Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2020, filière TSI

Sciences industrielles de l'ingénieur

Durée : 6 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I : exigence « Faire tourner le siège »
- Partie II : exigence « Brider le siège et les fils »
- Partie III : exigence « Positionner en hauteur »
- Partie IV : exigence « Garantir la sécurité de l'opérateur »

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années : prepahelp.com/annales/ccinp/tsi/2020/si

Prepa Help ne revendique aucun droit sur le sujet, propriété de l'organisateur du concours.

CONCOURS COMMUN INP

ÉPREUVE SPÉCIFIQUE - FILIÈRE TSI

SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGÉNIEUR

Jeudi 7 mai : 8 h - 14 h

N.B. : le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction. Si un candidat est amené à repérer ce qui peut lui sembler être une erreur d'énoncé, il le signalera sur sa copie et devra poursuivre sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

RAPPEL DES CONSIGNES

- *Utiliser uniquement un stylo noir ou bleu foncé non effaçable pour la rédaction de votre composition ; d'autres couleurs, excepté le vert, peuvent être utilisées, mais exclusivement pour les schémas et la mise en évidence des résultats.*
- *Ne pas utiliser de correcteur.*
- *Écrire le mot FIN à la fin de votre composition.*

Les calculatrices sont autorisées

Le sujet est composé de quatre parties, toutes indépendantes.

Sujet : page 1 à page 22
Annexes : annexe 1 à annexe 5 (page 23 à page 27)
Documents réponses : DR1 à DR7 (à rendre en fin d'épreuve avec la copie)

A

Cabine de Soudage Ergonomique

Présentation générale

Le sujet porte sur l'étude d'une cabine de soudage (**annexe 1** et **figure 1**) qui permet l'assemblage d'une partie de l'armature d'assise de sièges automobiles.

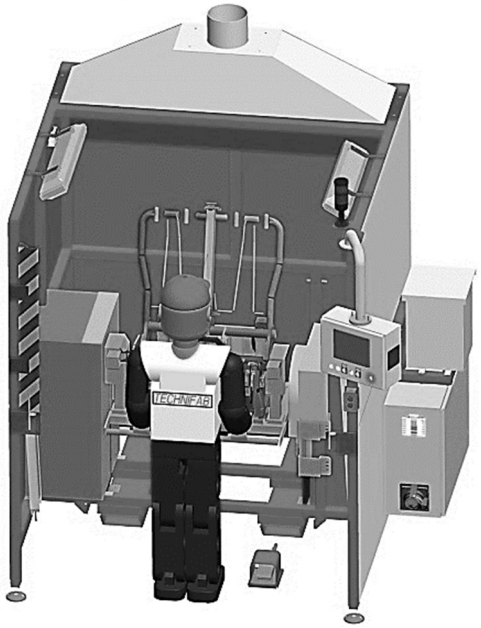


Figure 1 - Cabine de soudage

Le siège d'une automobile est composé d'une armature d'assise et d'un dossier, d'une mousse et d'une coiffe (**figure 2**).



Figure 2 - Composition d'un siège automobile

La cabine de soudage permet la mise en place et le soudage de 4 fils sur l'armature d'une banquette arrière de véhicule de tourisme lors de sa fabrication (**figure 3**). Dans le cas d'une banquette arrière, l'armature d'assise et l'armature de dossier ne font qu'une.

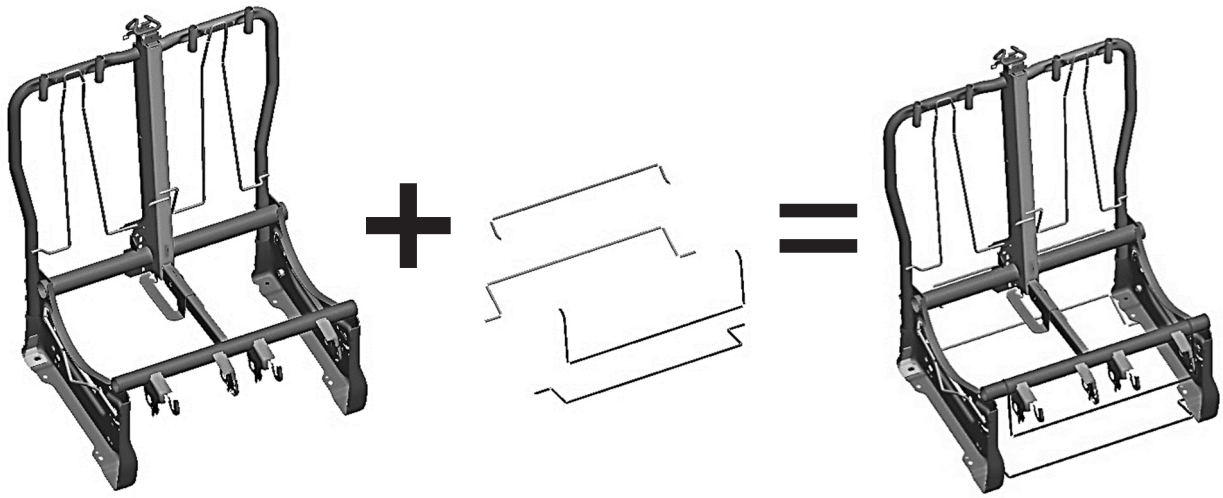


Figure 3 - Armature et fils à assembler

La cabine de soudage permet d'assurer une ergonomie optimale du poste de travail en s'adaptant à la taille de l'opérateur et en l'assistant dans les taches de bridage et de retournement de l'ensemble armature et fils (**figure 4**).

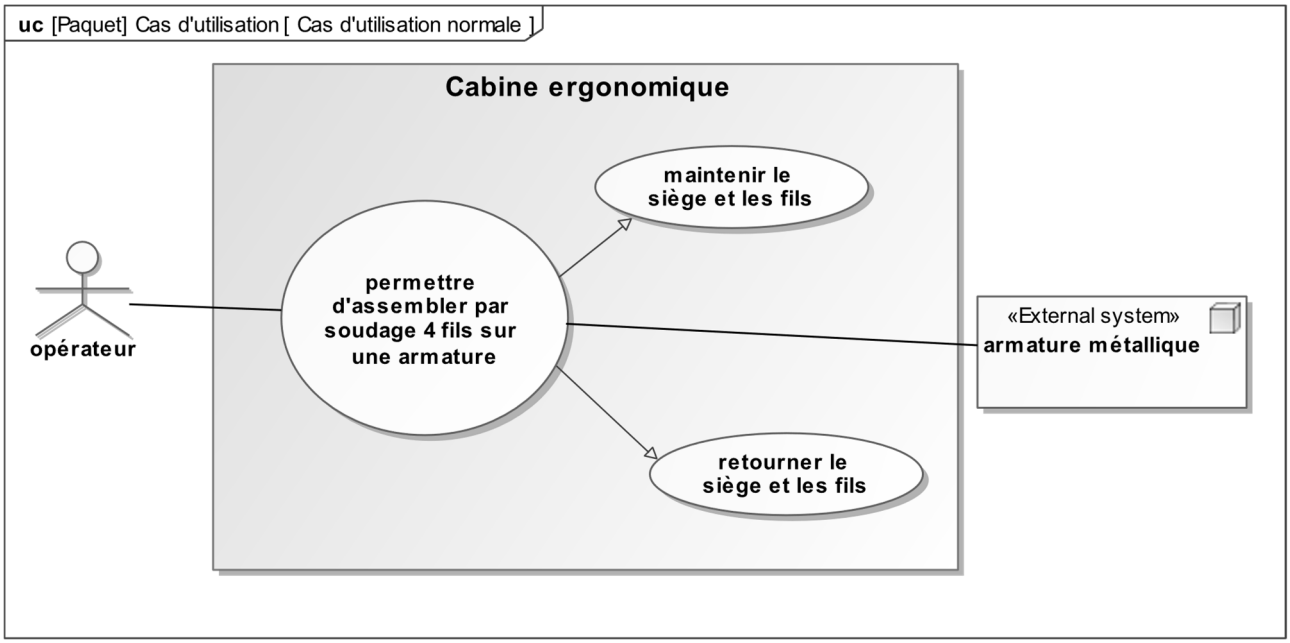


Figure 4 - Diagramme des cas d'utilisation

En fin de processus de soudage, l'armature du siège est prête à être habillée.

Le cahier des charges partiel est donné et présente les acteurs en relation avec le système (**figure 5**) ainsi que certaines exigences fonctionnelles (**figure 6**) étudiées dans cette étude.

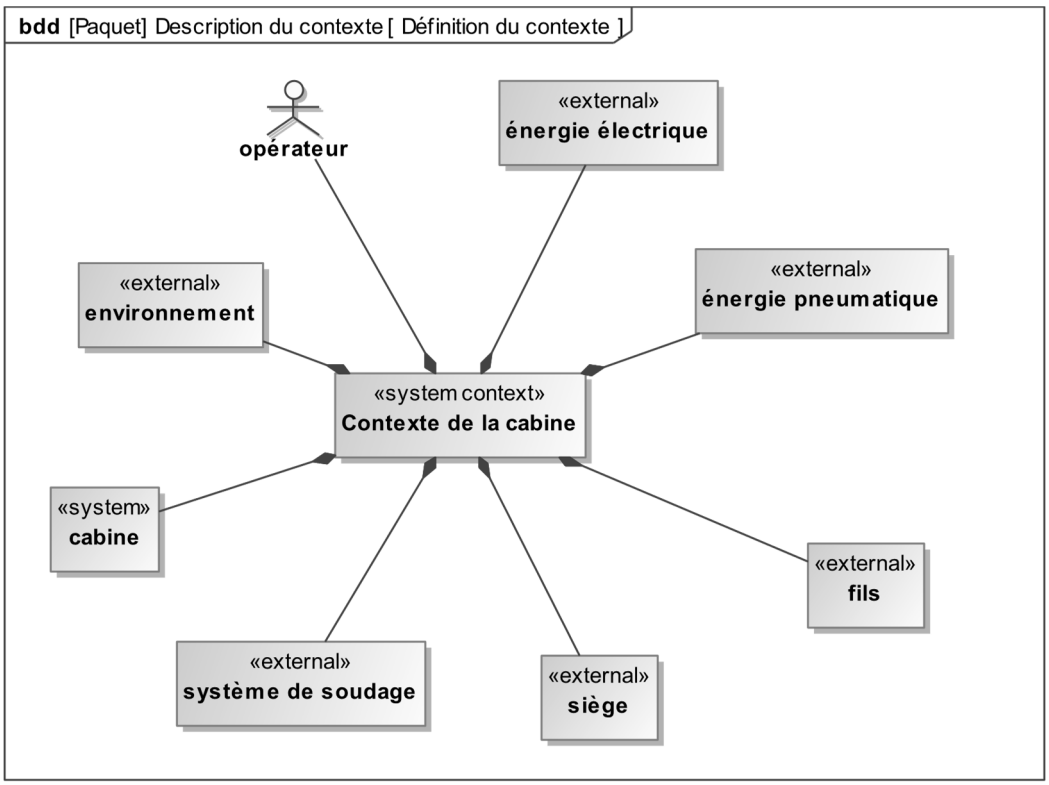


Figure 5 - Définition du contexte

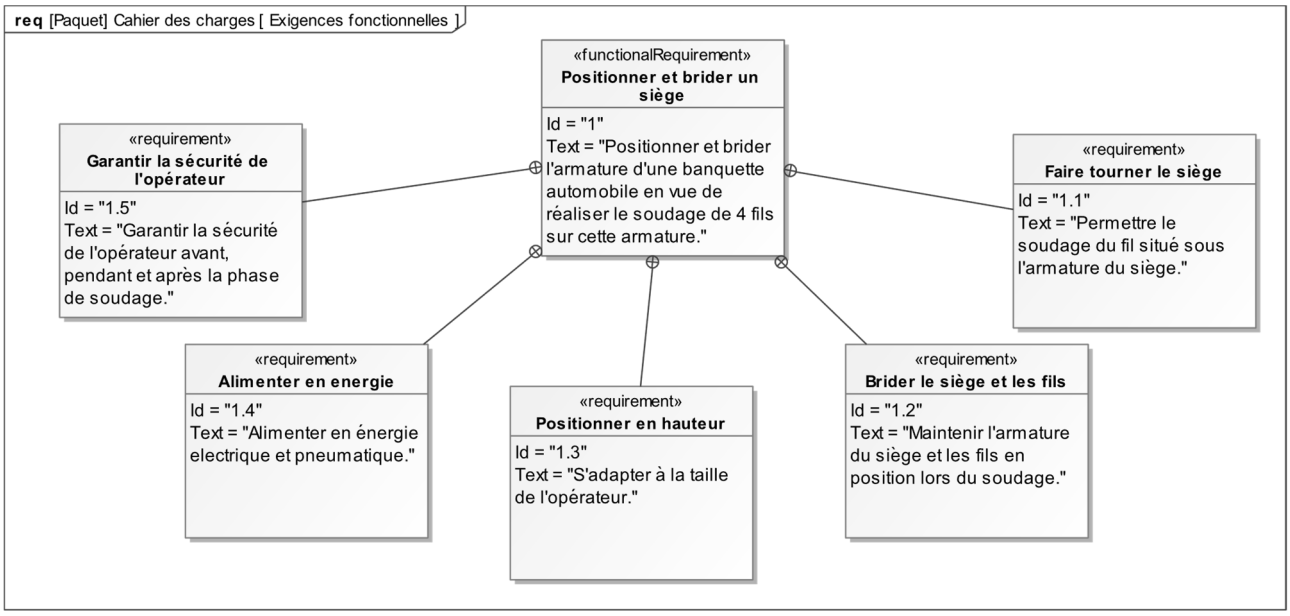


Figure 6 - Exigences fonctionnelles

Partie I - Exigence « Faire tourner le siège »

Afin de faciliter la tâche de soudage à l'opérateur, il est possible de basculer l'ensemble du berceau dans deux positions de travail, permettant de souder par le dessus ou par le dessous.

Afin de s'adapter à la taille de l'opérateur, le système peut être réglé en hauteur. Ce réglage ne peut s'effectuer que si le berceau est en position horizontale. Un système d'indexage est présent dans la partie gauche de la machine. Cette position est captée par un détecteur de position tout ou rien actionné par une came placée sur l'axe de rotation (**figure 7**).

I.1 - Étude de l'indexage de l'axe de rotation

L'objectif de cette **sous-partie** est de concevoir la liaison encastrement de la came avec l'axe de rotation.

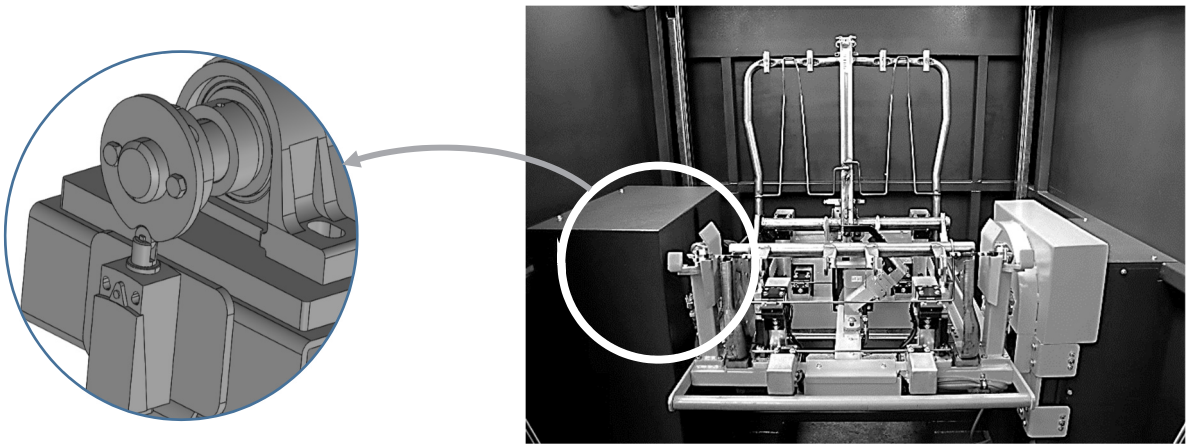


Figure 7 - Détail de la zone étudiée

On donne le schéma technologique de la solution retenue :

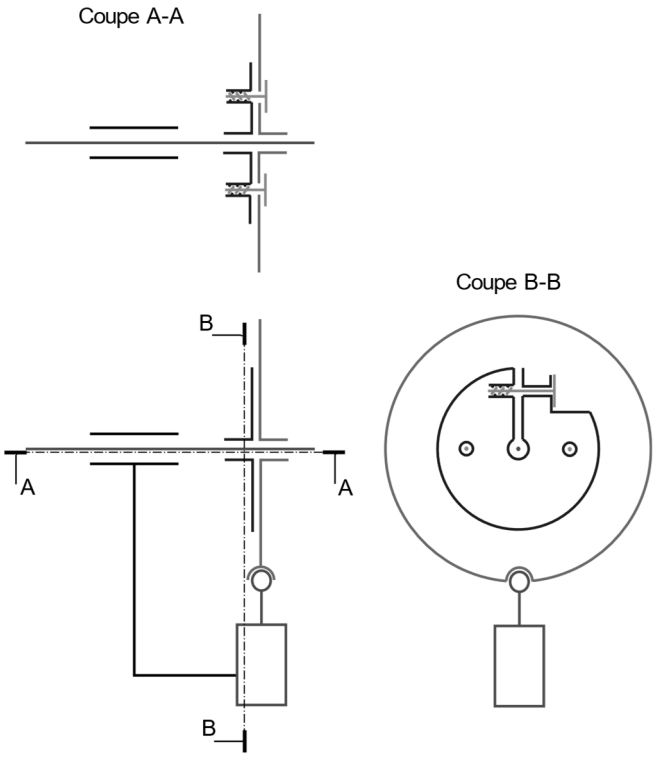


Figure 8 - Schéma technologique

Q1. Compléter sur le **document réponse DR1** les coupes A-A et B-B en définissant la solution d'encastrement retenue, présentée dans le schéma technologique (**figure 8**).

Q2. Proposer un ajustement entre la came et l'axe au niveau de l'encastrement réalisé.

I.2 - Étude de l'équilibrage de l'ensemble tournant

Afin de limiter au maximum les efforts fournis par l'opérateur lors de la phase de retournement, il est nécessaire d'équilibrer statiquement l'ensemble tournant composé du berceau et du siège en positionnant une masse d'équilibrage M_A (**figure 9**).

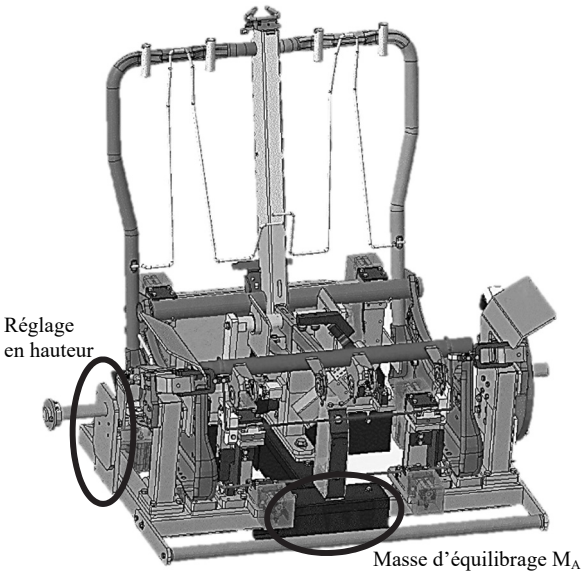


Figure 9 - Ensemble tournant à équilibrer

Q3. Pour équilibrer statiquement un ensemble tournant, où doit se trouver le centre de gravité de l'ensemble ?

On propose un modèle simplifié d'étude pour lequel on connait la masse M_G et la position du centre de gravité G de l'ensemble tournant E_T (berceau + siège) avant équilibrage statique.

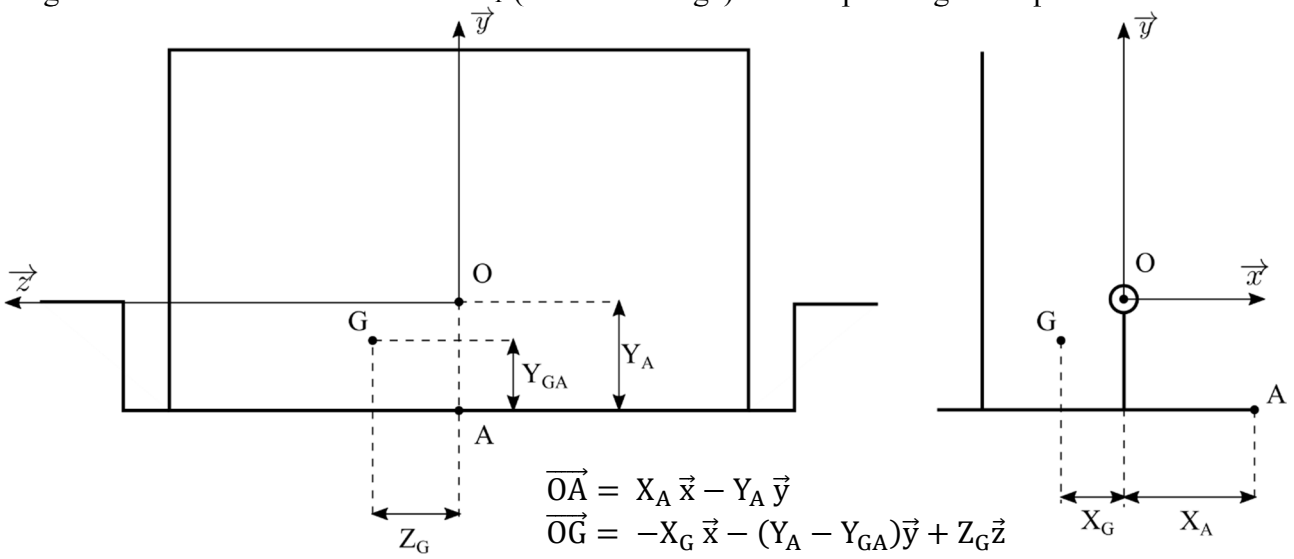


Figure 10 - Modèle simplifié pour l'étude de l'équilibrage

La solution retenue consiste à :

- ajouter une masse d'équilibrage M_A au point A, afin de positionner le centre de gravité G dans le plan $(0, \vec{y}, \vec{z})$,
- régler Y_A, hauteur suivant $\vec{y}$ du vecteur $\overrightarrow{0A}$, afin de positionner le centre de gravité sur l'axe $(0, \vec{z})$.

On considère l'ensemble tournant dans sa position horizontale (**figure 10**). Dans cette position particulière, la pesanteur est portée par la direction $\vec{y}$.

Q4. En utilisant la méthode barycentrique permettant de déterminer un centre de gravité, établir les deux équations en projection sur $\vec{x}$ et $\vec{y}$ liant respectivement X_A, X_G, M_A, M_G et Y_A, Y_G, M_A, M_G.

Q5. En déduire l'expression de M_A en fonction de X_A, X_G et M_G puis l'expression de Y_A en fonction de X_A, X_G et Y_{GA}.

On note M_{GT} la nouvelle masse et G_T le nouveau centre de gravité de l'ensemble E_T.

Q6. Donner l'expression de M_{GT} en fonction de M_G et de M_A.
Donner les coordonnées (X_{GT} ; Y_{GT} ; Z_{GT}) du nouveau centre de gravité G_T de l'ensemble tournant E_T.

Partie II - Exigence « Brider le siège et les fils »

II.1 - Étude de la genouillère de bridage

La genouillère de bridage permet de maintenir en position le siège sur le berceau de soudage (**figure 11** et **12**).

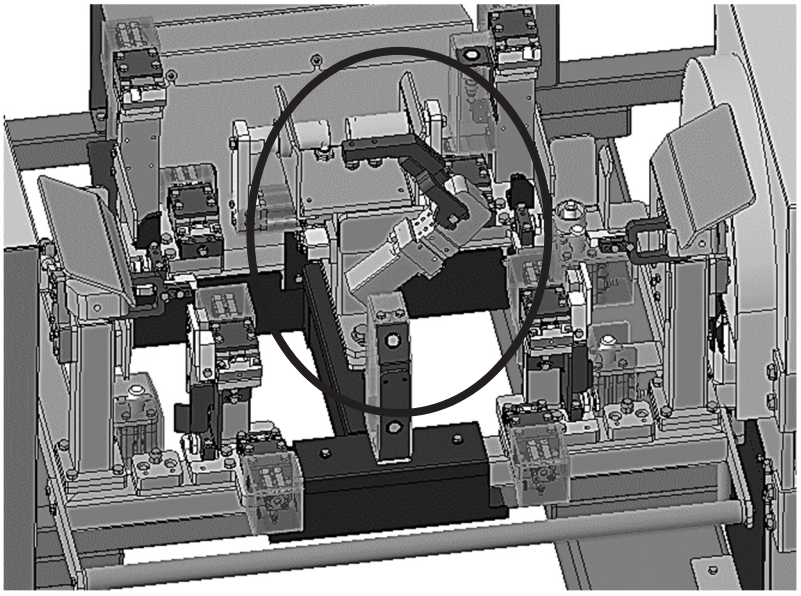


Figure 11 - Genouillère en situation

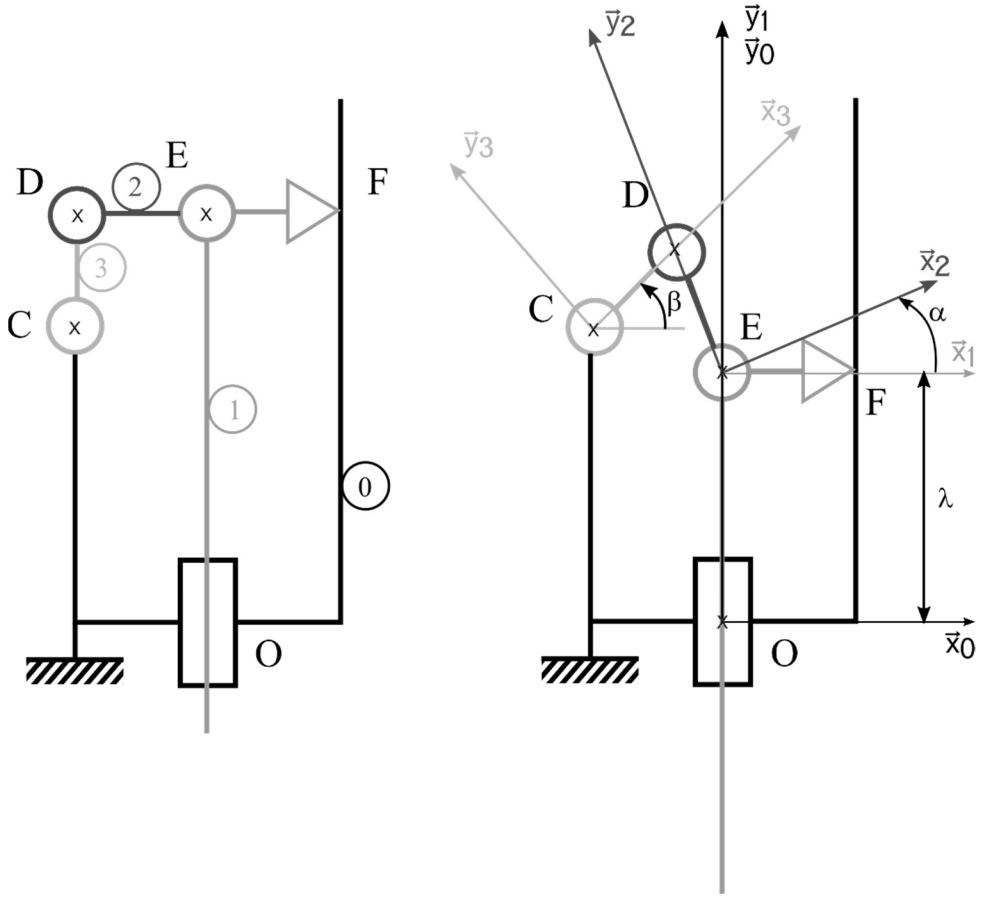


Figure 12 - Positions de la genouillère

Le schéma cinématique plan de la genouillère de bridage utilisée dans le système est donné **figure 13**.

Le paramétrage décrit ci-dessous sera utilisé :

- le solide ① est en translation de direction $\overrightarrow{y_0}$,
- le solide ② est en rotation d'axe $(E, \vec{z})$ avec le solide ①. On pose : $\alpha = (\widehat{\overrightarrow{x_2}, \overrightarrow{x_1}})$,
- le solide ③ est en rotation d'axe $(D, \vec{z})$ avec le solide ②,
- le solide ③ est en rotation d'axe $(C, \vec{z})$ avec le solide ⓪. On pose : $\beta = (\widehat{\overrightarrow{x_3}, \overrightarrow{x_1}})$,
- $\overrightarrow{CD} = l_3\,\overrightarrow{x_3}$, $\overrightarrow{DE} = -l_2\,\overrightarrow{y_2}$, $\overrightarrow{EF} = l_1\,\overrightarrow{x_1}$, $\overrightarrow{OE} = \lambda\,\overrightarrow{y_0}$ et $\overrightarrow{OC} = l_x\,\overrightarrow{x_0} + l_y\,\overrightarrow{y_0}$.



Position fermée Position intermédiaire

Figure 13 - Schéma cinématique de la genouillère

Q7. Écrire la fermeture géométrique permettant de déterminer la loi entrée/sortie de la genouillère.

Q8. Projeter cette équation vectorielle dans le repère $R_0(O, \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$.

Q9. En déduire une relation entre β et λ.

Afin de garantir un bridage irréversible, il faut que les 3 points D, E, F soient alignés, comme le montrent les positions fermées des **figures 12** et **13**. Dans cette configuration particulière, le piston n'est soumis à aucune action mécanique verticale.

Q10. En réalisant une étude statique simple, justifier que dans le cas où les 3 points D, E et F sont alignés, le piston ① n'est soumis à aucune action mécanique extérieure selon la direction $\overrightarrow{y_0}$.

II.2 - Étude pneumatique

La cabine de soudure dispose d'une genouillère de bridage, de différents vérins d'indexation et d'une alimentation pneumatique. Tous ces dispositifs utilisent le même type de distributeur.

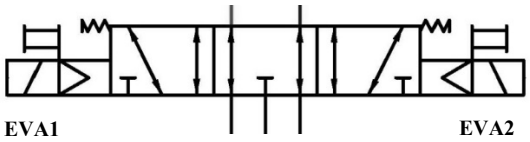


Figure 14 - Distributeur utilisé pour le bridage

Q11. Donner la désignation normalisée de ce distributeur (**figure 14**).

Q12. Compléter le schéma pneumatique des deux ensembles brides A et B sur le **DR2**. Le distributeur A permet d'actionner la bride A1 et les 2 brides A2.
Le distributeur B permet d'actionner les deux brides B1.

II.3 - Étude électrique

On souhaite dimensionner l'alimentation électrique de la cabine de soudure. Le schéma électrique unifilaire d'alimentation de la cabine de soudage est fourni en **annexe 2**.

Q13. Pour quelle raison est-il nécessaire d'utiliser le transformateur T0508 ?
D'autres solutions seraient-elles possibles ?

On souhaite dimensionner ce transformateur. Pour cela, il est nécessaire de faire un bilan des puissances consommées par l'ensemble des récepteurs. On considérera le facteur de puissance de chaque récepteur « cos φ » et les rendements des convertisseurs égaux à 1.
La puissance et les courants maximums de tous les récepteurs sont indiqués sur le schéma électrique en **annexe 2**.
On tiendra compte d'une prévision d'évolution de l'ensemble des charges de + 20 %.

Q14. Déterminer la puissance apparente S, en VA, du transformateur à installer.

On a extrait, du schéma électrique de la cabine de soudure, la partie représentant l'élément Q2.

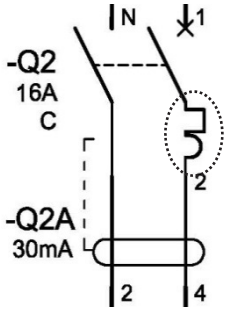


Figure 15 - Représentation électrique de l'élément Q2

Q15. Quel est le nom et la fonction de l'élément Q2 représenté sur la **figure 15** ?
Quelle est la signification des deux symboles entourés en pointillé ?
Que représentent les indications 16 A, C et 30 mA indiquées **figure 15** ?

II.4 - Étude de la partie commande

On donne en **annexe 3** le graphe d'état de fonctionnement normal du système.

Q16. Compléter les chronogrammes d'évolution du système sur le **DR3**.

On souhaite ajouter un état « défaut de bridage » lorsque le bridage A, B, ou C n'est pas validé.
Pour sortir de l'état « défaut de bridage », il sera nécessaire d'appuyer sur DCY afin de passer dans l'état « Remise à l'état initial ».

Q17. Compléter, sur le **DR6**, le graphe d'état « fonctionnement » en ajoutant l'état « défaut de bridage » et les transitions associées.

Partie III - Exigence « Positionner en hauteur »

Le réglage en hauteur du berceau permet d'adapter le poste de travail à la morphologie de chaque opérateur (**figure 16**).

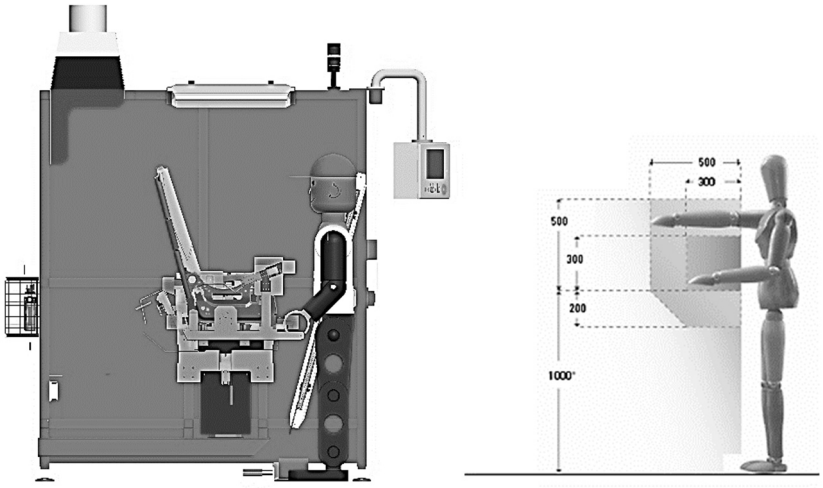


Figure 16 - Position préconisée

L'opérateur règle la hauteur de son poste de travail en appuyant sur les boutons « haut » ou « bas » positionnés à sa droite.

Le réglage de cette hauteur est réalisé par deux vérins linéaires électriques dont les positions sont asservies l'une par rapport à l'autre.

III.1 - Horizontalité du poste de travail

Pendant toute la phase de mouvement, le poste de travail doit rester horizontal afin de ne pas forcer sur les deux liaisons glissières, droite et gauche et sur les vérins linéaires électriques.

⓪ : bâti de la machine
④ : corps de vérin
⑥ : tige de vérin
⑦ : berceau porte siège

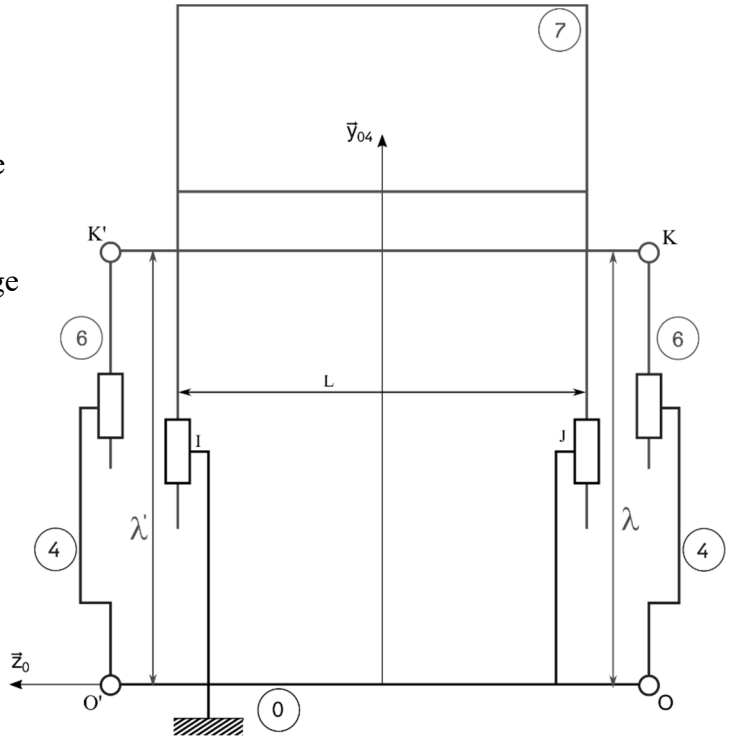


Figure 17 - Schéma cinématique du système de réglage de la hauteur

La hauteur de chaque vérin est notée λ et λ' (**figure 17**). On notera $\Delta\lambda = (\lambda - \lambda')$ l'écart de longueur de sortie des tiges des vérins droit et gauche. La distance entre les centres I et J des guidages verticaux, notée L, est égale à 1 000 mm.

Q18. Déterminer l'écart de longueur maximum $\Delta\lambda_{max}$ acceptable pour que la table garde un angle d'inclinaison inférieur à 0,1° qui sera absorbé par le jeu existant dans les liaisons glissières.

Afin d'assurer un écart de longueur entre les deux vérins compatibles avec l'inclinaison maximum tolérée, il faudra garantir un positionnement des vérins aux alentours du millimètre.

III.2 - Étude dynamique

On souhaite valider les performances attendues concernant la précision du positionnement et la synchronisation des 2 vérins.
Il est donc nécessaire de modéliser l'ensemble « vérins + (berceau + siège + fils) » pour obtenir une commande optimale.

Soit le schéma simplifié de cet ensemble :

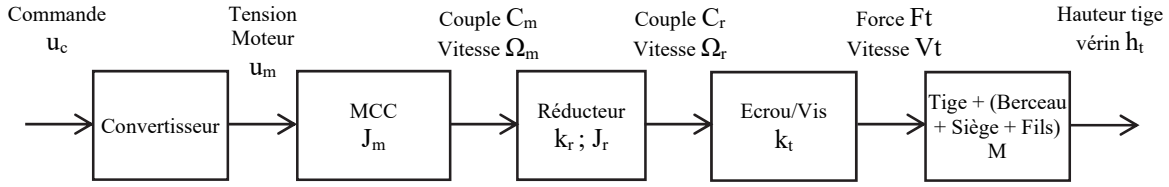
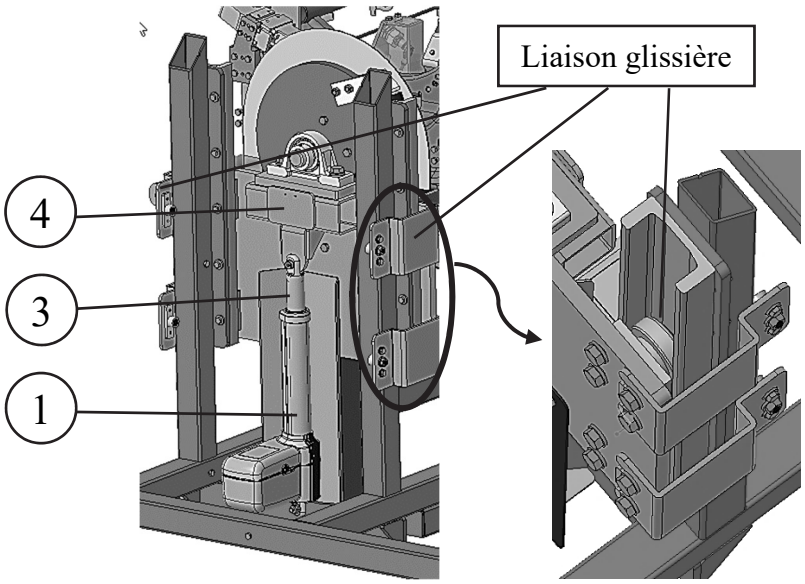


Figure 18 - Schéma fonctionnel d'un vérin linéaire et de sa charge

On définit les grandeurs caractéristiques suivantes :

u_c : tension de commande,
u_m : tension d'alimentation du moteur,
C_m : couple moteur,
Ω_m : vitesse angulaire moteur,
C_r : couple en sortie de réducteur,
Ω_r : vitesse angulaire réducteur,
Ft : force de poussée du vérin,
Vt : vitesse de sortie du vérin,
J_m : inertie moteur,
k_r : rapport de réduction,
J_r : inertie du réducteur sur son arbre de sortie,
k_t : rapport de transmission écrou/vis,
M : masse de l'ensemble tige + (berceau + siège + fils).

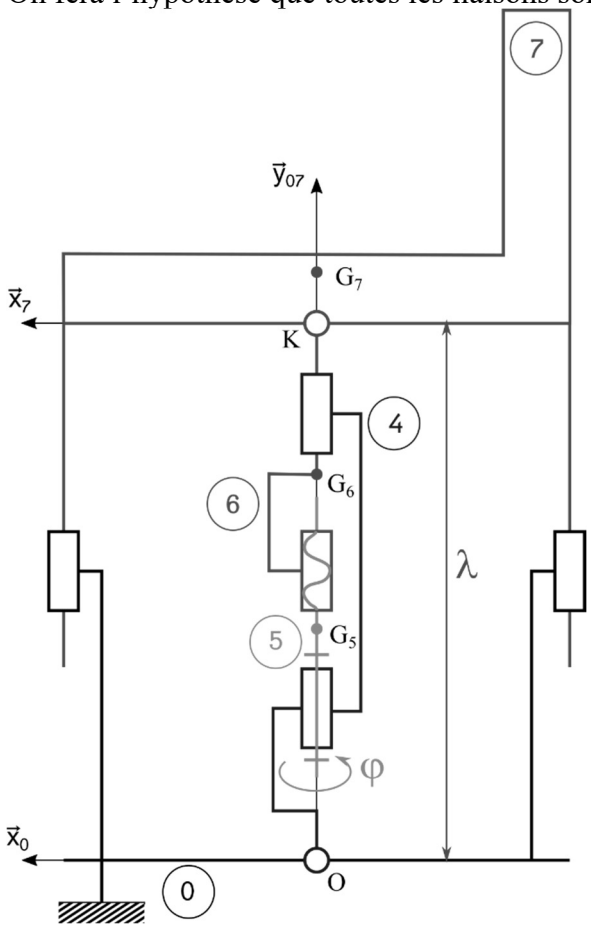
Nous allons étudier le mouvement de la masse mobile (berceau + siège + fils) et déterminer le couple nécessaire à fournir par les moteurs des vérins pour positionner la charge.



Vérin et glissières Détail de la glissière

Figure 19 - Système de levage

Le berceau ayant été équilibré statiquement afin de faciliter sa rotation, on choisit de simplifier l'étude en se ramenant à un mécanisme plan composé de deux liaisons glissières et d'un vérin (**figures 19 et 20**).
On fera l'hypothèse que toutes les liaisons sont parfaites.



⓪ : bâti de la machine,
④ : corps de vérin,
⑤ : vis du vérin,
⑥ : tige de vérin,
⑦ : berceau porte siège.

Données :

Masse du solide ⑤ : m_5,
Inertie du solide ⑤ autour de l'axe $(G_2, \overrightarrow{y_0})$: J_5,
Masse du solide ⑥ : m_6,
Masse du solide ⑦ : m_7.

$\overrightarrow{OA} = \lambda \overrightarrow{y_{07}}$,
$\overrightarrow{AG_7} = a \overrightarrow{y_{07}}$.

Figure 20 - Schéma cinématique simplifié du réglage de hauteur

Q19. Exprimer les énergies cinétiques des solides ⑦, ⑥, ⑤ notés respectivement $T(7/R_0)$, $T(6/R_0)$, $T(5/R_0)$ par rapport au repère $R_0(O, \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$.

Q20. En déduire l'expression du moment d'inertie J_T de l'ensemble mobile {5 + 6 + 7} ramené à l'axe moteur $(G_5, \overrightarrow{y_0})$.

Le couple en sortie de réducteur C_r s'exerce sur l'axe $(G_5, \overrightarrow{y_0})$ de la vis ⑤.

Q21. Déterminer les expressions des puissances extérieures et intérieures développées par les efforts qui s'exercent sur l'ensemble mobile {5 + 6 + 7}.

Q22. En déduire la relation qui relie le couple C_r et l'accélération $\ddot{\lambda}$ du berceau.

III.3 - Modélisation du moteur à courant continu du vérin.

Q23. Proposer un schéma électrique de l'induit du Moteur à Courant Continu (M.C.C.) en faisant apparaître :

R : résistance de l'induit [Ω],
L : inductance de l'induit [H],
e(t) : la force contre électromotrice [V],
$u_m(t)$: tension aux bornes de l'induit [V],
$i_m(t)$: courant induit du moteur [A].

Q24. Donner l'équation électrique des grandeurs instantanées de ce moteur : tension $u_m(t)$ en fonction du courant $i_m(t)$ et e(t). En déduire l'équation dans le domaine de Laplace reliant : $U_M(p)$, $I_M(p)$ et E(p).

Pour la suite de l'étude, les grandeurs suivantes sont introduites :

$C_{mr}(t)$: couple résistant [N·m],
$\Omega_m(t)$: vitesse angulaire moteur [rad·s^{-1}],
$u_m(t)$: tension moteur [V],
$i_m(t)$: courant induit du moteur [A],
J_T : moment d'inertie total du système mobile ramené sur l'axe moteur [kg·m^2],
K : constante de couple [N·m·A^{-1}] ou constante de force contre électromotrice [V·rd^{-1}·s].

On considère le couple résistant $C_{mr}(t)$ ramené sur l'axe moteur constant.

Q25. Exprimer la relation entre $C_m(t)$, $C_{mr}(t)$, $\Omega_m(t)$ et J. En déduire l'équation reliant : $C_M(p)$ et $\Omega_M(p)$ dans le domaine de Laplace.

On propose le schéma bloc suivant pour modéliser le moteur :

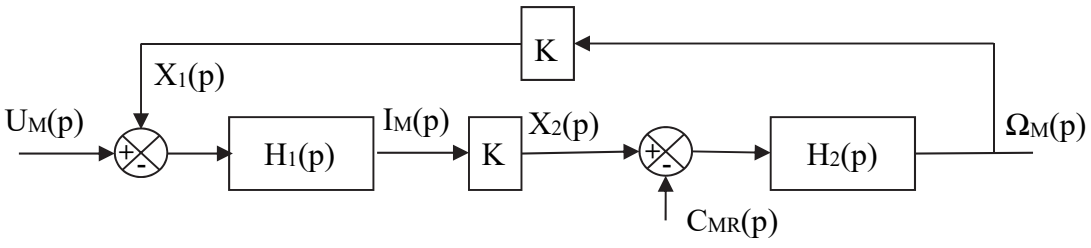


Figure 21 - Schéma bloc du moteur

Q26. Donner le nom et l'unité des deux grandeurs physiques $x_1(t)$, $x_2(t)$ dont les transformées de Laplace sont notées respectivement $X_1(p)$, $X_2(p)$ (**figure 21**).

Q27. À partir des équations de fonctionnement du M.C.C., retrouver l'expression des deux fonctions de transfert $H_1(p)$ et $H_2(p)$ (**figure 21**).

On **néglige** maintenant le couple résistant $C_{mr}(t)$ ainsi que l'inductance L du moteur.

Q28. Déterminer alors le schéma bloc simplifié ayant pour entrée $U_M(p)$ et pour sortie $\Omega_M(p)$.
En déduire la fonction de transfert $H(p) = \frac{\Omega_M(p)}{U_M(p)}$ et montrer qu'elle peut se mettre sous la forme $H(p) = \frac{K'}{1+\tau_m.p}$. Exprimer alors K' et τ_m.

III.4 - Étude du positionnement

On souhaite d'abord étudier le positionnement de la tige du vérin.

Les performances attendues sont les suivantes :
- stabilité : marge de phase > 45 °,
- précision : écart par rapport à la consigne < 1 mm.

Un codeur incrémental à 2 voies en quadrature est placé sur l'axe de rotation moteur.

Q29. Donner le principe de fonctionnement d'un tel codeur. Qualifier les signaux des deux voies du codeur en proposant un chronogramme.

On donne ci-dessous le shéma de principe d'un vérin électrique.

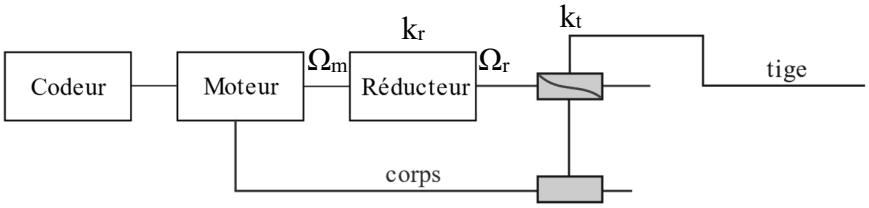


Figure 22 - Schéma de principe du schéma électrique

Avec k_r = 1/3,5 (rapport de réduction du réducteur) ; k_t = 12,7 mm·tr^{-1} (rapport de transmission écrou/vis).

Q30. En vous aidant de la **figure 22**, déterminer la résolution (nombre d'impulsions par tour) du codeur nécessaire pour obtenir une mesure du déplacement de la tige du vérin avec une précision minimale de 1 mm.

Ce codeur associé à son conditionneur fournit une grandeur analogique V_c, image de l'angle de rotation du rotor Θ_m comme le montre la **figure 23** où :
- I_{mp} est le nombre d'impulsions en sortie du codeur,
- N est une valeur numérique.

Q31. Indiquer le nom et la fonction des composants manquants (**figure 21)** à utiliser pour obtenir cette grandeur.

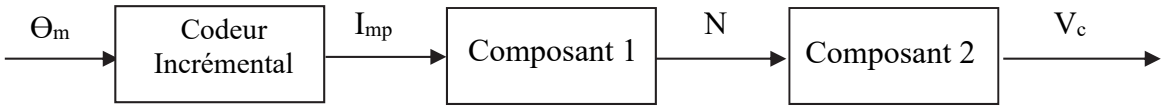


Figure 23 - Schéma fonctionnel de la chaine de mesure

Le schéma bloc de l'asservissement en position est le suivant :

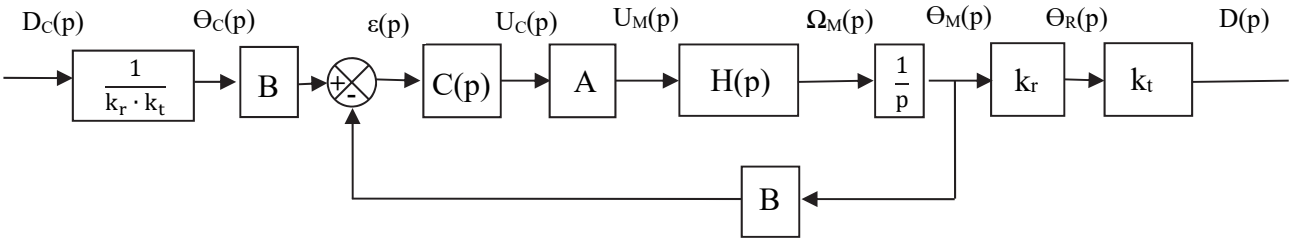


Figure 24 - Schéma bloc de la régulation de position

Avec

D_C : consigne de position [mm],
Θ_C : consigne d'angle demandée [°],
B : gain de la chaîne de mesure de la position angulaire de l'arbre de sortie du moteur,
$\varepsilon(p)$: erreur,
C(p) : correcteur,
$U_C(p)$: tension de commande du variateur [V],
A : gain du variateur de commande du M.C.C.,
Ω_M : vitesse de rotation de l'arbre de sortie du moteur [$°\cdot s^{-1}$],
Θ_M : angle de l'arbre de sortie du moteur [°],
k_r : rapport de réduction du réducteur,
Θ_R : angle de l'arbre de sortie du réducteur [°],
k_t : rapport de transmission vis/écrou [$mm\cdot tr^{-1}$],
D : position réelle de la tige du vérin [mm].

On souhaite vérifier la nécessité de placer un correcteur et définir le réglage de celui-ci.
En première approche, le correcteur utilisé sera un correcteur proportionnel, tel que C(p) = C.

Q32. Donner l'expression de B' pour que le schéma bloc de l'asservissement puisse se mettre sous la forme du schéma bloc de la **figure 25**. Proposer un schéma bloc équivalent avec un retour unitaire.

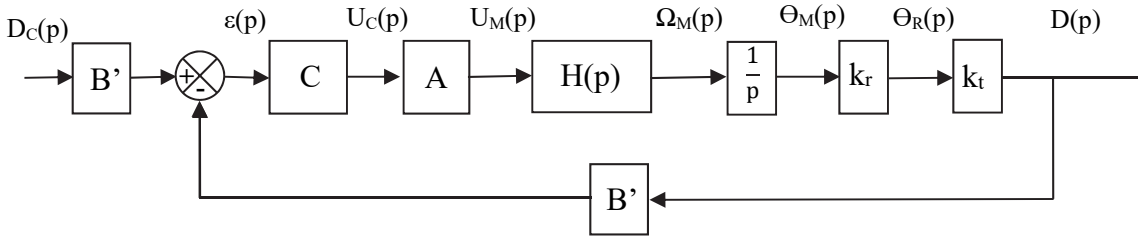


Figure 25 - Schéma bloc modifié de la régulation de position

Q33. Déterminer alors la fonction de transfert en boucle ouverte, G(p) (**figure 26**) ; montrer qu'elle peut se mettre sous la forme : $G(p) = \frac{A_0}{(1+\tau_m \cdot p)p}$. Déterminer l'expression du gain A_0 en fonction de A, B et K'.

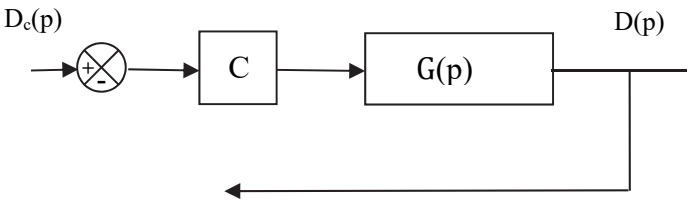


Figure 26 - Schéma bloc de la FTBO : G(p)

Q34. Tracer l'allure des diagrammes asymptotiques de Bode (phase et gain) de la fonction de transfert C·G(p) sur le **DR5.**
Quelle valeur doit prendre C·Ao pour que la marge de phase soit de 45° ?

Un essai indiciel, que vous trouverez sur le **DR4**, a été effectué sur le système décrit par la **figure 27**. Cette schématisation est à relier avec la **figure 24**.

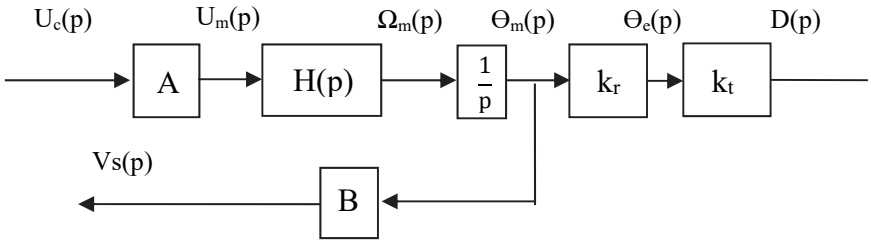


Figure 27 - Schéma bloc de l'essai indiciel

Les courbes suivantes ont été relevées.

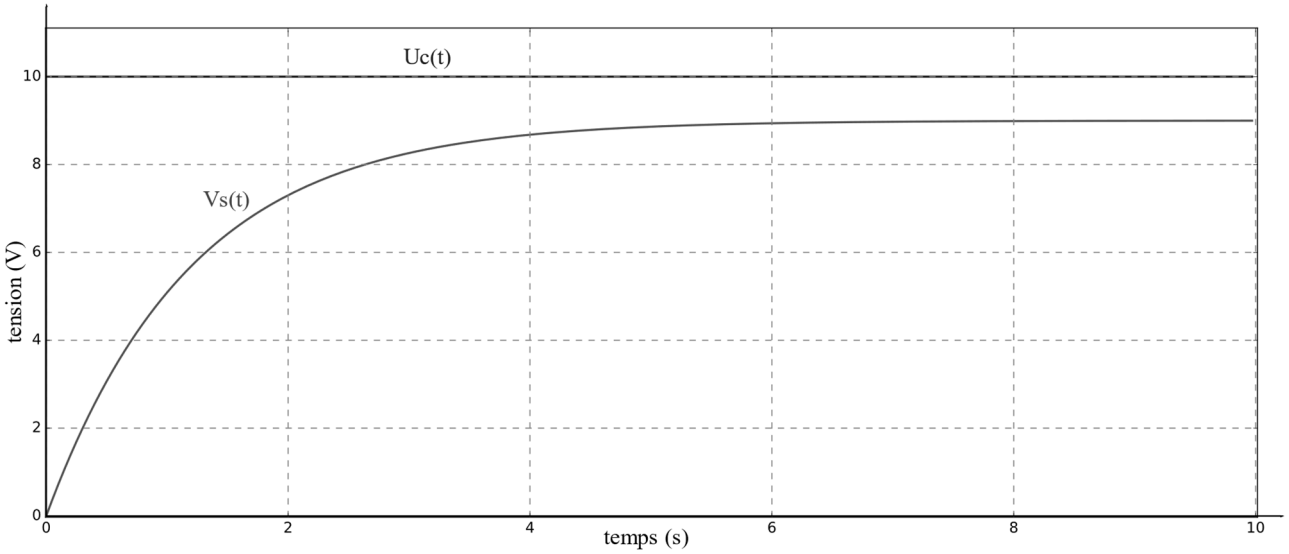


Figure 28 - Consigne et réponse indicielle du système présenté à la **figure 27**

Q35. Déduire graphiquement, à partir du **DR4,** la constante de temps τ_m et le gain A_0 définis à la question **Q33**. Indiquer sur le **DR4** les grandeurs utiles.
En déduire la valeur du correcteur C pour respecter la performance de stabilité attendue.

Q36. Calculer l'erreur statique ε(p) de ce système asservi.

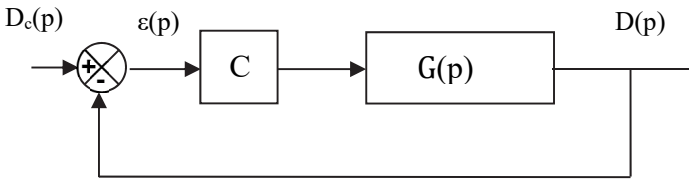


Figure 29 - Système bouclé

En déduire que, si on utilise un codeur 8 pts/tour, la performance de précision attendue est respectée.

III.5 - Commande du moteur à courant continu du vérin

On utilise la structure suivante pour commander le M.C.C.

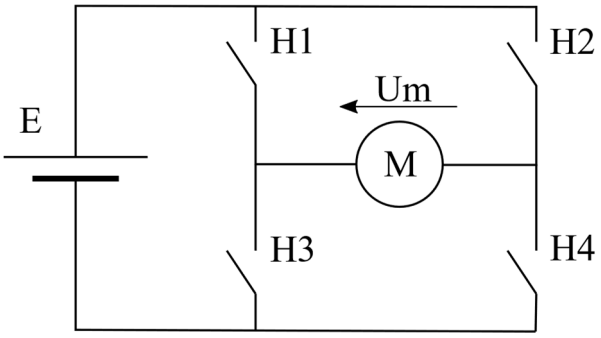


Figure 30 - Schéma de principe de commande du M.C.C.

Le vérin électrique (**figure 22**) ayant pour transmetteurs un réducteur et un système vis-écrou, sa chaîne d'énergie est irréversible.

Q37. Dans quels quadrants de fonctionnement, dans le plan couple-vitesse, le moteur M.C.C. doit-il pouvoir fonctionner ? Justifier votre réponse.
Donner le nom du convertisseur statique de la **figure 30**.

Q38. Proposer un chronogramme de commande des interrupteurs H1, H2, H3 et H4 permettant de faire varier la vitesse du moteur, dans le cas où le berceau monte (Um > 0).
Préciser le type d'interrupteurs à utiliser pour permettre ce fonctionnement.

Partie IV - Exigence « Garantir la sécurité de l'opérateur »

IV.1 - Analyse de la sécurité

La démarche générale d'un concepteur pour atteindre la sécurité des machines est illustrée sur la **figure 31**.

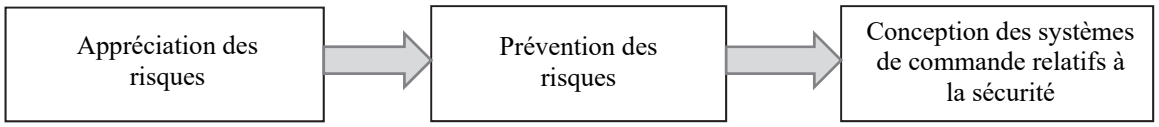


Figure 31 - Démarche générale

L'appréciation du risque selon la norme « NF EN ISO 12100 » vise 3 objectifs :

- réduire ou éliminer le risque,
- choisir le niveau adéquat de sécurité,
- assurer la protection des personnes.

Trois grandes catégories de phénomènes dangereux ont été identifiées : mécaniques (écrasement, choc, …) ; électriques (électrocution, …) ; physico-chimiques (projection de substances dangereuses, brûlures…).

L'estimation du risque se fera, pour chaque situation dangereuse, par une analyse de :

- la gravité de la lésion ou du dommage (facteur S),
- la fréquence et la durée d'exposition dans la zone (facteur F),
- la possibilité d'éviter ou de limiter le phénomène dangereux (facteur P).

L'objectif du concepteur est de garantir que les défauts des parties d'un système de commande relatives à la sécurité ou des perturbations extérieures ne peuvent pas conduire à une situation dangereuse sur la machine.

On souhaite évaluer les risques de la cabine de soudure selon la norme « NF EN ISO 13849-1 » en utilisant le diagramme situé en **annexe 4.**

Q39. Définir le niveau de performance requis (PLr) du système de commande de la cabine de soudure. Pour cela, compléter le **DR4** en entourant à chaque fois la lettre de sélection (S1 ou S2) puis (F1 ou F2) et enfin (P1 ou P2).

Les circuits de commande à mettre en œuvre pour assurer la sécurité d'une machine sont classés en 5 catégories d'un niveau croissant de performances : B, 1, 2, 3 et 4. (**annexe 5**) Cette classification est une aide à la conception des circuits afin d'éviter une situation dangereuse dans le cas d'une défaillance au niveau d'une chaîne fonctionnelle mise en œuvre pour assurer la sécurité sur une machine.

On associe l'indice PLr à la catégorie de la façon suivante :

Indice PLr	a	b	c	d	e
Catégorie	B	1	2	3	4

On souhaite maintenant vérifier que les solutions de sécurité choisies du circuit de commande pour cette cabine de soudage respectent bien les exigences décrites dans la 3e colonne du tableau de l'**annexe 5.**

Une solution utilisant un relais de sécurité a été choisie pour gérer les arrêts d'urgence de cette cabine de soudage, dont le schéma de câblage est donné **figure 32.**

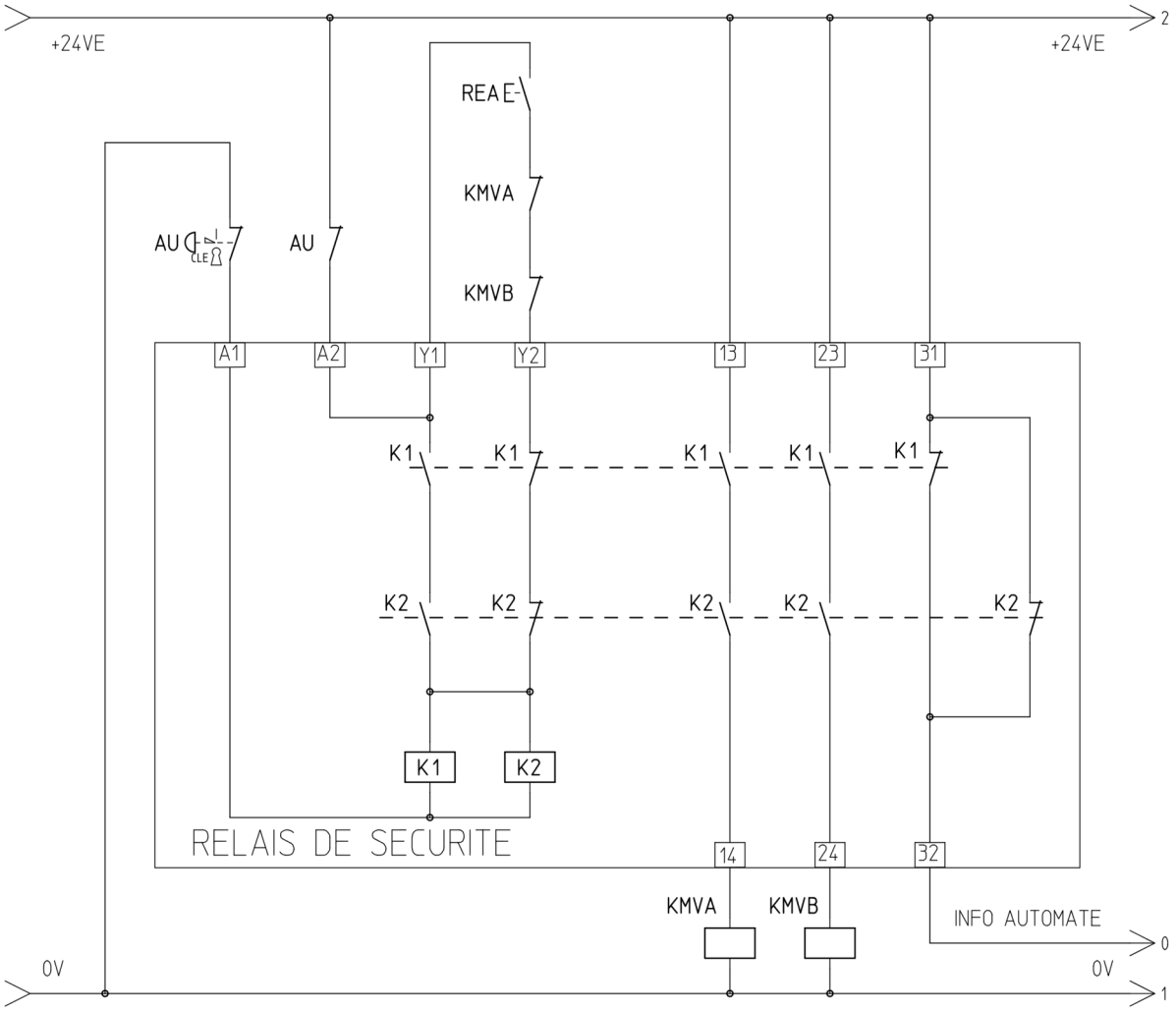


Figure 32 - Schéma de câblage du relais de sécurité

Les bobines des relais K1, K2, KMVA et KMVB sont enclenchées quand une tension de 24 V continue est présente à leurs bornes.

Q40. À partir du schéma de câblage de la **figure 32**, compléter les chronogrammes sur le **DR7** pour les 3 situations de fonctionnement suivantes :

- pas de défaut des éléments de sécurité,
- un contact de l'arrêt d'urgence reste collé mécaniquement, il reste donc toujours passant,
- le relais interne K1 reste collé mécaniquement, donc les contacts K1 associés restent fermés.

Conclure en précisant dans chaque situation sur le **DR7** si :

- l'arrêt est pris en compte sur une action sur AU,
- le réarmement est possible après acquittement de l'AU.

On place une barrière immatérielle pour sécuriser la zone de chargement. Ce dispositif fonctionne par émission d'un « rideau » constitué de faisceaux de lumière infrarouge inoffensive devant la zone dangereuse. Dès qu'un faisceau est occulté par l'intrusion d'une personne (d'une main) dans la zone contrôlée, le circuit électronique de la barrière immatérielle permet d'arrêter les mouvements dangereux de la partie opérative.

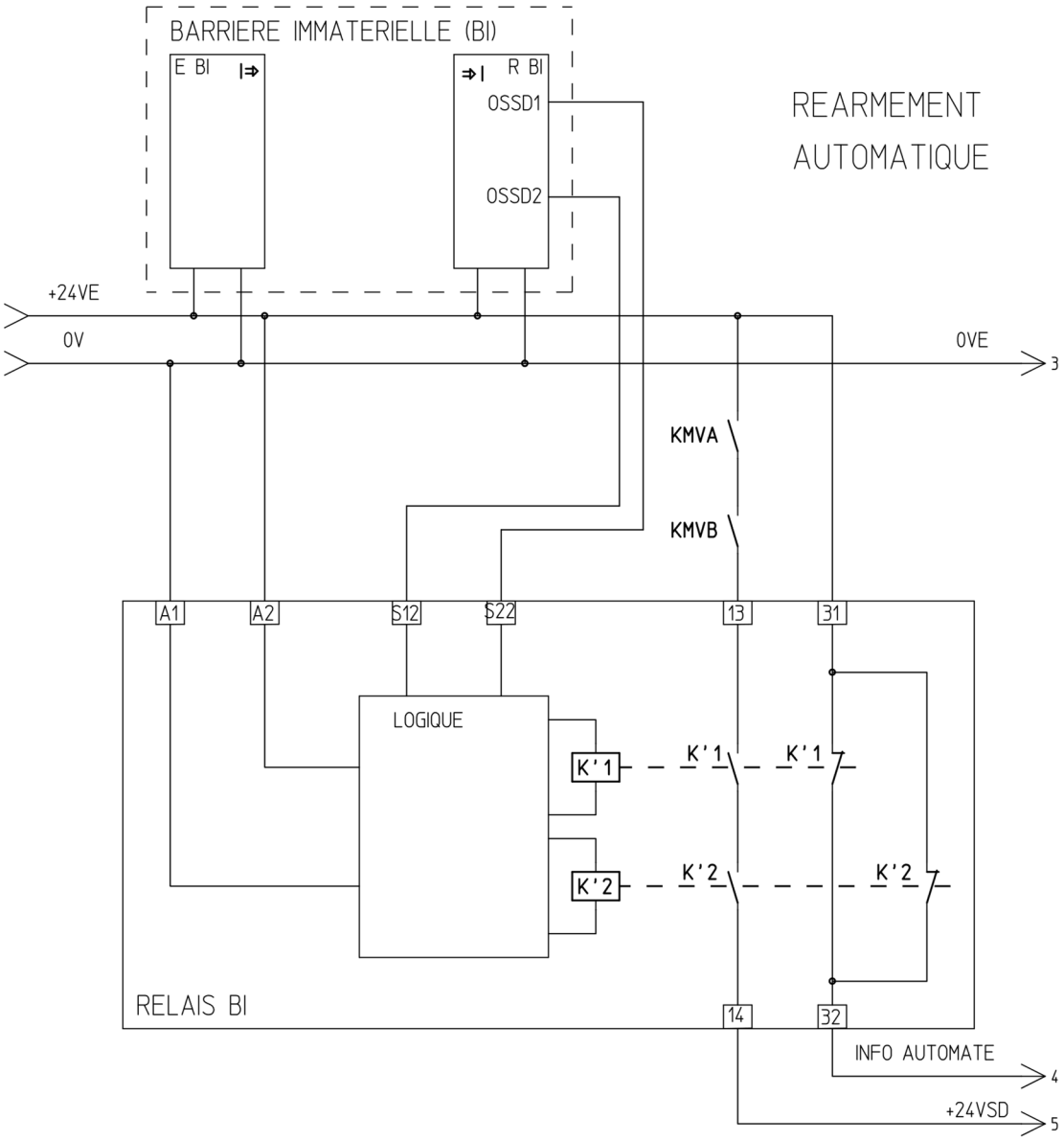


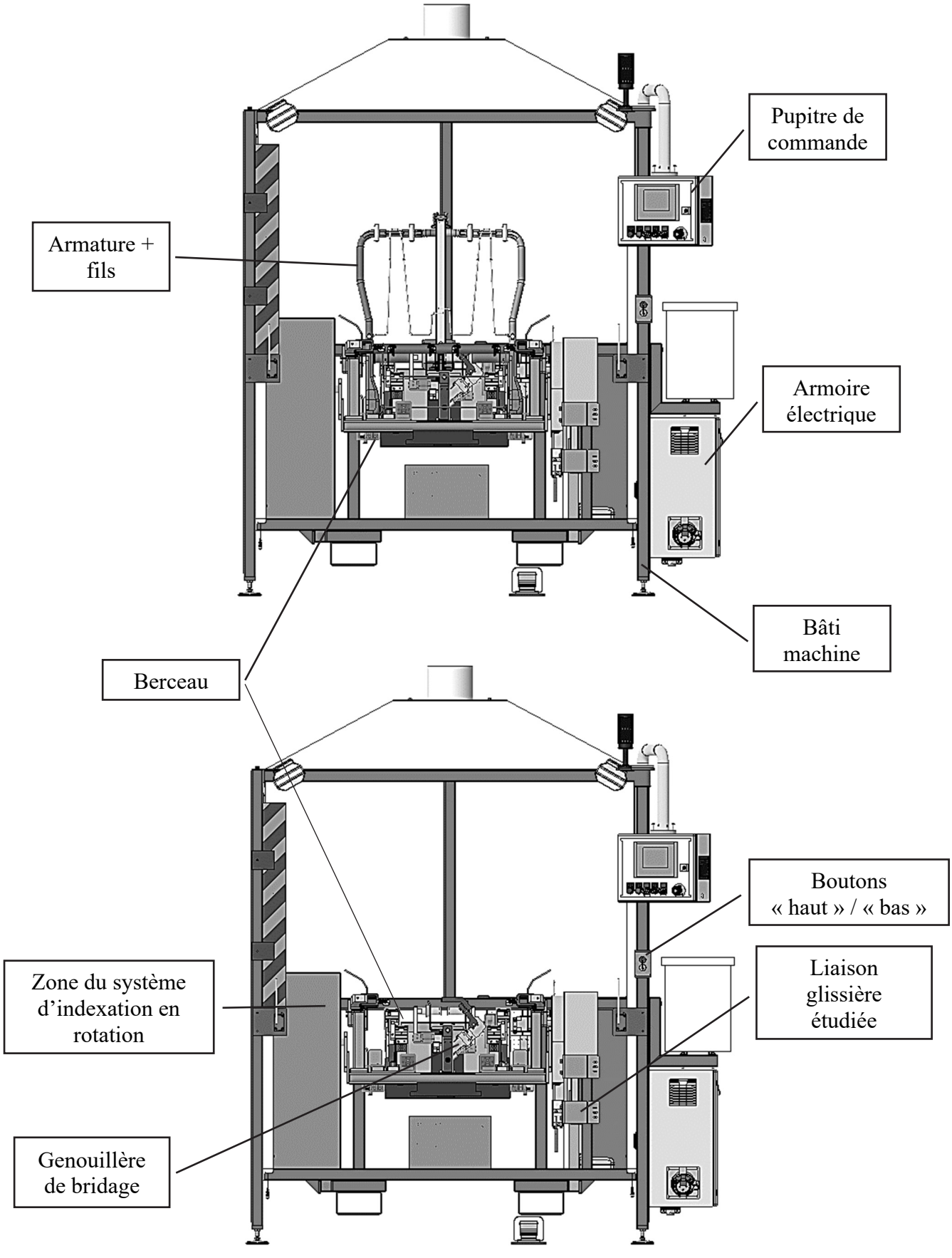
Figure 33 - Schéma de câblage de la barrière immatérielle (BI)

Lorsqu'aucun objet n'est détecté et si le faisceau est bien détecté, les sorties OSSD1 et OSSD2 du récepteur de la BI sont à « 1 ». La logique de commande du relais BI permet de commander les 2 relais K'1 et K'2 s'il n'y a pas de défaut.

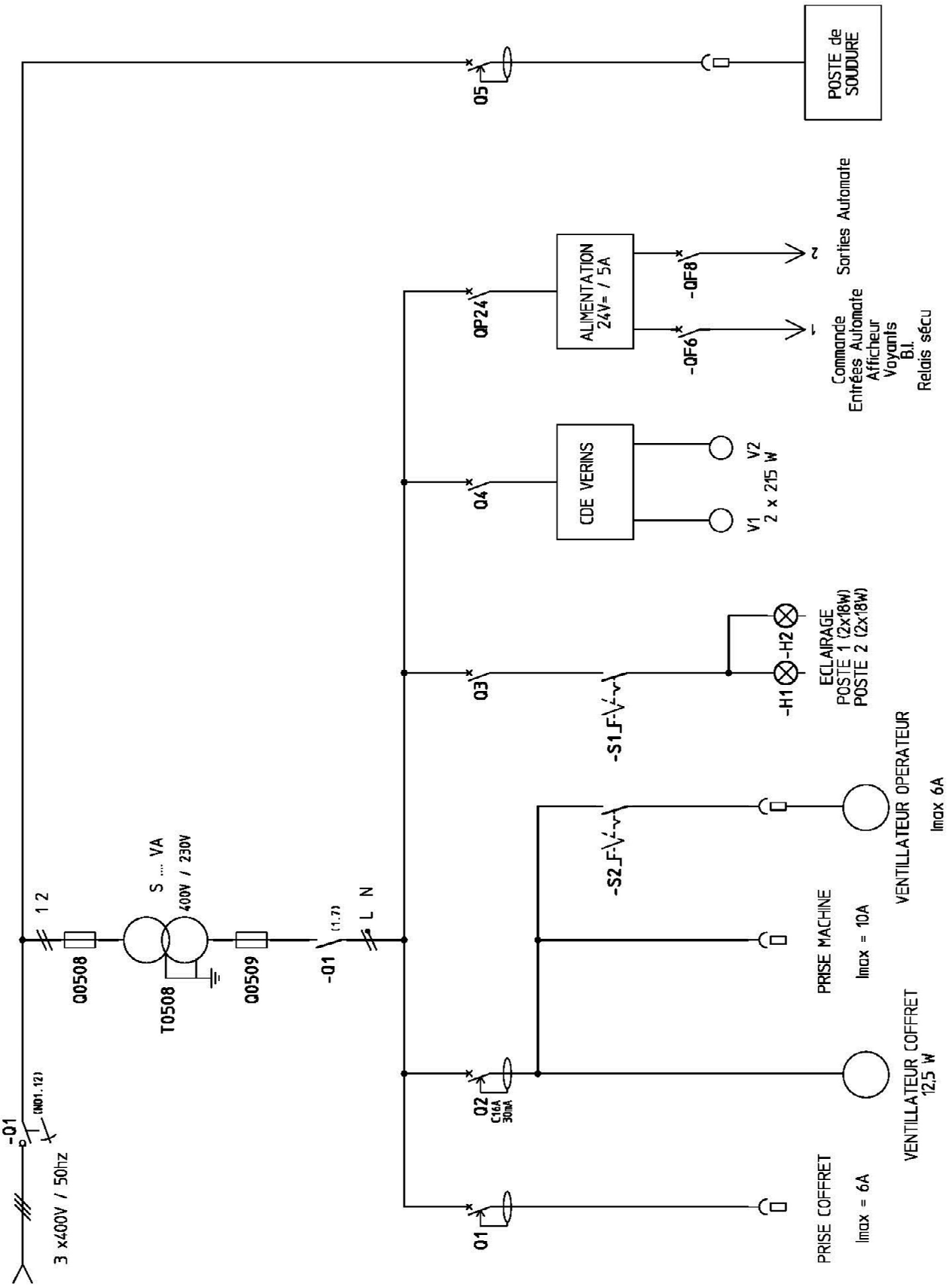
Q41. À partir du schéma de câblage de la **figure 33**, compléter les chronogrammes sur le **DR7**. Conclure, sur le document réponse, sur la fonction sécurité de la barrière immatérielle. Préciser sur le chronogramme les instants où la cabine ne peut plus être commandée.

Q42. Les solutions de sécurité choisies pour le circuit de commande respectent-elles les exigences décrites en relation avec votre indice PLr, déterminé à la question **Q39** ?
Justifier la réponse.

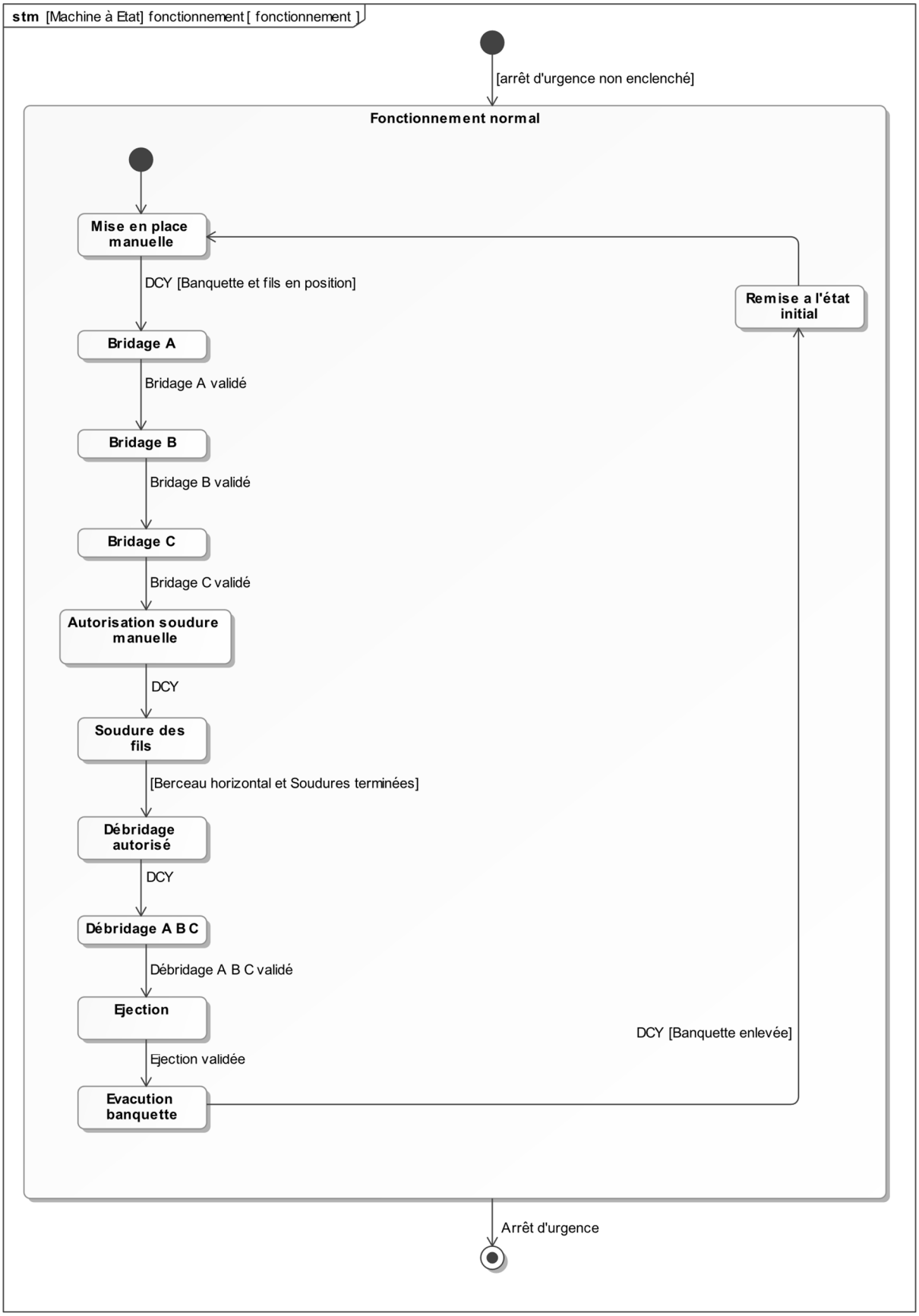
Annexe 1
Structure de la cabine de soudage



Annexe 2
Schéma électrique unifilaire



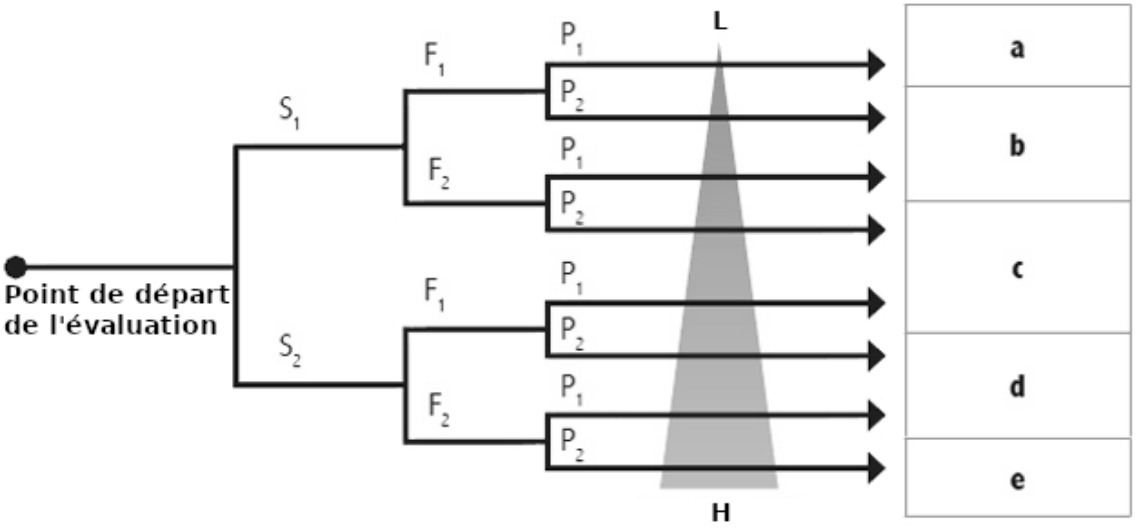
Annexe 3
Graphe d'état du fonctionnement normal



Annexe 4
L'évaluation du risque

Mise en évidence du principe d'estimation du niveau de performance requis (PLr) pour une machine selon la norme NF EN ISO 13849-1

Graphique de référence :



L : Contribution faible à la réduction du risque,
H : Contribution élevée à la réduction du risque.

Paramètres de risque à considérer :

S : Gravité de la blessure :
- **S1 :** Blessure légères (normalement réversible),
- **S2 :** Blessure grave normalement irréversible y compris le décès).

F : Fréquence et/ou durée d'exposition au phénomène dangereux :
- **F1 :** Rare à assez fréquent et /ou courte durée d'exposition,
- **F2 :** Fréquente à continue et/ou longue durée d'exposition.

P : Possibilité d'éviter le phénomène dangereux ou de limiter le dommage :
- **P1 :** Possible sous certaines conditions,
- **P2 :** Rarement possible.

Annexe 5
Caractéristiques des catégories selon la norme NF EN ISO 13849-1

Catégories	Base principale de la sécurité	Exigences du système de commande	Comportement en cas de défaut	Structure typique d'un circuit de sécurité en cas de défaut	Exemples pratiques de circuits de sécurité	Commentaires
B	**Par la sélection de composants conformes aux normes pertinentes**	Contrôle correspondant aux règles de l'art en la matière.	Perte possible de la fonction de sécurité.	–	–	–
1	**Par la sélection de composants et de principes de sécurité**	Utilisation de composants éprouvés et de principes de sécurité éprouvés.	Perte possible de la fonction de sécurité avec une probabilité plus faible qu'en **B**.	Entrée → Unité de traitement → Sortie		■ Pas de redondance sur l'entrée (commande). ■ Pas de redondance interne assurée par le relais à contacts liés mécaniquement. ■ Pas de redondance sur la sortie.
2	**Par la sélection de composants et de principes de sécurité**	Test par cycle. La périodicité du test doit être adaptée à la machine et à son application.	Défaut détecté à chaque test.	Entrée → Unité de traitement → Sortie ; Contrôle périodique		■ Redondance ou pas de redondance sur les entrées. ■ La boucle de retour permet d'assurer un test cyclique sur la sortie (périodicité à définir selon l'application).
3	**Par la structure des circuits de sécurité**	Un défaut unique ne doit pas mener à la perte de la fonction sécurité. Ce défaut doit être détecté, si cela est raisonnablement faisable.	Fonction de sécurité garantie, sauf en cas d'accumulation de défauts.	Entrée 1 → Unité de traitement 1 → Sortie 1 ; Entrée 2 → Unité de traitement 2 → Sortie 2		■ Redondance sur les entrées. ■ Redondance sur les sorties.
4	**Par la structure des circuits de sécurité**	Un défaut unique ne doit pas mener à la perte de la fonction sécurité. Ce défaut doit être détecté dès, ou avant, la sollicitation suivante de la fonction de sécurité. Une accumulation de défauts ne doit pas mener à la perte de la fonction de sécurité.	Fonction de sécurité toujours garantie.	Entrée 1 → Unité de traitement 1 → Sortie 1 ; Entrée 2 → Unité de traitement 2 → Sortie 2		■ Redondance sur les entrées. ■ Redondance sur les sorties. ■ La boucle de retour permet d'assurer un test cyclique sur les sorties.

FIN

IMPRIMERIE NATIONALE – 20 1174 – D'après documents fournis

CONCOURS COMMUN INP

Numéro d'inscription

Numéro de table

Né(e) le

Nom :

Prénom :

Emplacement QR Code

Filière : TSI

Session : 2020

Épreuve de : Sciences Industrielles de l'Ingénieur

Consignes

- *Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer*
- *Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir*
- *Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)*
- *Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)*
- *Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre*

TSI7SI

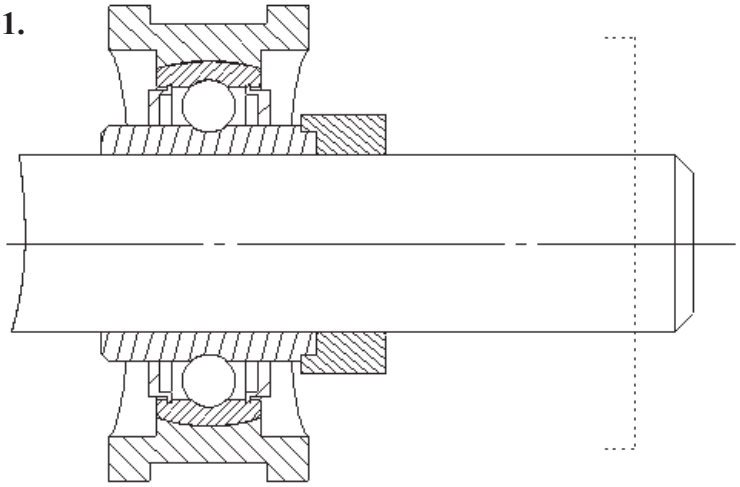
DOCUMENT RÉPONSE
(à rendre avec la copie)

Pour des raisons de place, les documents-réponses ne sont pas présentés dans l'ordre croissant des questions.

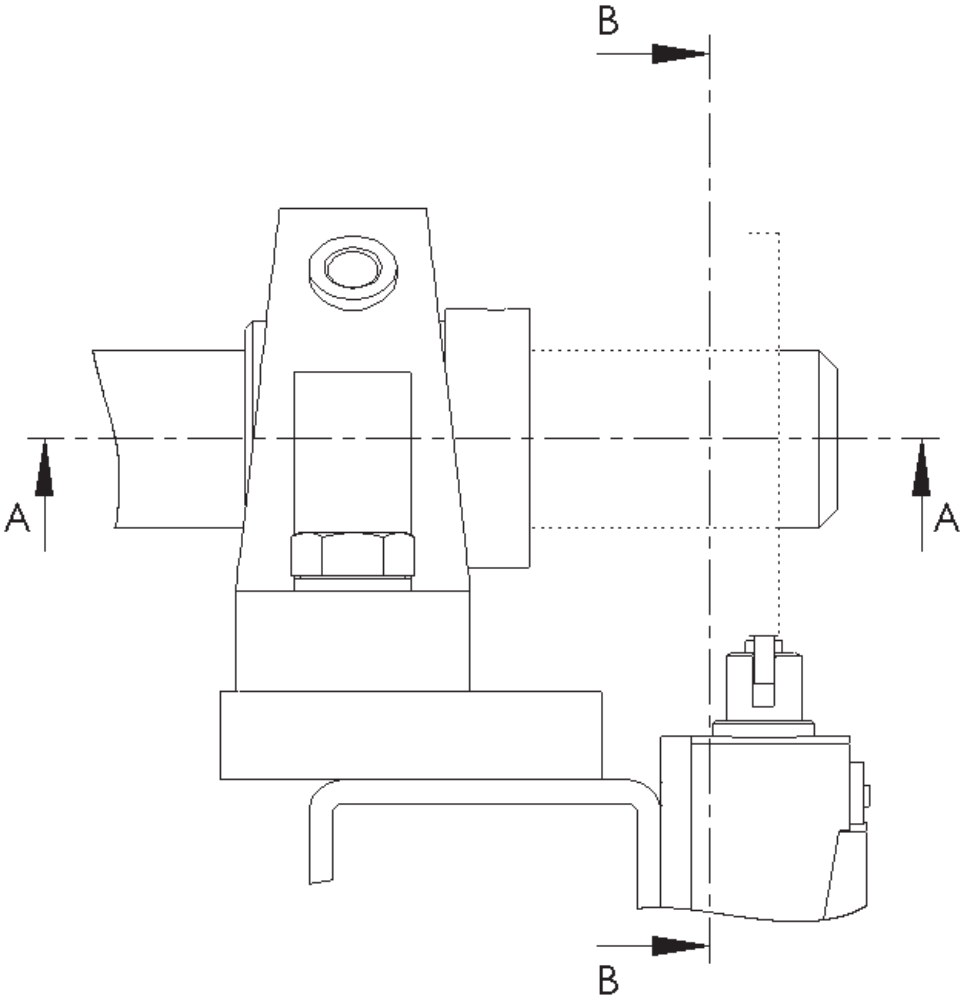
Q1 – DR1 – page 2/8
Q12 – DR2 – page 3/8
Q16 – DR3 – page 4/8
Q17 – DR6 – page 7/8
Q34 – DR5 – page 6/8
Q35 – DR4 – page 5/8
Q39 – DR4 – page 5/8
Q40 – DR7 – page 8/8
Q41 – DR7 – page 8/8

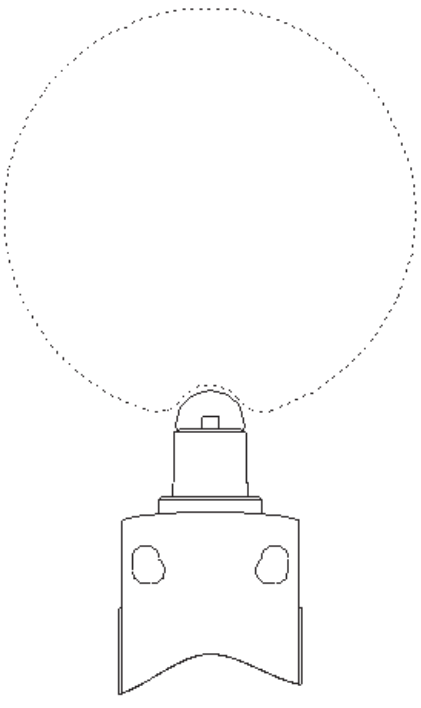
NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

Q1.



COUPE A-A

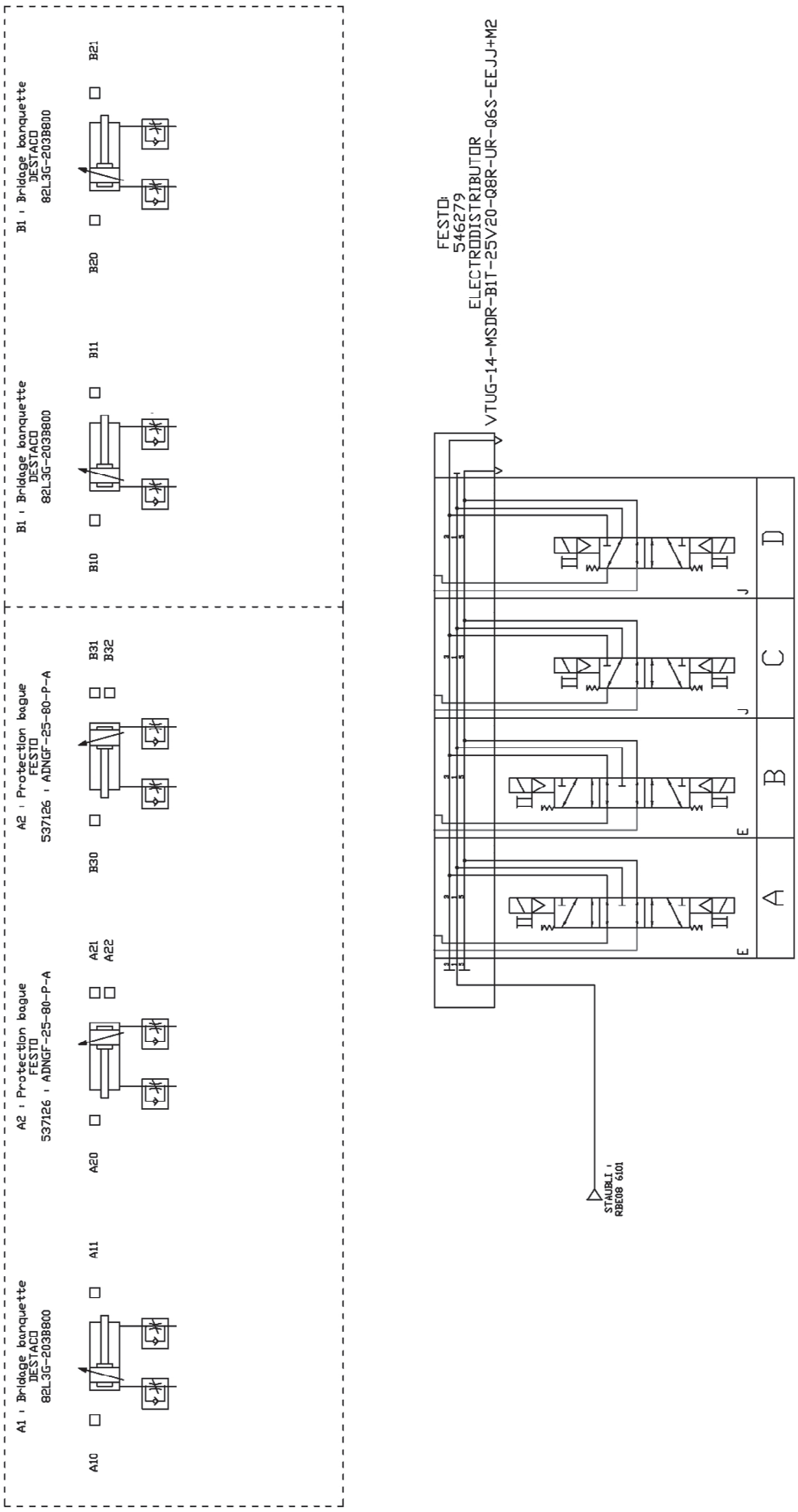




COUPE B-B

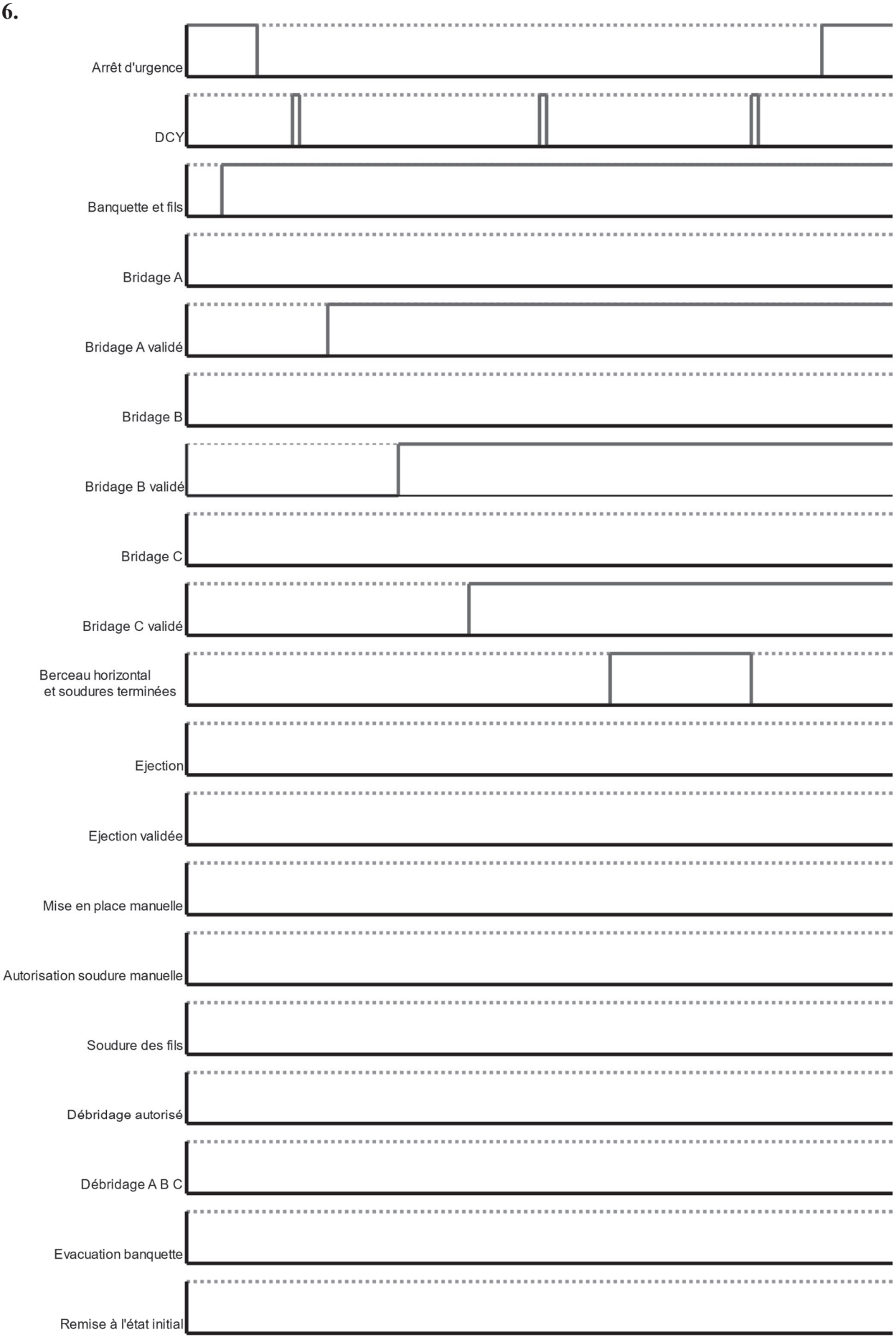
DR1

Q12.


A1 : Bridage banquette
DESTACO
82L3G-2038800
A10
A11
A2 : Protection bague
FESTO
537126 : ADNGF-25-80-P-A
A20
A21
A22
B30
B31
B32
B1 : Bridage banquette
DESTACO
82L3G-2038800
B10
B11
B20
B21
FESTO
546279
ELECTRODISTRIBUTOR
VTUG-14-MSDR-B1T-25V20-Q8R-UR-Q6S-EEJJ+M2
A
B
C
D
STAUBLI
RBE08 6101

DR2

Q16.


Arrêt d'urgence
DCY
Banquette et fils
Bridage A
Bridage A validé
Bridage B
Bridage B validé
Bridage C
Bridage C validé
Berceau horizontal et soudures terminées
Ejection
Ejection validée
Mise en place manuelle
Autorisation soudure manuelle
Soudure des fils
Débridage autorisé
Débridage A B C
Evacuation banquette
Remise à l'état initial

DR3

Numéro d'inscription

Numéro de table

Né(e) le

Nom : _____

Prénom : _____

Emplacement QR Code

Filière : TSI

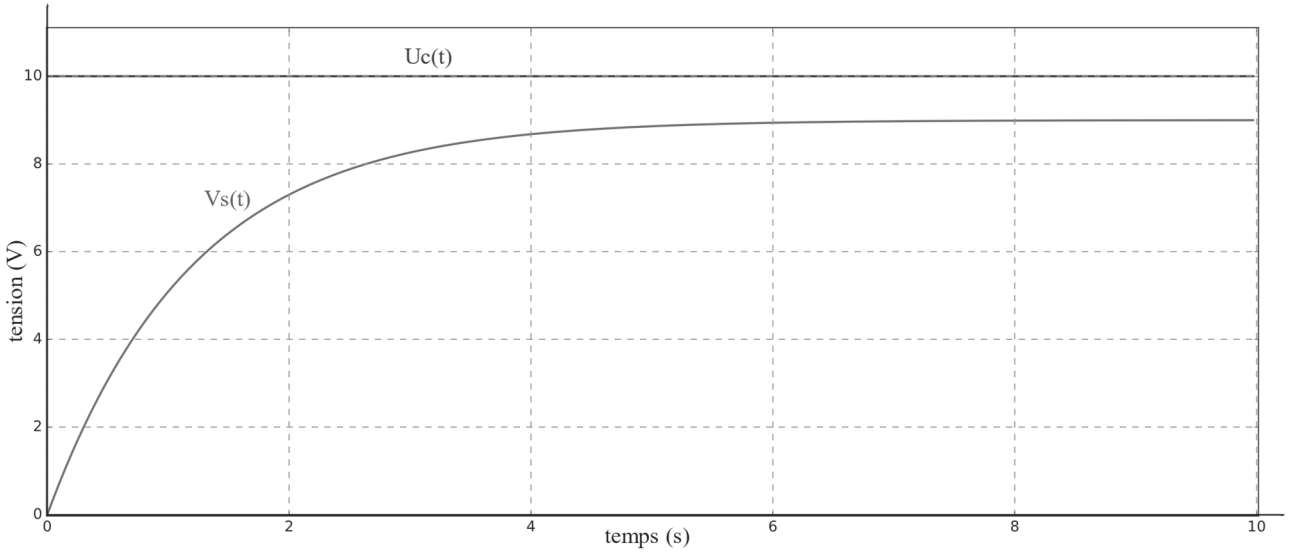
Session : 2020

Épreuve de : Sciences Industrielles de l'Ingénieur

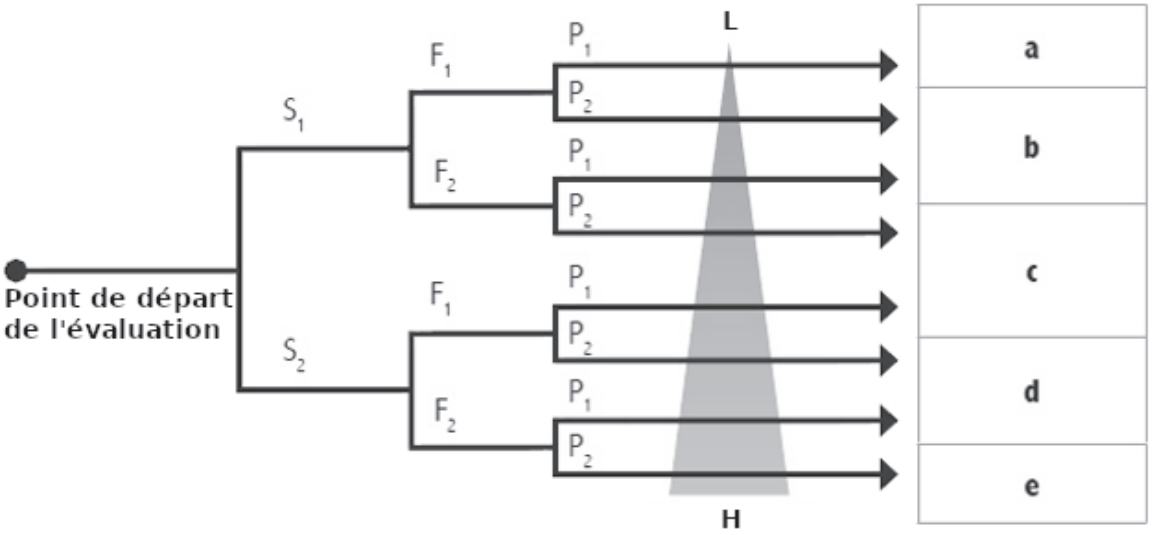
Consignes

- *Remplir soigneusement l'en-tête de chaque feuille avant de commencer à composer*
- *Rédiger avec un stylo non effaçable bleu ou noir*
- *Ne rien écrire dans les marges (gauche et droite)*
- *Numéroter chaque page (cadre en bas à droite)*
- *Placer les feuilles A3 ouvertes, dans le même sens et dans l'ordre*

Q35.



Q39.

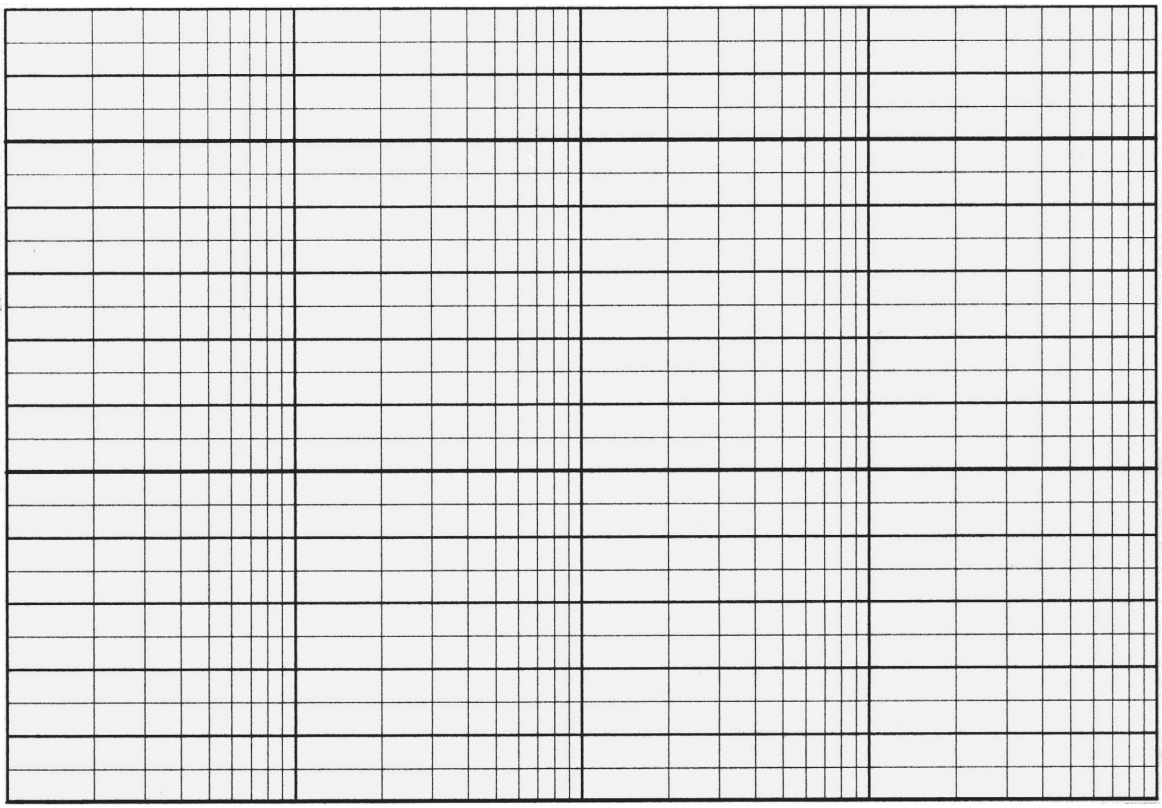


DR4

NE RIEN ÉCRIRE DANS CE CADRE

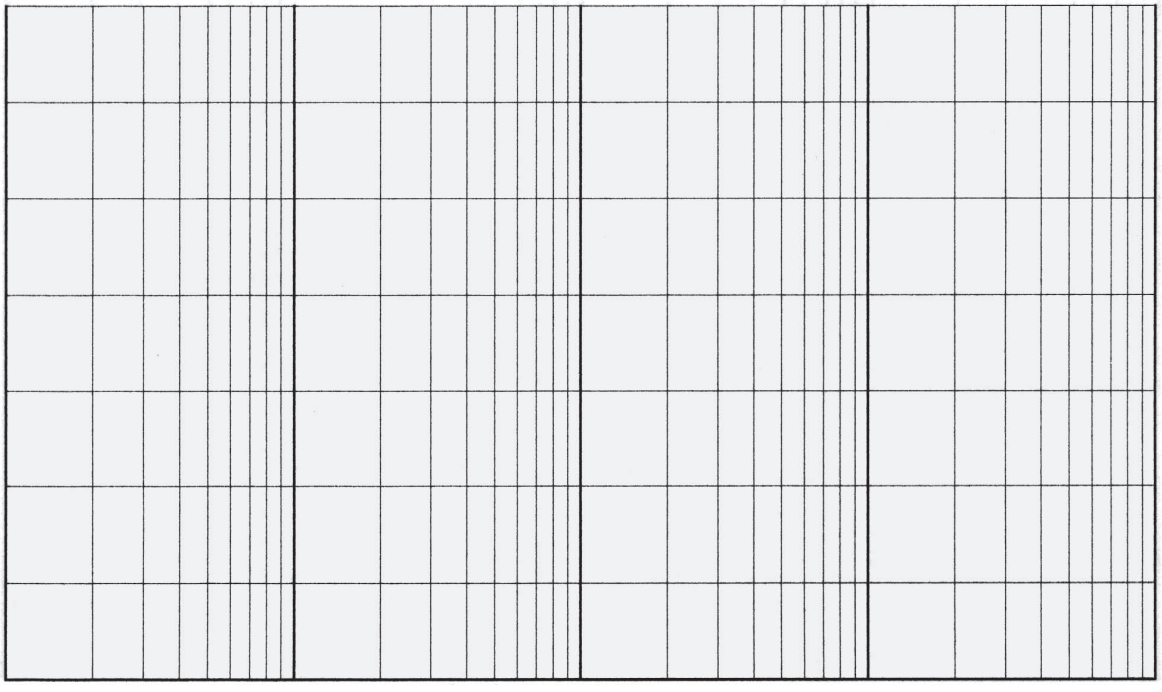
Q34.

Diagramme de Gain en Db



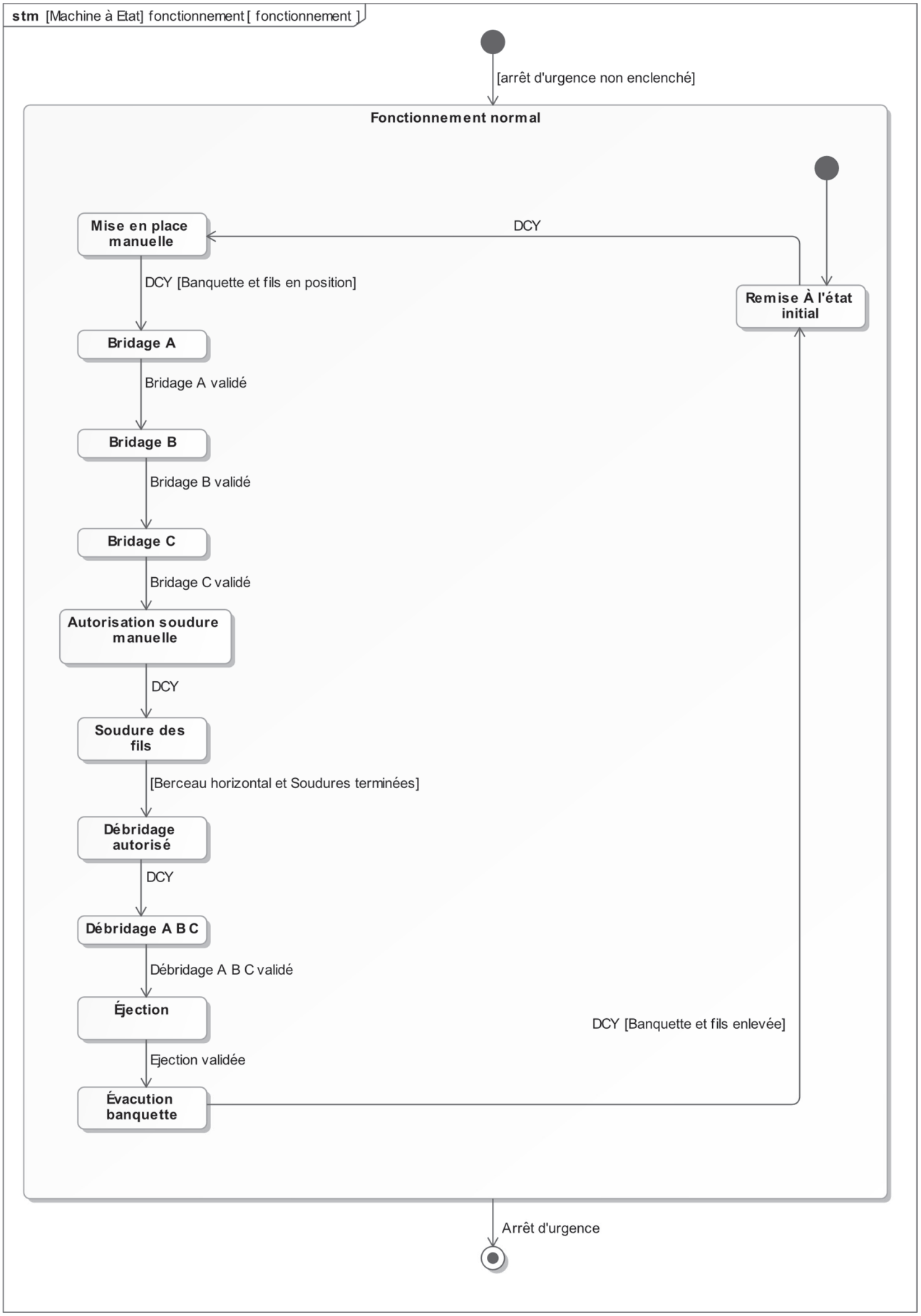
Pulsation en rad/s

Diagramme de Phase en degrés



DR5

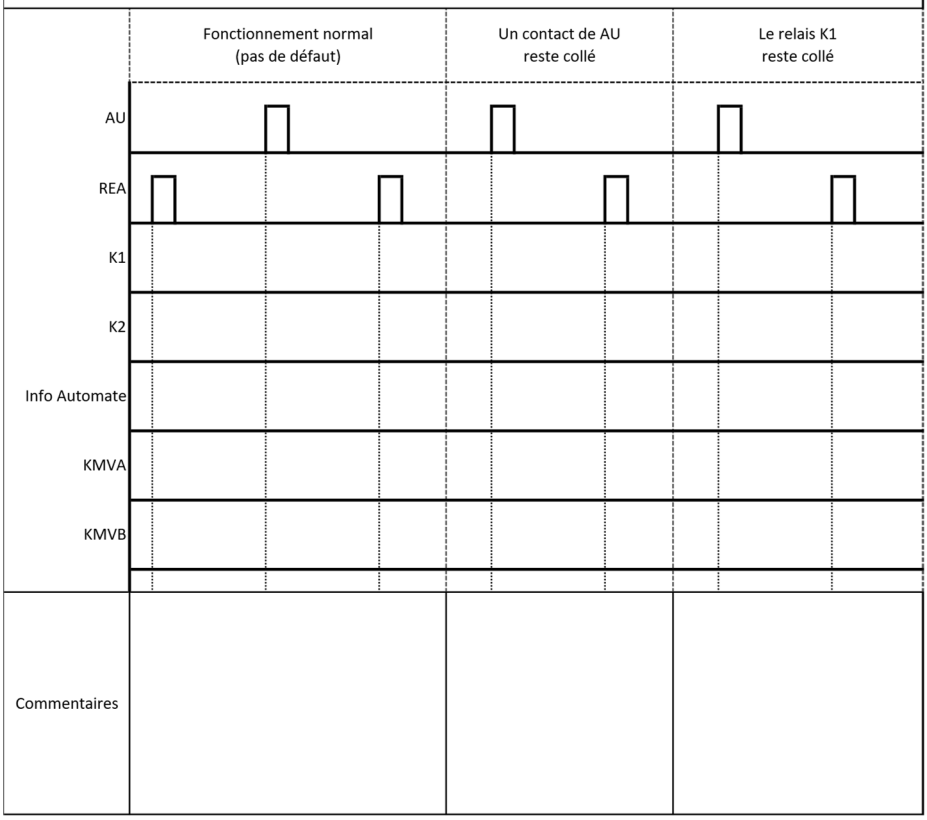
Q17.


stm [Machine à Etat] fonctionnement [fonctionnement]
[arrêt d'urgence non enclenché]
Fonctionnement normal
Mise en place manuelle
DCY
DCY [Banquette et fils en position]
Remise À l'état initial
Bridage A
Bridage A validé
Bridage B
Bridage B validé
Bridage C
Bridage C validé
Autorisation soudure manuelle
DCY
Soudure des fils
[Berceau horizontal et Soudures terminées]
Débridage autorisé
DCY
Débridage A B C
Débridage A B C validé
Éjection
DCY [Banquette et fils enlevée]
Ejection validée
Évacution banquette
Arrêt d'urgence

DR6

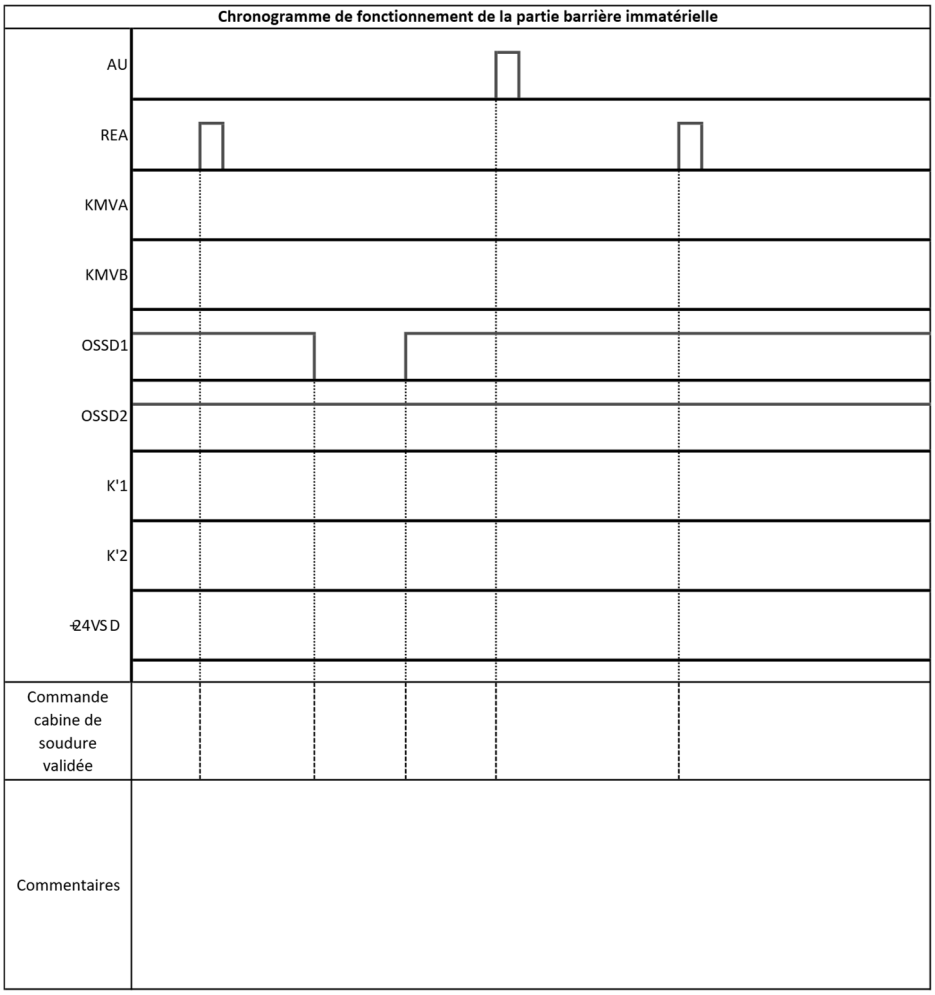
Q40.

Chronogramme de fonctionnement du relais de sécurité



Q41.

Chronogramme de fonctionnement de la partie barrière immatérielle



DR7

Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de TSI chapitre par chapitre : cours détaillé, méthodes, pièges, exercices et problèmes corrigés pas à pas, tirés des concours. L'essai gratuit donne accès aux chapitres offerts de ta filière, sans carte bancaire.

Chapitres liés à ce sujet

- Géométrie des masses : centre d'inertie, matrice d'inertie, théorème de Huygens
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Dynamique des systèmes de solides : principe fondamental, stratégie d'isolement, équilibrage
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- Cinétique : torseurs cinétique et dynamique, énergie cinétique, inertie équivalente
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement

Ouvrir l'essai gratuit

Scanne le code ou clique sur le bouton.

prepahelp.com/#essai

Une question sur le concours ou sur ta filière : **écrire sur WhatsApp**

Les autres années et épreuves : prepahelp.com/annales/ccinp/tsi