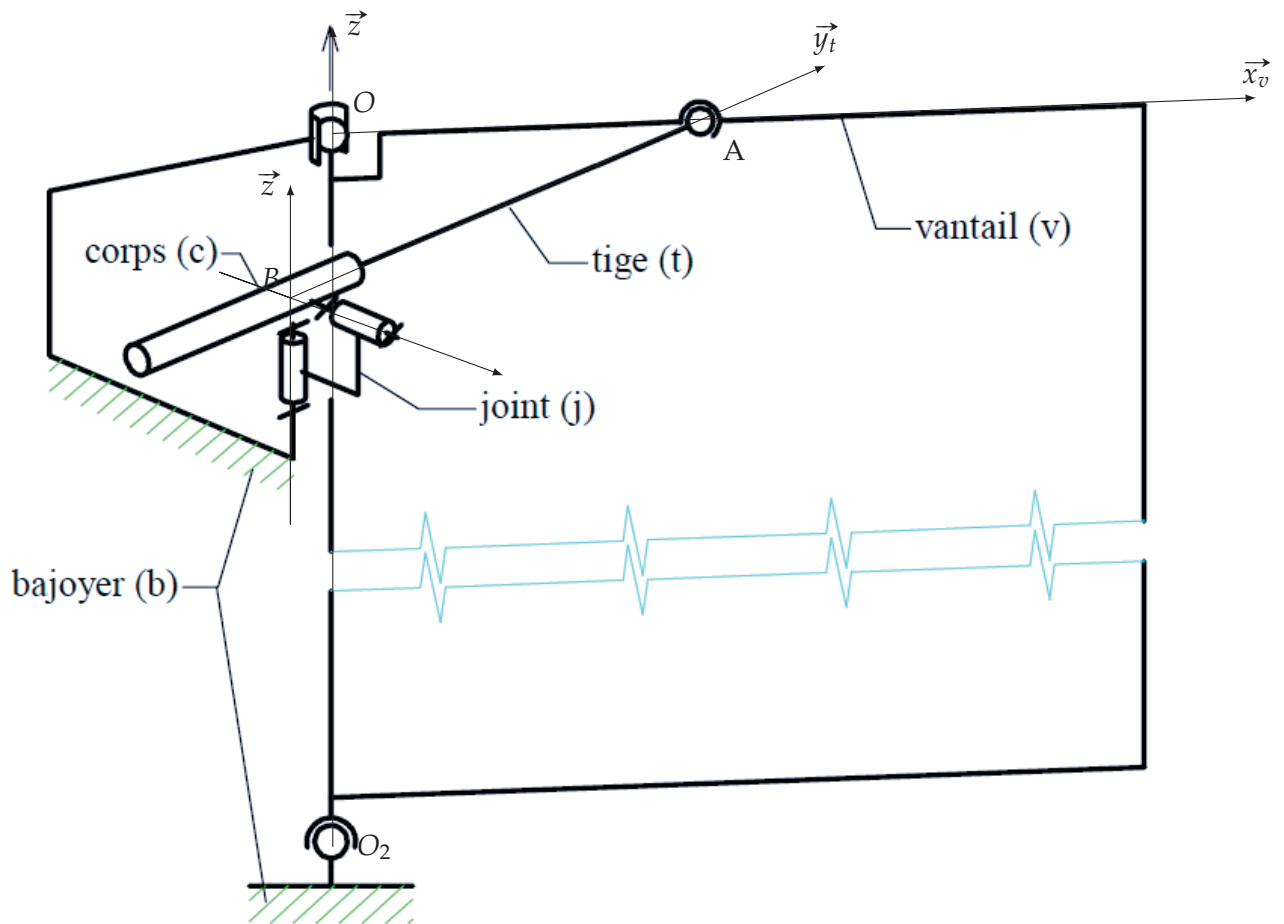


FIGURE 1.2 – Modèle cinématique

Q4. À partir du schéma cinématique de la figure 1.2, déterminer le degré de mobilité et d'hyperstaticité, pour cela :

Q4a. Préciser les inconnues cinématiques et statique de chaque liaison

Q4b. Évaluer le degré de mobilité du mécanisme complet, vous préciserez les mobilités utiles et internes.

Q4c. En déduire le degré d'hyperstaticité.

Q5. Peut-on supprimer le joint et ne garder entre le bajoyer et le corps une liaison pivot d'axe (B, \vec{z}) et conserver la mobilité utile? Quel est alors le degré de mobilité et le degré d'hyperstaticité? Tracer le schéma cinématique modifié.

Q6. Peut-on remplacer la liaison pivot glissant par une glissière? Quel est alors le degré de mobilité et le degré d'hyperstaticité? Tracer le schéma cinématique modifié.

Q7. Peut-on remplacer la liaison Sphérique en A par une liaison pivot d'axe (A, \vec{z}) . Quel est alors le degré de mobilité et le degré d'hyperstaticité? Tracer le schéma cinématique modifié.

Q8. Justifier alors la solution technologique retenue pour la cinématique de la porte.

Devoir 2- Changeur d'outil

adapté du concours mines X-ENS 98

Corrigé page 11

A. Présentation Générale

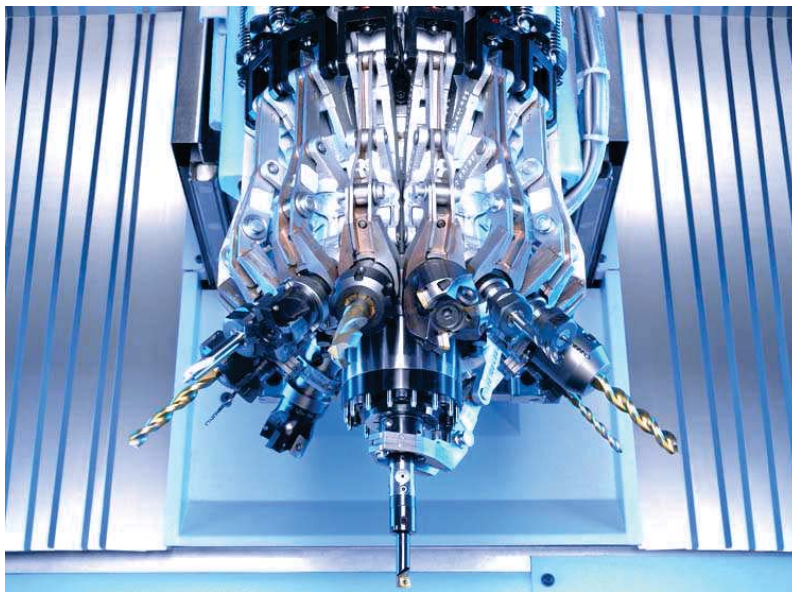
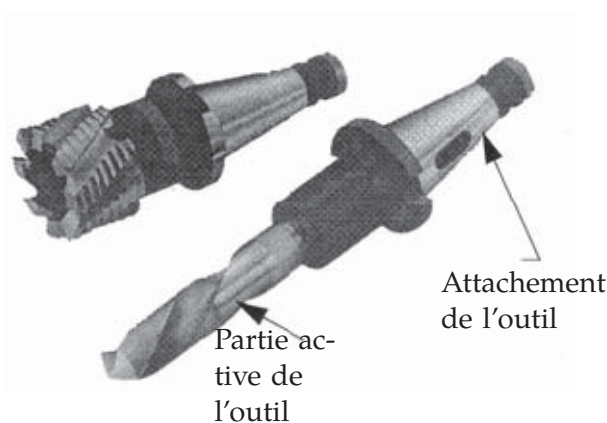


FIGURE 1.3 – Changeur d'outil autour de la broche

Un centre d'usinage permet la production industrielle de pièces mécaniques. Les surfaces réalisées sur les pièces sont obtenues avec à des outils coupants. Deux exemples d'outils coupants sont présentés ci-contre : un foret et une fraise. Le centre d'usinage permet la génération successive de plusieurs surfaces sur les pièces parce qu'il permet d'une part une succession de mouvements de l'outil par rapport à la pièce, et d'autre part une possibilité de changement d'outil actif grâce à un changeur d'outils.



On se propose d'étudier d'un point de vue cinématique le changeur d'outil qui équipe le centre d'usinage FZ 12 S du constructeur allemand Chiron. Pour permettre l'usinage d'une pièce nécessitant l'utilisation successive de plusieurs outils, le centre FZ 12 S est équipé d'un système de changement d'outils particulièrement rapide. Il se situe autour de la broche, et il est constitué d'un mécanisme articulé pour chaque outil. Ces systèmes articulés appelés "modules changeurs" sont fixés sur une coulisse qui se déplace verticalement le long d'un fourreau lors d'une séquence de changement d'outils (figure 1.3).

La figure 1.4 présente le changeur d'outil en position.

Le schéma cinématique figure 1.5 propose une modélisation du système de changement d'outils du centre d'usinage étudié. Dans le plan du schéma seulement deux sous-ensembles de changement d'outils sont représentés, et le symbole « □ » doit être considéré comme une articulation (sa nature exacte sera étudiée dans la suite du sujet).

La séquence de changement d'outils est composée de plusieurs étapes et est représentée sur la figure 1.6. A partir de la position initiale ①, lorsqu'un changement d'outils est demandé, l'ensemble formé par la coulisse et les supports de chaque outil (ensemble bleu) descend le long du fourreau, afin d'extraire de la broche le cône de l'outil appelé "attachement d'outil". Ce mouvement est animé par le

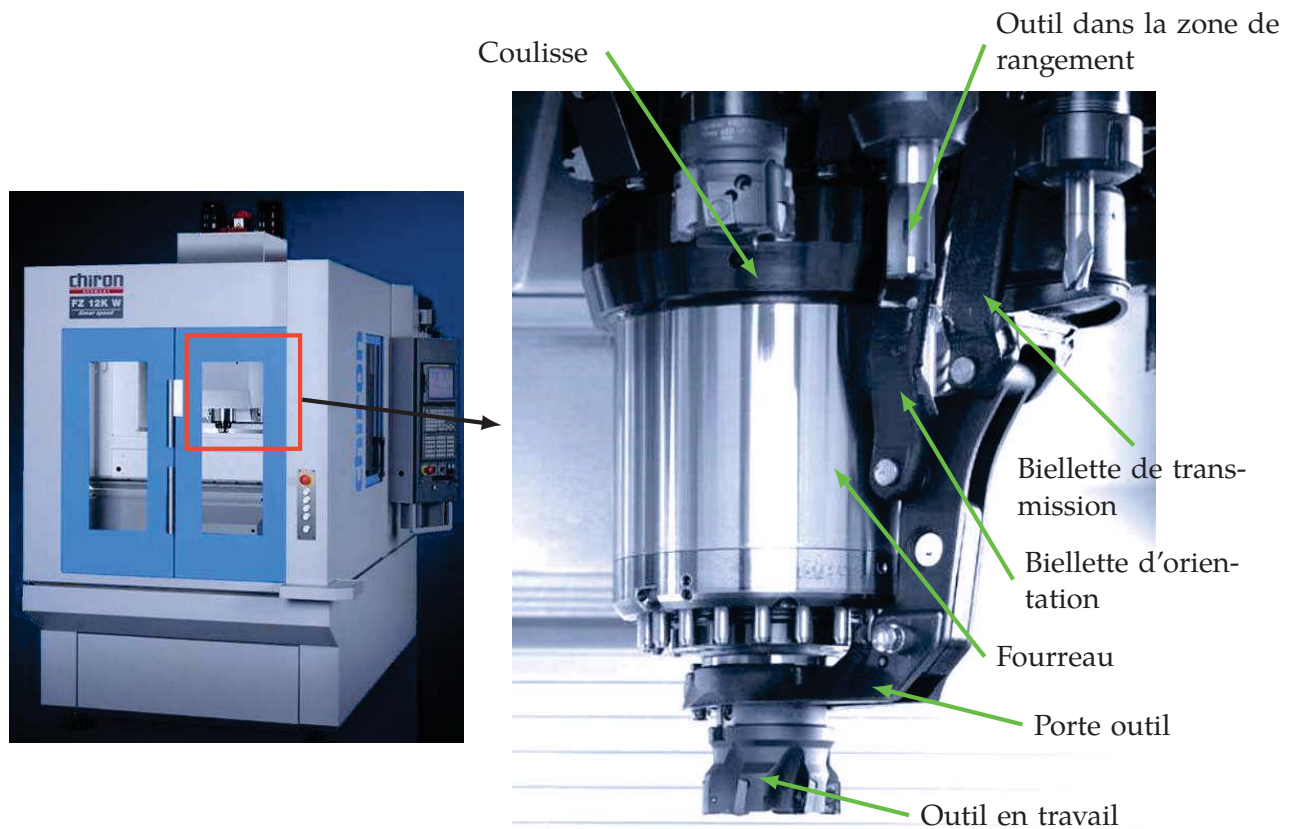


FIGURE 1.4 – Changeur d'outil

vérin de coulisse. Lorsque la position ❷ est atteinte, l'outil qui était dans la broche est remonté en position de stockage par un vérin de module et un ensemble de biellettes pour atteindre la position ❸. L'outil qui doit être mis en place est ensuite descendu sous la broche par un mécanisme identique. Dans la situation ❹, le vérin de coulisse remonte l'ensemble du mécanisme en position haute, plaçant ainsi l'attachement du nouvel outil dans la broche. Le système de changement d'outils se trouve ainsi dans la position ❺.

Pour le centre FZ 12 S acceptant des outils avec un attachement de type SK 40, la séquence de changement d'outils s'effectue en 0,9 secondes pour des outils de masse inférieure ou égale à 2,5 kg. Des outils de masse allant jusqu'à 5 kg sont acceptés par le centre FZ 12 S, mais sans exiger les mêmes performances de durée de changement d'outils.

B. Étude d'un « module changeur »

Le document de la figure 1.7 page 8 présente deux modules changeurs disposés symétriquement par rapport à l'axe de la broche de la machine :

- celui de gauche est « au repos » (outil rangé)
- celui de droite est « en travail » (outil utilisé)

La coulisse (repère 0), de forme générale tubulaire, est en liaison glissière sur le fourreau (partie fixe cylindrique) de la broche de la machine. Elle supporte les douze modules changeurs assemblés par liaison encastrement. Un module changeur comporte :

- un support (repère 1) en liaison encastrement avec la coulisse (repère 0),
- un vérin pneumatique double effet constitué d'un corps de vérin (repère 2) et d'une tige de vérin (repère 3),
- une biellette de transmission du mouvement (repère 4),

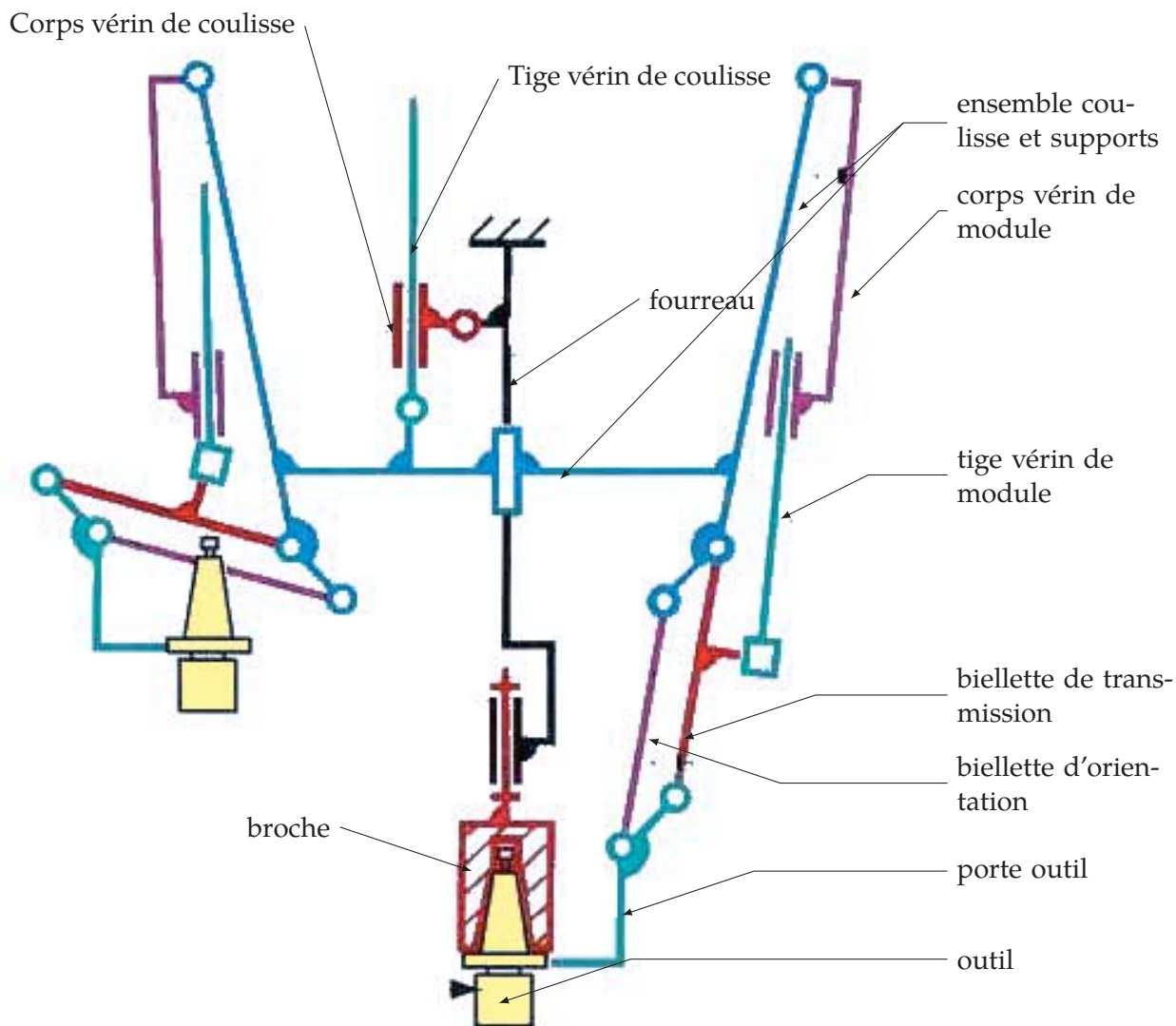


FIGURE 1.5 – mécanisme de changeur d'outil

- une bielle d'orientation (repère 5),
- un porte-outil (repère 6),

On se propose d'analyser ce système mécanique et de vérifier certaines de ses performances.

Le modèle retenu pour cette étude et le paramétrage sont donnés sur le document pages 9 et ???. Le système est supposé plan $(C, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$.

C. Étude géométrique et cinématique

Q1. Établir le graphe de structure du module changeur et déterminer le nombre et la composition des cycles indépendants.

Pour les questions suivantes, on s'intéresse à la chaîne de solides appelée « chaîne de mise en position », constituée du support (1), de la bielle de transmission (4), de la bielle d'orientation (5) et du porte-outil (6). Ces pièces sont deux à deux en liaison pivot d'axe nominale parallèle à \vec{x}_1 , ce qui constitue un système hyperstatique. Ce choix est justifié en particulier par la robustesse que doit posséder cette chaîne de solides.

Q2. Calculer, par une analyse cinématique, le degré de mobilité de cette chaîne de mise en position. Calculer le degré d'hyperstaticité.

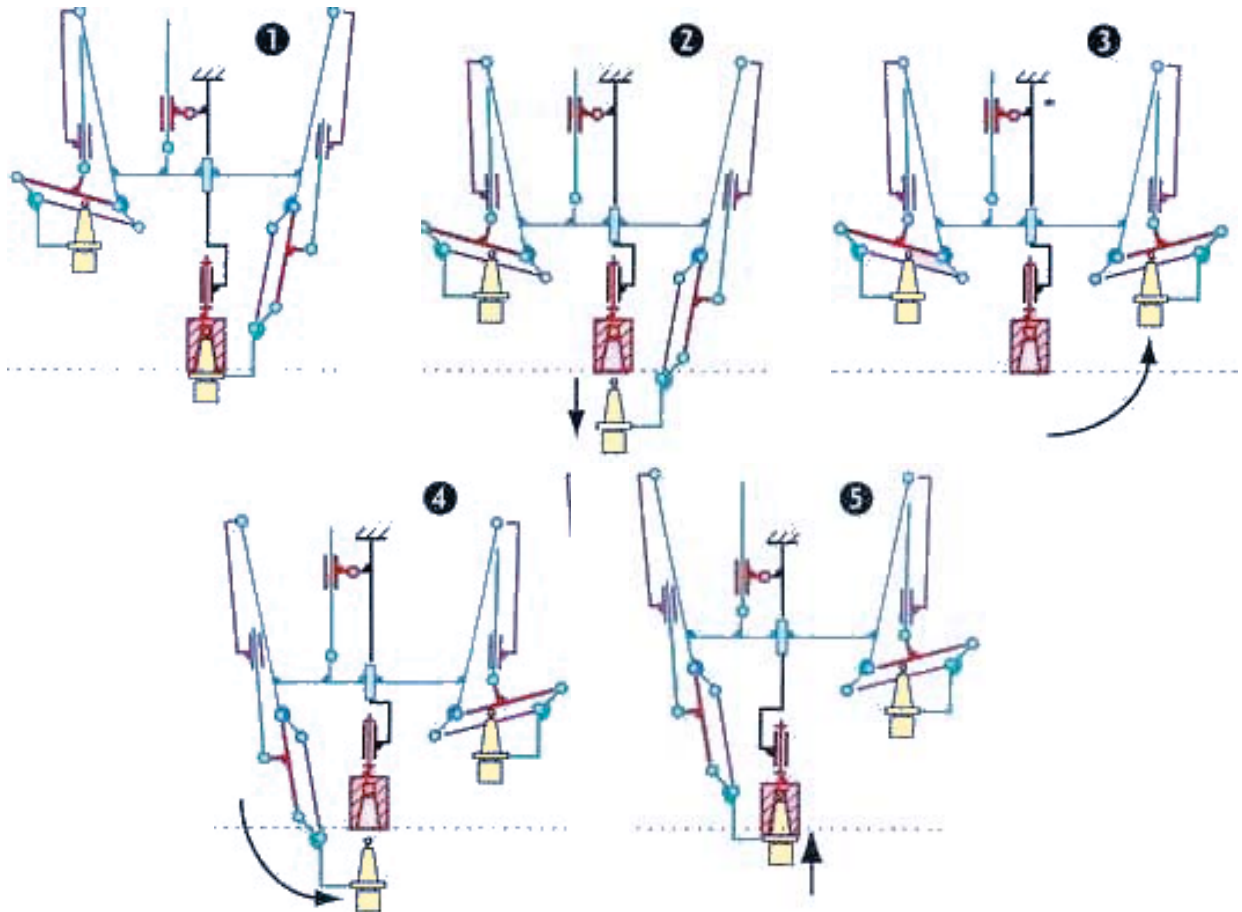


FIGURE 1.6 – Séquence de changement d'outil

Q3. Préciser le mouvement autorisé par la liaison L_{14} entre la bielle de transmission (4) et le support (1), et écrire au point C puis au point B, l'expression littérale du torseur cinématique $\{V_{4/1}\}$ caractérisant ce mouvement, en fonction de la dérivée temporelle de θ_{14} , et des grandeurs caractéristiques du mécanisme.

Q4. Préciser le mouvement autorisé par la liaison L_{15} entre la bielle d'orientation (5) et le support (1), et écrire au point E puis au point D, l'expression littérale du torseur cinématique $\{V_{5/1}\}$ caractérisant ce mouvement, en fonction de la dérivée temporelle de θ_{15} et des grandeurs caractéristiques du mécanisme.

Q5. La figure constituée des points E, C, B et D est un parallélogramme. Sachant que dans un parallélogramme les cotés opposés restent parallèles ($\theta_{14} = \theta_{15} = \delta$), en déduire la nature du mouvement du porte-outil (6) par rapport au support (1). Comment est le champ des vecteurs vitesses de ce mouvement ?

Q6. Écrire au point B puis au point P, l'expression littérale du torseur cinématique $\{V_{6/1}\}$ caractérisant le mouvement du porte-outil (6) par rapport au support (1) en fonction de la dérivée temporelle de δ et des grandeurs caractéristiques du mécanisme.

Q7. Écrire au point D puis au point E l'expression littérale du torseur cinématique $\{V_{6/5}\}$ caractérisant le mouvement du porte-outil (6) par rapport à la bielle d'orientation (5).

Q8. Écrire au point B puis au point E l'expression littérale du torseur cinématique $\{V_{6/4}\}$ caractérisant le mouvement du porte-outil (6) par rapport à la bielle de transmission (4).

Q9. Écrire les six équations liées à la fermeture cinématique de la chaîne de solide constituée des solides (1), (4), (5) et (6).

Q10. Déterminer le rang du système obtenu à la question précédente. En déduire le degré de mobilité et le degré d'hyperstatisme de la chaîne de solide étudiée.

Q11. Proposer une modification permettant de rendre le mécanisme isostatique.

Pour les deux questions suivantes, on s'intéresse à la chaîne de solides appelée « chaîne de mise en mouvement », constituée du support (1), du corps de vérin (2), de la tige de vérin (3) et de la bielle de

transmission (4).

Afin de permettre le bon fonctionnement du vérin, il est souhaitable que cette chaîne de solides soit isostatique. Les liaisons L_{12} , L_{23} et L_{14} sont définies page ??.

La liaison L_{34} entre la tige de vérin (3) et la bielle de transmission (4) doit autoriser au moins un degré de liberté en rotation autour de l'axe (A, \vec{x}_1) .

Q12. Montrer, par une analyse cinématique que, si la liaison L_{34} est une liaison pivot d'axe (A, \vec{x}_1) , le degré d'hyperstaticité de la chaîne de mise en mouvement n'est pas nul.

Q13. Dans le cas où la liaison L_{34} est une liaison rotule de centre A, calculer le degré de mobilité de la chaîne de mise en mouvement, et montrer que ce système est isostatique. Identifier la (ou les) mobilité(s) de cette chaîne de mise en mouvement.

D. Détermination de l'effort développé par le vérin

On se propose dans cette partie de déterminer l'effort développé par le vérin 2-3 à partir d'une étude graphique. On admettra que le mécanisme est plan, que les vitesses sont suffisamment faibles pour que les effets d'inertie soient négligeables (étude quasi statique) et que toutes les masses sauf celle du porte outil (6) sont négligeables.

L'ensemble outil+porte outil à une masse $M = 5$ kg.

On se place pour conduire cette étude dans la position du schéma de la page 9.

Q14. En isolant la bielle d'orientation (5), préciser sur le document réponse page 10 la direction de l'action mécanique en D du porte outil 6 sur la bielle 5, justifier et tracer sur le document réponse.

Q15. Préciser à combien d'action est soumis le porte outil (6), en déduire la direction et la norme de l'action en B de (4) sur (6), justifier et tracer sur le document réponse.

Q16. Justifier que l'action en A de la bielle (4) sur la tige (2) est portée par la droite (A H), tracer sur le document réponse.

Q17. En isolant maintenant la bielle de transmission (4), déterminer graphiquement la norme de l'action en A de la tige du vérin (2) sur la bielle (4).

Paramétrage des solides

— Repères associés aux solides

— $R_1 = (O, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$: lié au support (1)

— $R_2 = (H, \vec{x}_2, \vec{y}_2, \vec{z}_2)$: lié au corps de vérin (2)

— $R_4 = (C, \vec{x}_4, \vec{y}_4, \vec{z}_4)$: lié à la bielle de transmission (4)

— $R_5 = (E, \vec{x}_5, \vec{y}_5, \vec{z}_5)$ lié à la bielle d'orientation (5) (non représenté ci-contre)

— Paramètres géométriques constants liés aux solides

— Support (1) : longueur $EC = e = 40 \cdot \sqrt{2}$ mm, longueur $CH = h = 364$ mm, $(\vec{CE}, \vec{y}_1) = \gamma = 45^\circ$, $(\vec{CH}, \vec{y}_1) = \beta = -79,4^\circ$;

— Bielle de transmission (4) : $\vec{BC} = b \cdot \vec{y}_4$ avec $b = 196,5$ mm;

— Bielle d'orientation (5) : $\vec{DE} = b \cdot \vec{y}_5$;

— Porte-outil (6) : longueur $BD = e = 40 \cdot \sqrt{2}$ mm et $DP = d = 85 \cdot \sqrt{2}$ mm, les points B, D et P sont alignés.

Définition et paramétrage des liaisons

— L_{12} : Pivot glissant (H, \vec{x}_1)

— L_{23} : Pivot glissant (K, \vec{z}_2) avec $\vec{HA} = -\lambda \cdot \vec{z}_2$

— L_{34} : « Articulation » de centre A ... à définir ultérieurement

— L_{14} : Pivot (C, \vec{x}_1) avec $\theta_{14} = (\vec{y}_1, \vec{y}_4) = \delta$

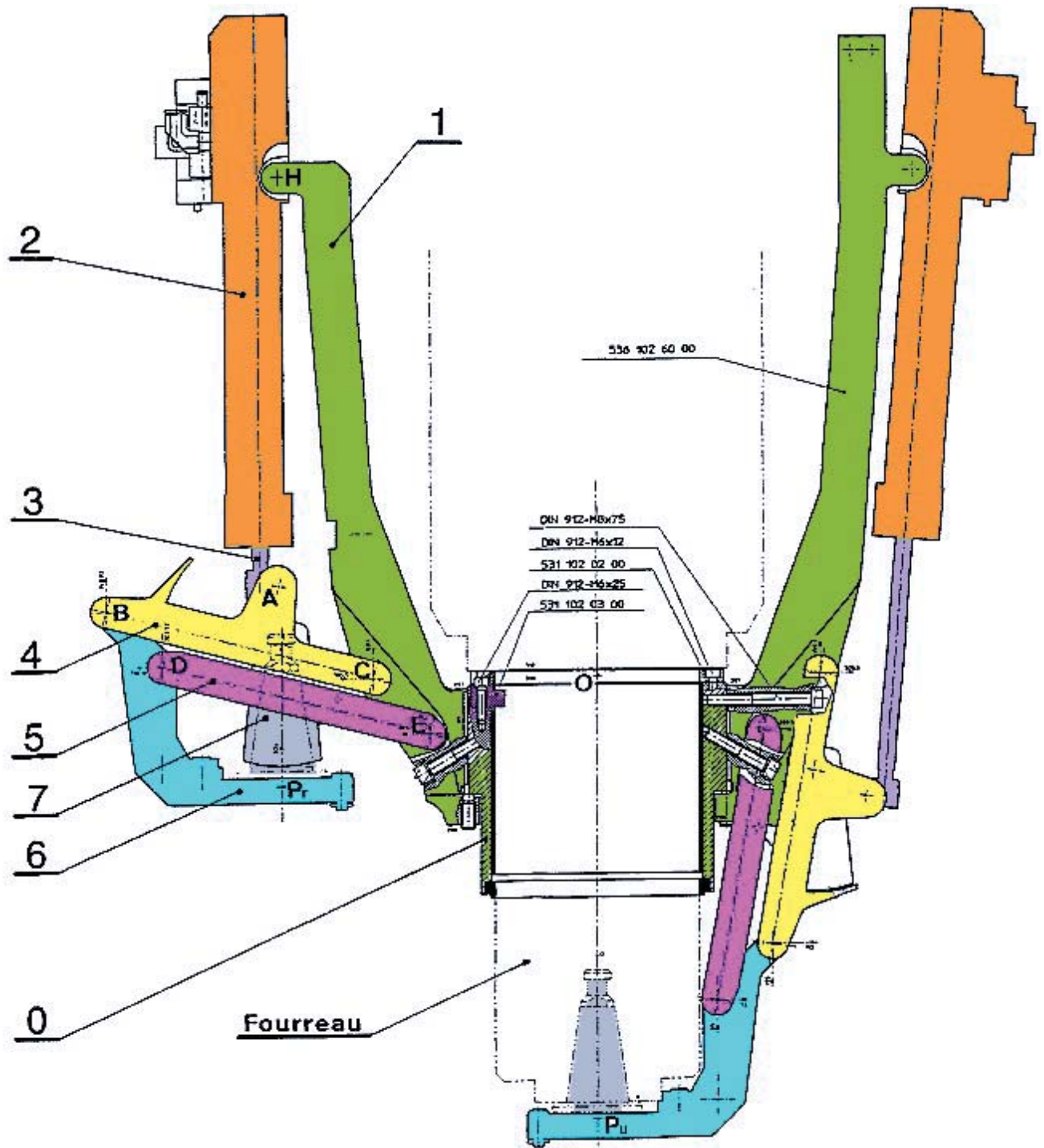
— L_{15} : Pivot (E, \vec{x}_1) avec $\theta_{15} = (\vec{y}_1, \vec{y}_5)$

— L_{46} : Pivot (B, \vec{x}_1)

— L_{56} : Pivot (D, \vec{x}_1)

Remarque : Le système est représenté dans une position intermédiaire, entre la position repos et la position travail (θ_{14} quelconque).

Tout paramétrage non défini ci-dessus est laissé à l'initiative du candidat, à condition de bien respecter les repères numériques des solides. Exemple : θ_{ij} : Angle de position du solide j par rapport au solide i.



7	12	Godet protecteur
6	12	Porte-outil
5	12	Biellette d'orientation
4	12	Biellette de transmission
3	12	Tige de vérin
2	12	Corps de vérin
1	12	Support
0	1	Coulisse
Rep	Nb	Désignation

FIGURE 1.7 – Module Changeur

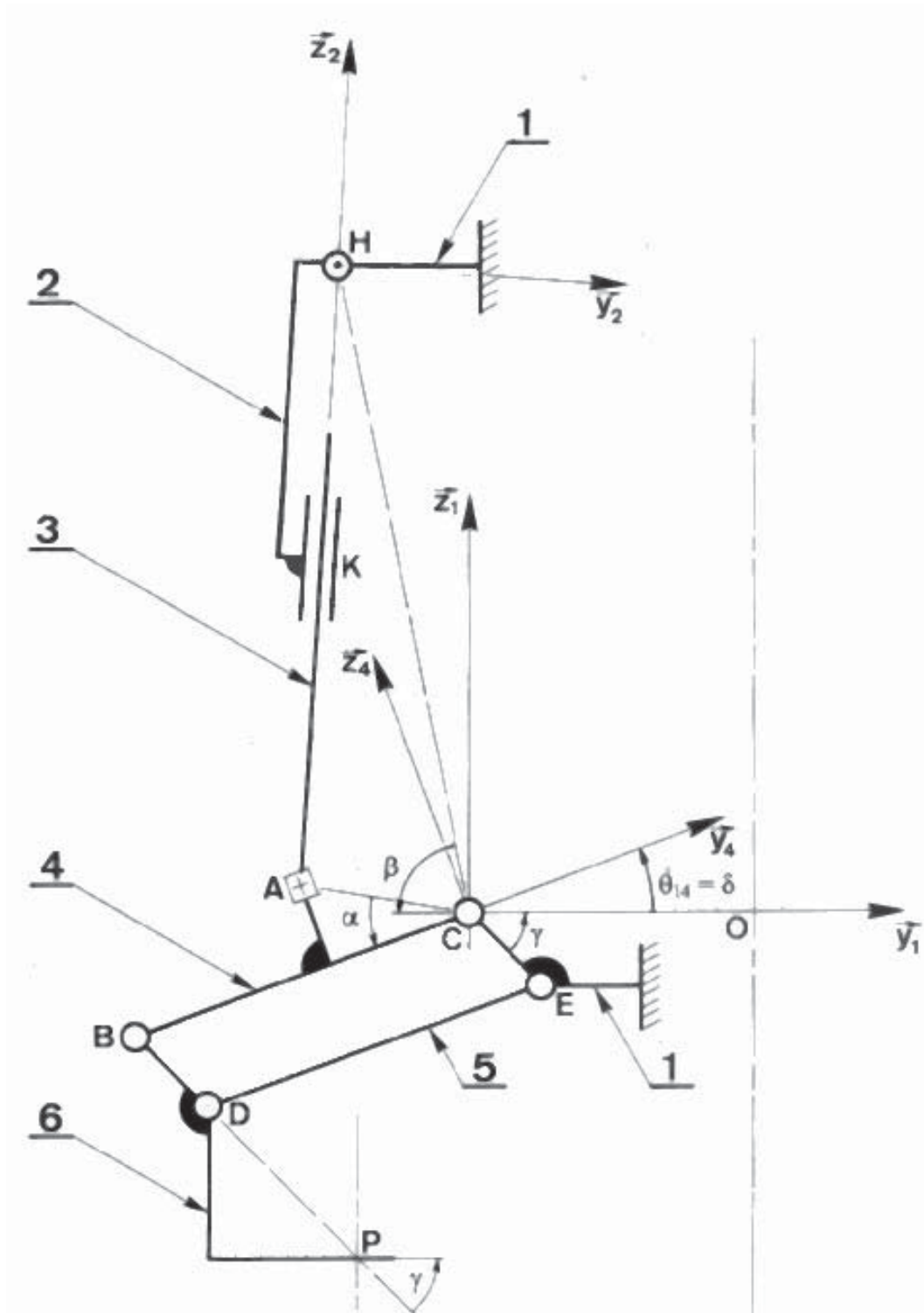


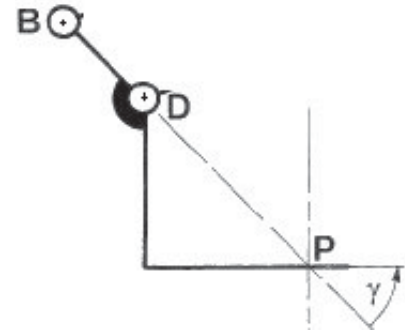
FIGURE 1.8 – Modèle cinématique du module Changeur

Document Réponse

Biellette d'orientation 5 :



Porte-outil (6) :



Vérin 2-3 :



Biellette de transmission (4) :

