Banque PT, France

Session 2022, filière PT

Sciences industrielles C

Durée : 6 heures

Ce que traite le sujet

- I. Analyse du robot
- II. Cinématique du robot
- III. Étude énergétique du robot
- IV. Conception du système de coupe
- V. Industrialisation du robot

Sujet reproduit sans retouche à partir de la page suivante.

Résumé des parties, chapitres de cours liés et autres années :
prepahelp.com/annales/banque-pt/pt/2022/si-c

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

Epreuve de Sciences Industrielles C

Durée 6 h

Si, au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, d'une part il le signale au chef de salle, d'autre part il le signale sur sa copie et poursuit sa composition en indiquant les raisons des initiatives qu'il est amené à prendre.

L'usage de calculatrices est interdit

Composition du sujet :

- 1 cahier de 12 pages de texte, numérotées de 1 à 12.
- 1 cahier de 15 pages, numérotés de 1 à 15 intitulé "**Documents Ressources**".
- 1 cahier de 22 pages, numérotés de 1 à 22, intitulé "**Document Réponse**" **à rendre à la fin de l'épreuve.**

Matériel autorisé : tous instruments usuels du dessinateur.

TOUTE AUTRE DOCUMENTATION EST INTERDITE

Gestion du temps : *En admettant une durée de 15 minutes pour la lecture et l'assimilation du sujet, il est conseillé de consacrer environ 20 % du temps pour chaque partie.*

Avertissement :

La **présentation**, la lisibilité, l'orthographe, la qualité de la **rédaction, la clarté et la précision** des raisonnements entreront pour une **part importante** dans **l'appréciation des copies**. En particulier, les résultats non justifiés ne seront pas pris en compte. Les candidats sont invités à encadrer les résultats de leurs calculs. Les candidats sont également invités, quand cela est possible, à utiliser des notations précisées dans le document pour répondre aux questions qui dépendent de points précédents qui ont été éventuellement ignorés (ou insuffisamment traités).

Il est demandé aux candidats des dessins qui doivent traduire sans ambiguïté leurs intentions de conception. Pour cela, les candidats sont invités à faire preuve de rigueur dans leur tracé (en particulier, l'utilisation d'une règle ne pourra être que conseillés) et à donner toutes les précisions qu'ils jugeront adéquates afin de permettre au jury d'évaluer la pertinence des solutions proposées.

Les valeurs numériques dans le sujet ont été parfois volontairement adaptées pour simplifier les calculs. Le document ressource 0 est une table de trigonométrie permettant de réaliser les calculs faisant intervenir sinus, cosinus ou tangente.

Tournez la page S.V.P.

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Robot autonome pour l'entretien des parcelles de vignoble.

Présentation

Le robot Vitirover est un robot mobile autonome destiné à travailler en autonomie dans un vignoble depuis le début du printemps jusqu'à la fin de l'été. Il est également une solution de substitution au glyphosate pour différents types d'applications dont la maintenance agricole de zones étendues et/ou difficilement accessibles telle que les bordures de voies des Lignes à Grande Vitesse de la SNCF (qui représentent 5200 km en France), les fermes photovoltaïques, etc…



Figure1 : robot autonome Vitirover

Le robot Vitirover est proposé aux clients dans le cadre d'un contrat de services (VaaS : Vitirover as a Service) : des troupeaux de robots sont mis à disposition des clients et sont supervisés par un ou plusieurs bergers connectés à chacun d'entre eux par le cloud. Vitirover offre un service complet basé sur un troupeau de robots (autonomes et en interaction) et une supervision. Le berger a pour rôle de prendre la main sur le robot à distance s'il est dans une situation délicate, voire d'intervenir dans le cas où il serait impossible de le sortir de sa situation. Il est également présent pour réaliser des opérations de maintenance sur le terrain si nécessaire, et d'apporter une batterie rechargée dans le cas où le panneau solaire n'a pu bénéficier des conditions adéquates pour recharger le robot. Les enjeux pour l'entreprise sont donc d'assurer une offre de services la plus performante possible basée sur la fiabilité des performances intrinsèques au robot avec comme exigences principales :

- l'autonomie,
- la capacité à balayer la totalité de la parcelle,
- la performance du système de coupe.

Pour ce dernier point, le choix de la société Vitirover a été de concevoir un robot allant au contact du pied de vigne afin de nettoyer au plus près, sans le blesser.

Le sujet analysera les performances du robot en lien avec certain de ses constituants :

- La partie I porte sur la compréhension globale du robot et de son fonctionnement, en s'arrêtant sur certains choix technologiques.
- La partie II porte sur la cinématique du robot ainsi que sur le modèle de déplacement en troupeau.
- La partie III s'intéresse à l'étude de la consommation énergétique du robot et à la validation de la solution par panneaux solaires.
- La partie IV propose l'étude/modification de la conception du système de coupe.
- La partie V porte sur l'industrialisation d'une partie du produit.

I. Analyse du robot

Objectif : Comprendre le fonctionnement du robot Vitirover et étudier certains choix de conception.

Le challenge qu'a relevé Vitirover est multiple. Le robot évolue dans un environnement extérieur accidenté, très changeant, lié notamment à l'évolution des conditions climatiques. Il est autonome, que ce soit d'un point de vue énergétique ou d'un point de vue pilotage, la coordination avec l'ensemble du troupeau assure l'entretien globale de la parcelle. Le robot détecte les obstacles en allant au contact (la faible vitesse du robot permet ce choc), cela permet notamment de nettoyer l'herbe au plus près du pied de vigne sans le blesser. Le choix effectué a été de mettre en place 4 roues motrices indépendantes, constituées chacune d'un moteur à courant continu, d'un réducteur et d'une jante équipée d'un pneu, pour se déplacer sur un terrain avec des pentes allant jusqu'à 15%. Le bloc de coupe est constitué de 2 gyrobroyeurs.
La société Vitirover a fait le choix d'intégrer une carte Ashtech MB100 qui est notamment constituée de 2 systèmes de positionnement par satellite (GNSS°) pour maîtriser la position du robot dans une parcelle et d'une centrale inertielle pour estimer à tout moment l'orientation du robot.

Q1. Compléter sur le document réponse la chaîne d'énergie proposée permettant au robot Vitirover de pouvoir mettre en mouvement ses roues et ainsi se déplacer. Indiquer également entre chaque bloc fonctionnel le type d'énergie lorsqu'il n'est pas indiqué.

Le **DOCUMENT RESSOURCE I** représente le train arrière qui est libre en rotation suivant deux directions (autour de $\vec{z}$ et $\vec{x}$,) afin de rendre manœuvrable le robot pour le diriger (axe de lacet) et épouser au mieux les variations de terrain (axe de roulis).

Q2. Compléter le schéma cinématique 3D en faisant apparaitre le U, l'essieu et la butée fixée à la coque.

Le réducteur choisi dans la transmission est un réducteur à train épicycloïdaux à 3 étages PM 32 236. Chaque étage est constitué d'un planétaire à denture extérieure, un ensemble de trois satellites en liaison pivot sur un porte-satellite et un planétaire extérieur à denture intérieure. Ce dernier reste toujours immobile. Sur le **DOCUMENT RESSOURCE II** figure l'ensemble des combinaisons possibles.

Q3. A partir du document ressource, indiquer quelle est la combinaison choisie pour obtenir le rapport de réduction de 236.

Q4. Sans prendre en compte le nombre de dents des engrenages, compléter sur le document réponse le schéma cinématique du réducteur.

Afin de limiter les mouvements angulaires suivant $\vec{x}$ de l'essieu arrière, la réalisation d'une butée mécanique est nécessaire.

Tournez la page S.V.P.

Q5. A partir des dessins fournis sur le DOCUMENT RESSOURCE III, déterminer le débattement angulaire pour l'orientation en lacet de l'essieu arrière : débattement angulaire maximal entre la butée et l'axe en U autour de l'axe $\vec{z}$. Vous accompagnerez votre démarche d'un schéma explicatif. Analyser enfin votre résultat par rapport à l'angle de dépouille de 17°.

Pour suivre une trajectoire donnée, il est nécessaire de prendre en compte la position angulaire de l'essieu arrière mobile (définissant le cap). Pour cela, un capteur optique est utilisé afin de mesurer l'angle θ entre le repère global $(\vec{x}_0, \vec{y}_0)$ et l'orientation de l'essieu donnée par le repère $(\vec{x}, \vec{y})$ (cf Document ressource IV).

Q6. A partir DU DOCUMENT RESSOURCE IV, pour une position de capteur (x,y) donnée, établir la relation entre la variation de la distance capteur – drapeau et de l'angle θ.

Q7. A partir DU DOCUMENT RESSOURCE IV, détailler alors la démarche pour positionner le capteur (distance x et y) afin de limiter l'incertitude sur l'estimation angulaire.

La technologie utilisée pour le positionnement du robot dans une parcelle est une technologie GPS qui permet d'avoir une incertitude de positionnement de l'ordre du mètre.

Q8. Dire pourquoi cette incertitude est suffisante dans le cas du robot.

II. Cinématique du robot

Objectif : Analyser la cinématique du robot, puis la stratégie de déplacement du troupeau.

1. Loi de commande des moteurs

Dans cette première partie, l'objectif est de trouver une loi de pilotage des moteurs en fonction de la trajectoire souhaitée et de la vitesse de déplacement du robot :

$$\omega_i = f(R_C, V_C),$$

Avec : ω_i la vitesse de rotation du moteur de la roue i, R_C le rayon de courbure de la trajectoire souhaitée au point C, milieu de l'essieu avant (voir **DOCUMENT RESSOURCE V**), et V_C la vitesse de consigne au niveau du point C.

Pour cette étude on se placera sous les hypothèses suivantes :

- Le robot est assimilé à un pavé droit de longueur $L_r = 75$ cm, largeur $l_r = 39$ cm et hauteur $h_r = 29$ cm ;
- La distance entre les essieux est $e = 39$ cm ;
- Le sol est parfaitement plat ;
- Contact ponctuel entre la roue et le sol ;
- Roulement sans glissement au niveau du contact roue sol ;
- Liaison pivot parfaite entre l'essieu et la roue i.

Q9. A partir de la situation représentée sur le DOCUMENT RESSOURCE V, et sans calcul, indiquer quel pilotage mettre en place pour amorcer un virage à droite le plus serré possible en marche avant en évitant le glissement des roues.

Q10. Sur le document réponse, placer le centre instantané de rotation I_{virage} puis donner la relation entre $\left\|\vec{V}_{C_i,Robot/sol}\right\|$ et $\left\|\vec{V}_C\right\|$. On notera R_{C_i} la distance entre le point C_i et le centre instantané de rotation, et R_C la distance entre le point C et ce même centre.

Q11. En s'appuyant sur les hypothèses et sur les schématisations présentées sur le DOCUMENT RESSOURCE V, donner les vitesses des points $C_i, i \in [1,2,3,4]$ appartenant au châssis par rapport au sol.

Q12. Déduire des deux questions précédentes, les lois de commande des moteurs de l'essieu avant et arrière $\omega_i, i \in [1,2,3,4]$, avec une vitesse de consigne $\vec{V}_C$ et un rayon de courbure R_C.

Q13. A l'aide de la géométrie du robot et des butées de l'essieu arrière libre de $[-17°, 17°]$, donner le rayon de courbure minimal atteignable par le robot.

2. Modèle de gestion de la flotte de robots

Afin de travailler sur une parcelle de plusieurs hectares, c'est un troupeau de robots qui est déployé. Ainsi, c'est une dizaine de robots qui doit travailler de concert afin de réaliser l'entretient et la coupe de l'herbe sur le terrain. Pour cela, chaque robot envoie en permanence au reste du troupeau sa position ainsi que sa trajectoire suivie.
La gestion de la flotte, et en particulier du déplacement optimal de chaque robot pour garantir une hauteur d'herbe quasi homogène sur la parcelle, est réalisée de manière centralisée à partir de différents types d'information. La trajectoire de chaque robot est ensuite déterminée en utilisant une méthode issue de la méthode des champs de potentiel utilisée dans le cadre d'évitement d'obstacles. À la suite d'une collision avec un pied de vigne ou lorsque l'orientation ne peut être définie, une procédure d'orientation aléatoire est mise en place.
Dans la méthode par champs de potentiels, on assimile le robot à une particule se déplaçant suivant les lignes de courant d'un potentiel créé en fonction de l'environnement perçu par le robot. Ce potentiel traduit différents objectifs. Il est calculé par sommation de différentes primitives de potentiels traduisant chacun de ces objectifs. Ces différents potentiels peuvent avoir une étendue spatiale limitée ou non et leur intensité peut dépendre ou non de la distance.
("Real-time obstacle avoidance for manipulators and mobile robots", O. Khatib, Int. Journal of Robotics Research, vol. 5, n. 1, pp. 90-98, 1986).
Ainsi, chaque parcelle va être découpée en plusieurs zones et il va être attribué à chacune un potentiel, **qui sera attractif**. La trajectoire sera alors calculée à partir de l'effet de ces potentiels sur le robot.

a. Calcul des potentiels attractifs

La zone i va ainsi induire sur le robot positionné en q (vecteur position du robot comme indiqué sur le **DOCUMENT RESSOURCE VI**) une force $F_i(q)$ telle que :

$$\vec{F}_i(q) = -\overrightarrow{grad}\, U(q)$$

Où U est le potentiel de l'environnement (**DOCUMENT RESSOURCE VI**). En d'autres termes, la force agissant sur le robot dans la position q est égale au gradient négatif de la fonction potentielle. Ce potentiel sera un potentiel attractif pour guider le robot vers les zones à entretenir.

Tournez la page S.V.P.

Dans la suite, nous allons considérer des potentiels attractifs ($\boldsymbol{k_i > 0}$) de forme quadratique :

$$U_i(q) = \frac{k_i}{2}|q_i - q|^2$$

Q14. Déterminer la force agissant sur le robot à partir du potentiel donné.

Q15. Par analogie, quel composant mécanique possède le même modèle de potentiel, et donc la même forme de force ? Sur le document réponse, tracer la forme du potentiel et indiquer l'influence du paramètre k_i sur ce tracé ?

Q16. Donner deux paramètres relatifs au robot, à son environnement et aux données envoyées par les autres membres du troupeau qui pourront être utilisées pour identifier le paramètre k_a dans le cas d'un robot travaillant sur une parcelle (constituée de plusieurs zones) ?

b. Calcul de la direction après collision avec un pied de vigne

A la suite d'une collision avec un pied de vigne, le robot effectue une marche arrière afin de se dégager puis se réoriente pour rejoindre sa trajectoire. Dans cette partie, l'objectif est de calculer la direction à prendre suite à cette collision en utilisant la méthode des champs de potentiel.

On considère que le robot se trouve dans une zone entourée de 8 autres zones (le robot n'est pas sur le bord de la parcelle). Chaque zone est un carré de 10m*10m, représenté dans le calcul de la trajectoire par un potentiel situé en son centre d'amplitude q_i (voir **DOCUMENT RESSOURCE VI**).

Q17. En utilisant l'analogie trouvée à la question Q15, faire une représentation du modèle mécanique associé sur le document réponse.

Q18. Calculer les forces agissant sur le robot situé à la position $\boldsymbol{q} = [\boldsymbol{x}; \boldsymbol{y}]^{\boldsymbol{T}}$ par chacune des huit parcelles adjacentes.

Q19. Donner la valeur du potentiel total $\boldsymbol{U_T(q)}$ (somme des potentiels attractifs de chacune des 8 zones) en ce point.

La direction « objectif » du robot est ensuite calculée en utilisant la relation suivante (méthode de la descente de gradient) :

$$\vec{D} = -[grad_x\, U_T;\ grad_y\, U_T]$$

Dans le cadre de l'orientation du robot, seule la direction du vecteur $\vec{D}$ est importante, sa norme ne sera pas étudiée.

Q20. Calculer la direction du robot en fonction des amplitudes k_i des potentiels de chaque zone.

Q21. On considère maintenant que le robot se trouve dans la position $q = [0; 0]^T$ et que tous les potentiels ont le même paramètre k_i. Expliquer la situation et si besoin, proposer une solution pour permettre au robot de continuer l'entretien.

III. Étude énergétique du robot

Objectif : étudier la consommation / production énergétique au cours d'un cycle d'entretien pour valider le critère d'autonomie.

1. Consommation énergétique pour la mobilité du robot

Dans cette première partie, seule la consommation énergétique liée aux déplacements du robot sur la parcelle sera étudiée.
On rappelle que chaque roue est équipée d'un moteur à courant continu DCX 22S de la marque MAXON alimenté en 18V, indépendant des trois autres, dont les caractéristiques sont données dans le **DOCUMENT RESSOURCE VII**.

Pour cette étude, on se place sous les hypothèses suivantes :
- On considère le robot sur une parcelle plane ;
- On néglige l'énergie consommée par les gyrobroyeurs ;
- Le robot subit $K = 40$ collisions par heure.

En dehors des phases de déplacement à la vitesse de croisière v_c, la plus grande source de consommation énergétique intervient lors de la collision avec un pied de vigne.
Le système met alors environ 2s à détecter la collision. Pendant ce laps de temps, les roues glissent par rapport au sol avec une vitesse de glissement v_g non nulle. Les relevés montrent qu'à ce moment-là le moteur tourne en moyenne à une vitesse de $N = 9940$ tr/min.
Les phases d'accélération lors des redémarrages seront négligées dans la suite.

Q22. Calculer l'énergie consommée par ce temps de glissement lors de la collision (notée E_{coll}).

Q23. Calculer la consommation énergétique moyenne du robot pour travailler 5h sur une parcelle. Pour cela, calculer l'énergie consommée lors des phases de déplacement (notée E_{depl}) puis la consommation énergétique totale liée à la mobilité du robot (notée E_{tot}).

« Une version plus puissante est à l'étude pour pouvoir travailler dans des pentes jusqu'à 45 degrés (aujourd'hui, le dimensionnement est prévu jusqu'à 15%, soit environ 8°) »

Q24. Donner la surconsommation énergétique engendrée par une telle pente pour une distance de 1m parcourue dans le sens de plus grande pente (en montée).

Tournez la page S.V.P.

Pour calculer la surconsommation énergétique dans ce type de terrain, les hypothèses suivantes sont faites :

- En phase de descente, le robot consomme comme pour un déplacement à plat ;
- 1h de déplacement dans ce type de terrain correspond à 20 minutes de déplacement en montée dans le sens de plus grande pente, et 40 minutes à plat.

Q25. Pour une séquence de travail de 5h, quelle démarche mettre en place pour évaluer le pourcentage de surconsommation engendrée par le dénivelé du terrain.

2. Consommation énergétique autre

Q26. Sur une séquence de tonte de 5h, des variations de +/-10% peuvent être observées dans la consommation des moteurs de gyrobroyage. Donner deux causes pouvant expliquer ces variations.

Q27. Des variations encore plus importantes sont observées à plus long terme, lorsqu'on regarde l'évolution de la consommation quotidienne moyenne sur plusieurs mois (entre mars et octobre). Donner deux causes possibles de ces variations.

Q28. Outre la consommation énergétique pour la mobilité et celle pour le gyrobroyage, quelle(s) autre(s) source(s) de consommation énergétique est-il nécessaire de prendre en compte ?

3. Production du panneau photovoltaïque

Le panneau solaire utilisé pour la production énergétique du robot est un panneau de 63 cm par 32 cm disposé sur le dessus du robot (inclinaison de 0°).

Q29. En vous aidant des indications du DOCUMENT RESSOURCE VIII, calculer la puissance crête fournie par le panneau.

Q30. En vous aidant des indications du DOCUMENT RESSOURCE VIII, donner la démarche permettant de calculer la puissance maximale fournie par le panneau dans le cas d'une séquence de 6 mois dans le vignoble Bordelais. La calculer.

Afin de valider l'utilisation du panneau, on considère que la consommation énergétique pour la mobilité (E_{tot} calculée à la question Q23) représente 50% de la consommation du robot lors d'une séquence d'entretien.

Q31. Discuter de la validation du choix du panneau solaire pour assurer l'autonomie du robot sur une séquence de travail de 6 mois (24 semaines), 5h par jour, 5 jours par semaine.

IV. Conception du système de coupe

Objectif : analyser puis concevoir une solution technologique permettant d'assurer la coupe de l'herbe et l'étanchéité dans le système de coupe.

1. Dimensionnement du système de coupe

Le système de gyrobroyage est constitué d'un moteur sur lequel est monté un disque. Trois systèmes de coupe sont ensuite montés libres sur la circonférence du disque (voir **DOCUMENT RESSOURCE IX**).

Q32. Justifier le fait que les systèmes de coupe soient montés libres sur le disque. En particulier, donner dans quelle situation ce montage permet de respecter une des exigences importantes de l'offre de Vitirover.

Lorsque l'herbe atteint une certaine hauteur, le risque d'enroulement et de blocage du disque devient non négligeable. Dans cette situation, il est nécessaire de vérifier, entre autres, la résistance en torsion de l'arbre support du disque du système de coupe.

Le rotor étudié, en acier inoxydable 304 L, est de forme cylindrique à section circulaire constante de diamètre D. Le support des systèmes de coupe est modélisé par un disque sur lequel sont accrochés les systèmes de coupe (voir **DOCUMENT RESSOURCE X**) à une distance c de l'axe du rotor.
Dans le cas du bourrage dû à l'herbe, on s'intéresse au dimensionnement en statique du rotor. Pour cela, on se placera dans les configurations extrêmes de fonctionnement et on prendra le modèle d'étude et les caractéristiques données sur le **DOCUMENT RESSOURCE X**.

a. Modélisation du chargement.

La charge ponctuelle $\vec{F}_p = F_p\,\vec{z}$, modélisant l'action de l'herbe sur un des systèmes de coupe, est calculée dans le cas très défavorable de calage du moteur avec un seul système de coupe en contact avec l'herbe. Cette charge F_p, s'applique à la distance $\overrightarrow{BP} = c\,\vec{y}$ de l'axe.

Q33. Calculer (avec application numérique) cette charge F_p due à l'action de l'herbe sur une étoile pour le calage moteur. On notera C_m le couple fourni par le moteur.

b. Efforts intérieurs dans l'arbre.

Q34. Déterminer, en utilisant le résultat précédent, la réaction à l'appui R_A.

Dans la suite, seule la sollicitation de torsion sera étudiée.

Q35. Déterminer (littéralement) en G, centre de surface de la section droite du rotor, dans la base $(\vec{x},\vec{y},\vec{z})$, les composantes du torseur des efforts de cohésion le long de l'arbre du rotor en fonction du chargement extérieur.

Tournez la page S.V.P.

Remarque : on prendra comme convention : torseur de cohésion = torseur des actions mécaniques de la partie droite sur la partie de gauche.

Q36. Tracer les évolutions de la composante $M_t(x)$ de ce torseur.

c. Dimensionnement

Q37. Calculer (avec application numérique) la contrainte de cisaillement due à la torsion. Est-ce la seule sollicitation créant du cisaillement ?

Q38. Valider le dimensionnement du rotor pour faire face à la torsion engendrée par un bourrage dû à l'herbe.

2. Etude de l'ensemble de coupe

Au cours des premiers tests du système de coupe, un problème d'encrassement du bloc de coupe est apparu. En effet, les résidus de la tonte ont tendance à s'accumuler autour de l'arbre de moteur de coupe, ce qui nécessite une intervention humaine régulière pour nettoyer. Le berger doit également effectuer de temps en temps le changement de l'ensemble « disque + 3 systèmes de coupe » lorsque celui-ci est endommagé.

Q39. A partir du DOCUMENT RESSOURCE IX, indiquer comment est réalisé l'entrainement du support de disque et justifier le choix de cette solution.

Q40. Représenter une solution sur le document réponse qui permet d'éviter l'encrassement au niveau de l'arbre (pour simplifier, dessiner le disque sans les systèmes de coupe)

Lors du changement de disque en plein champ, il est préférable de ne pas dévisser entièrement les 3 vis fixées sur le support disque pour éviter de les égarer.

Q41. Après avoir justifié l'emploi de tête de vis à empreinte fendue, représenter à main levée une nouvelle forme de disque qui permettrait de ne pas dévisser entièrement les vis.

V. Industrialisation du robot

Objectif : Analyser l'industrialisation de plusieurs pièces et la mise en œuvre du contrôle d'une de ces pièces.

Sur le **DOCUMENT RESSOURCE XI** est représentée la coque inférieure dans laquelle est installée toute la partie commande du robot.

Q42. Donner deux arguments justifiant l'emploi de matière plastique pour la coque.

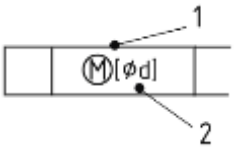
Q43. En vous appuyant sur la géométrie de la coque, donner deux raisons expliquant pourquoi l'injection plastique ne peut pas être utilisée pour l'obtention de la pièce.

La figure 1 du **DOCUMENT RESSOURCE XII** présente le dessin de définition partiel de la butée.

Q44. Compléter le document réponse afin d'analyser chaque spécification géométrique proposée.

La figure 2 du **DOCUMENT RESSOURCE XI** spécifie désormais le cylindre avec l'exigence de maxi matière. La figure 3 présente le tolérancement de la coque inférieure au niveau du contact avec la butée.

On rappelle qu'au lieu d'avoir une zone de tolérance à respecter, l'exigence de maxi matière définit une frontière uni-limite à ne pas dépasser. On appelle également cette frontière maxi matière à respecter, l'état virtuel au maximum de matière.
La norme NF EN ISO 2692:2021 permet aujourd'hui d'indiquer directement la dimension de l'état virtuel au sein d'une spécification (que ce soit pour un élément tolérancé ou pour un élément de référence). Cela permet notamment de respecter le principe d'indépendance.
Pour un élément tolérancé, on l'écrit de la manière suivante (ici d représente la valeur du diamètre de l'état virtuel):



Q45. Déterminer la dimension de l'état virtuel au maxi matière de la butée, ainsi que celui de la coque et représenter les résultats sous la forme de spécifications utilisant la norme NF EN ISO 2692:2021.

Q46. Indiquer alors quelle est la valeur d'exigence de jeu mini voulu par le concepteur entre la surface cylindrique de la butée et l'alésage de la coque pour assurer la montabilité tout en assurant un appui plan prépondérant.

Q47. Afin de contrôler la perpendicularité de la butée, représenter la forme d'un gabarit de contrôle en indiquant les dimensions.

Afin d'estimer les dérives lors de la fabrication, on se propose de vérifier la spécification de perpendicularité à l'aide d'une MMT. On suppose avoir obtenu un nuage de points représentatifs du plan de référence et du cylindre tolérancé.
Afin de traiter ce nuage de points et donc vérifier la conformité de la spécification, on dispose d'un outil/logiciel nous permettant de construire tout type de géométrie simple (plan, cylindre, etc…) avec tous les critères d'association possibles (Tchebytchev,…) en prenant en compte tout type de contraintes (parallélisme, perpendicularité,…)

Q48. Expliciter la démarche afin de vérifier la conformité de la spécification de perpendicularité au maximum de matière de la butée.

Tournez la page S.V.P.

Il a été choisi d'usiner les butées à partir d'un bloc parallélépipédique. Lors de la première phase, il est décidé d'usiner l'ensemble des surfaces accessibles du côté du plan A. (voir **DOCUMENT RESSOURCE XIII**) Pour usiner la phase 20 et notamment les surfaces bombées de contact avec l'essieu en butée, on dispose d'un parc machine avec un centre d'usinage 3 axes et un centre d'usinage 5axes (structure berceau avec plateau tournant) et d'outils de fraisage cylindrique et hémisphérique de toutes dimensions.

Q49. Si on utilise la machine 3 axes, indiquer comment réaliser l'étape de finition des surfaces bombées en précisant l'outil choisi puis le dessiner en travail en représentant le vecteur vitesse d'avance.

Q50. Indiquer quelles possibilités supplémentaires offre la cinématique de la machine 5 axes pour réaliser cette opération de finition.

FIN DE L'ENONCE

Épreuve de Sciences Industrielles C

DOCUMENTS RESSOURCES

14 documents ressources / 15 pages

Tournez la page S.V.P

Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

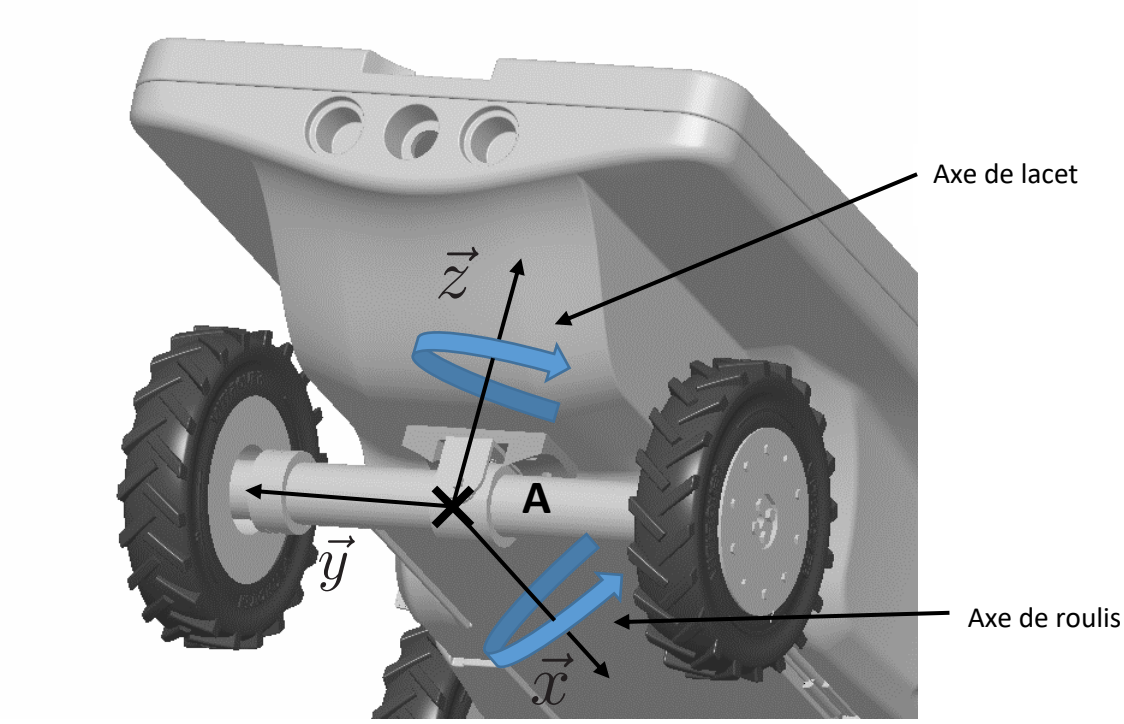
DOCUMENT RESSOURCE 0

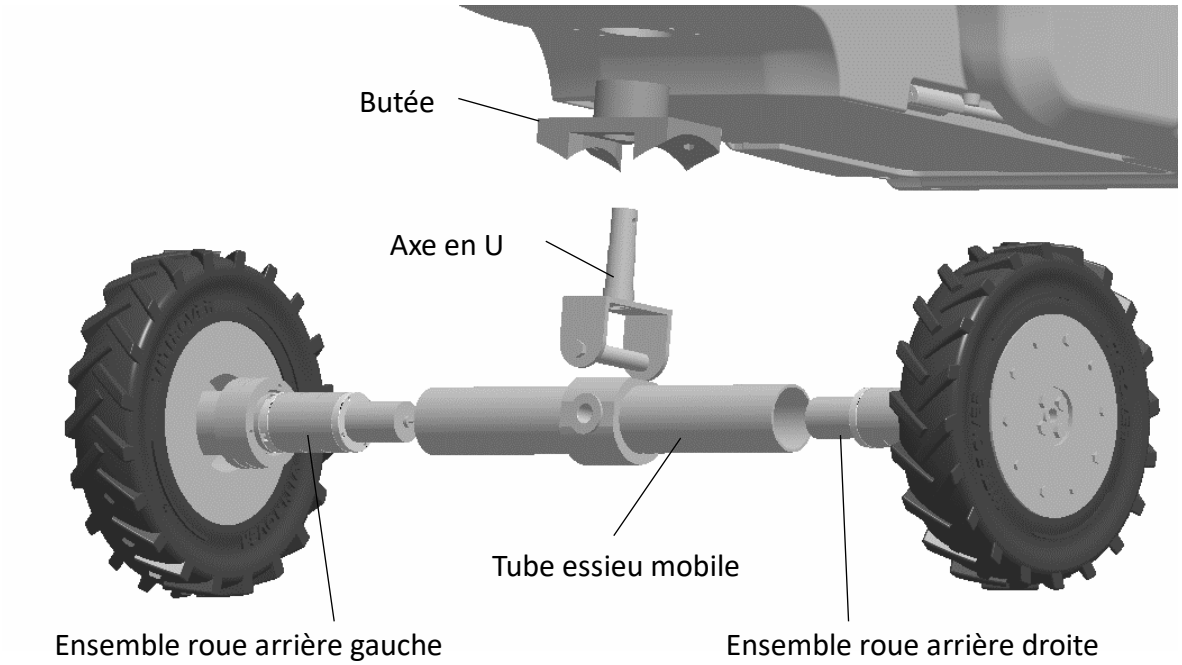
Table trigonométrique

degré	sinus	cosinus	tangente		
0	0,000	1,000	0,000	nd	90
1	0,017	1,000	0,017	57,290	89
2	0,035	0,999	0,035	28,636	88
3	0,052	0,999	0,052	19,081	87
4	0,070	0,998	0,070	14,301	86
5	0,087	0,996	0,087	11,430	85
6	0,105	0,995	0,105	9,514	84
7	0,122	0,993	0,123	8,144	83
8	0,139	0,990	0,141	7,115	82
9	0,156	0,988	0,158	6,314	81
10	0,174	0,985	0,176	5,671	80
11	0,191	0,982	0,194	5,145	79
12	0,208	0,978	0,213	4,705	78
13	0,225	0,974	0,231	4,331	77
14	0,242	0,970	0,249	4,011	76
15	0,259	0,966	0,268	3,732	75
16	0,276	0,961	0,287	3,487	74
17	0,292	0,956	0,306	3,271	73
18	0,309	0,951	0,325	3,078	72
19	0,326	0,946	0,344	2,904	71
20	0,342	0,940	0,364	2,747	70
21	0,358	0,934	0,384	2,605	69
22	0,375	0,927	0,404	2,475	68
23	0,391	0,921	0,424	2,356	67
24	0,407	0,914	0,445	2,246	66
25	0,423	0,906	0,466	2,145	65
26	0,438	0,899	0,488	2,050	64
27	0,454	0,891	0,510	1,963	63
28	0,469	0,883	0,532	1,881	62
29	0,485	0,875	0,554	1,804	61
30	0,500	0,866	0,577	1,732	60
31	0,515	0,857	0,601	1,664	59
32	0,530	0,848	0,625	1,600	58
33	0,545	0,839	0,649	1,540	57
34	0,559	0,829	0,675	1,483	56
35	0,574	0,819	0,700	1,428	55
36	0,588	0,809	0,727	1,376	54
37	0,602	0,799	0,754	1,327	53
38	0,616	0,788	0,781	1,280	52
39	0,629	0,777	0,810	1,235	51
40	0,643	0,766	0,839	1,192	50
41	0,656	0,755	0,869	1,150	49
42	0,669	0,743	0,900	1,111	48
43	0,682	0,731	0,933	1,072	47
44	0,695	0,719	0,966	1,036	46
45	0,707	0,707	1,000	1,000	45
	cosinus	sinus		tangente	degré

DOCUMENT RESSOURCE I

Vue 3D de l'essieu arrière et de son éclaté





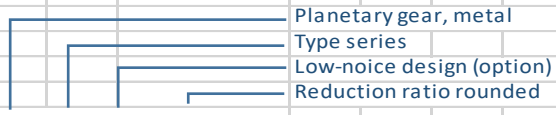
Tournez la page S.V.P.

DOCUMENT RESSOURCE II

Ensemble des réducteurs disponibles à 1, 2 ou 3 étages

Order example

You wish to order a metal planeraty (PM) gear with a diameter of 32mm of type series PM 32 with the reduction ratio 35:1, with basic flange on the motor and output side.



PM 32 LN. 35.

Gear reductions

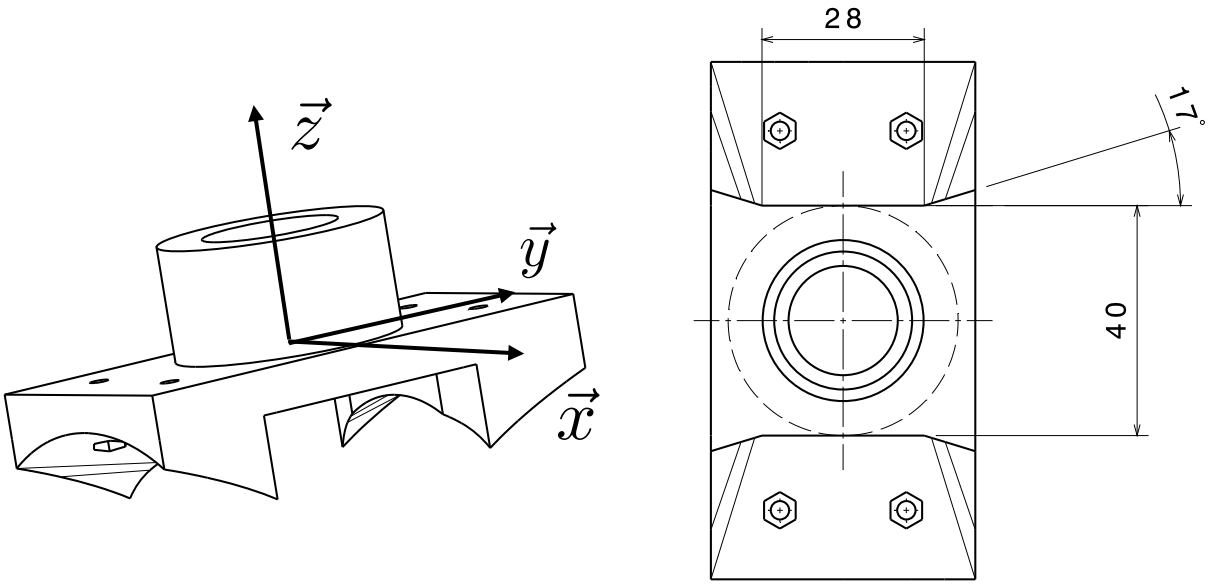
1-stage				2-stage				3-stage			
	PK	PM	LN		PK	PM	LN		PK	PM	LN
ø 22*	•	•	-	ø 22*	•	•	-	ø 22*	•	•	-
ø 32	•	•	•	ø 32	•	•	•	ø 32	•	•	•
ø 42	•	•	-	ø 42	•	•	-	ø 42	•	•	-
ø 52	•	•	-	ø 52	•	•	-	ø 52	•	•	-
ø 62	-	•	-	ø 62	-	•	-	ø 62	-	•	-
ø 72	-	•	-	ø 72	-	•	-	ø 72	-	•	-
ø 81	-	•	-	ø 81	-	•	-	ø 81	-	•	-
ø 105	-	•	-	ø 105	-	•	-	ø 105	-	•	-
ø 120*	-	•	-	ø 120*	-	•	-	ø 120*	-	•	-

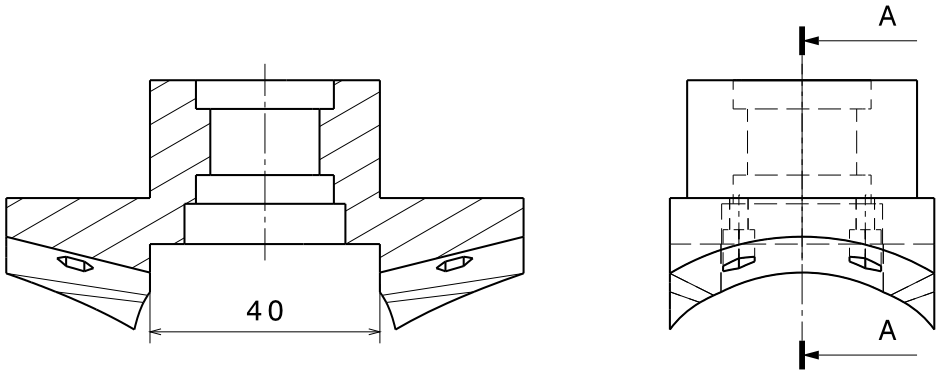
*not all reduction ratios available ex stock

Reduction ratios i rounded								
4:1	(3,70)		14:1	(13,73)		51:1	(50,89)	
4:1	(4,28)		16:1	(15,88)		59:1	(58,85)	
5:1	(5,18)		18:1	(18,36)		68:1	(68,06)	
7:1	(6,75)		19:1	(19,20)		71:1	(71,16)	
			22:1	(22,20)		79:1	(78,71)	
			25:1	(25,01)		93:1	(92,70)	
			27:1	(26,85)		95:1	(95,17)	
			29:1	(28,93)		100:1	(99,5)	
			35:1	(34,97)		107:1	(107,20)	
			46:1	(45,56)		115:1	(115,07)	
						124:1	(123,97)	
						130:1	(129,62)	
						139:1	(139,13)	
Les réducteurs à 2 ou 3 étages sont constitués d'un assemblage						150:1	(149,90)	
de réducteurs à 1 étage						169:1	(168,84)	
						181:1	(181,24)	
						195:1	(195,26)	
						236:1	(236,09)	
						308:1	(307,54)	

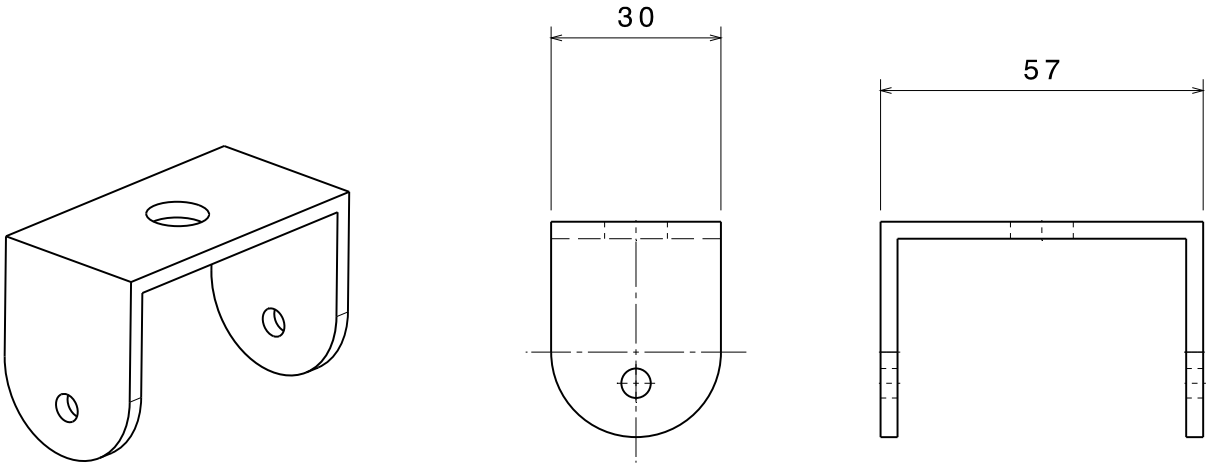
DOCUMENT RESSOURCE III

Représentation de la butée et du U





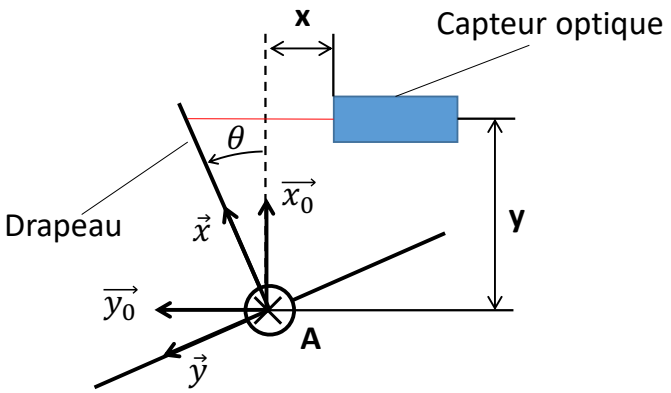
Coupe A-A

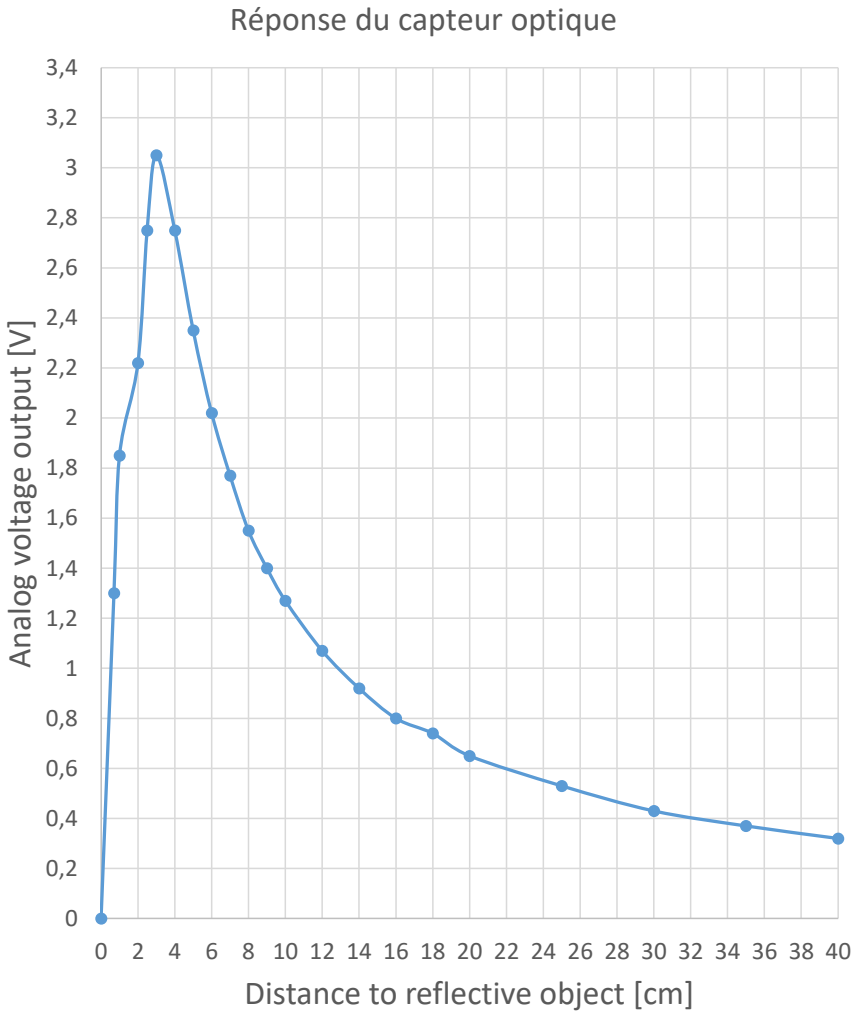


Tournez la page S.V.P.

DOCUMENT RESSOURCE IV

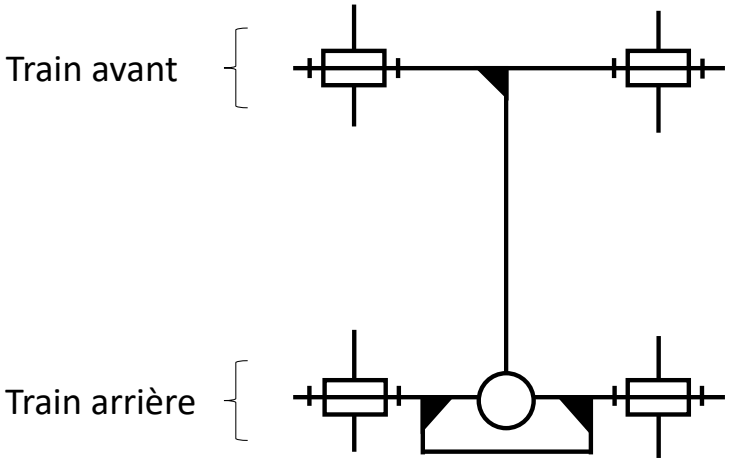
Courbe caractéristique de la réponse du capteur optique



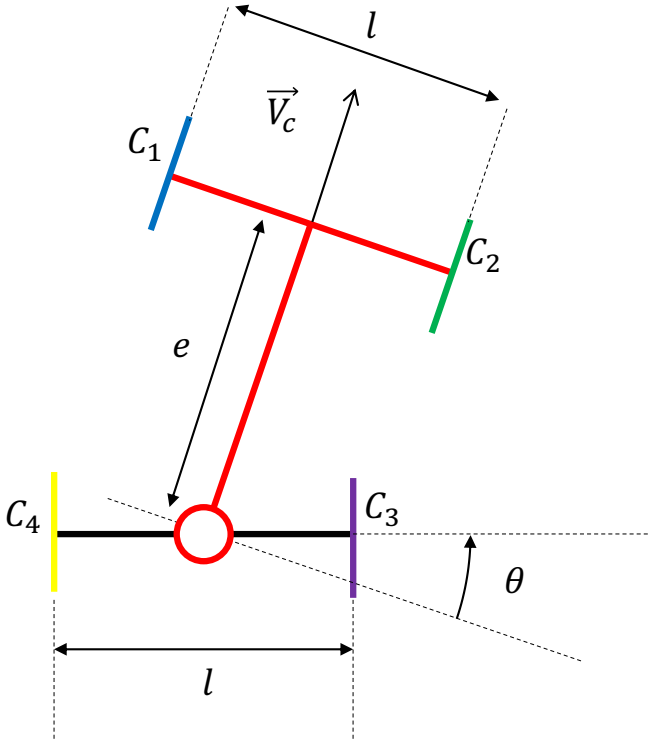


DOCUMENT RESSOURCE V

Schéma cinématique simplifié du robot



Paramétrisation de la géométrie du robot : $e = 39$ cm, $l = 39$ cm



Tournez la page S.V.P.

DOCUMENT RESSOURCE VI

Modèle de gestion de la flotte

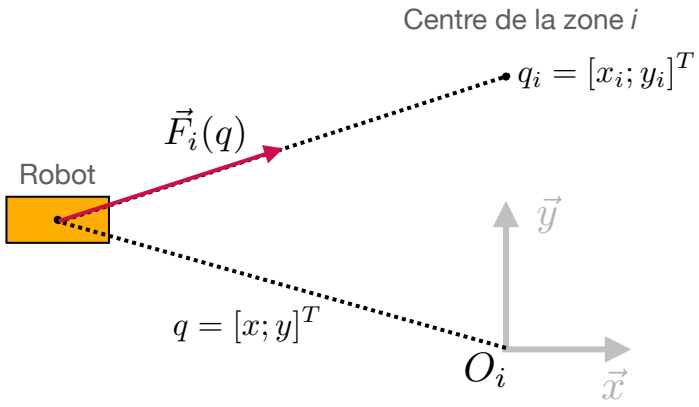


Figure 1 : Modélisation de la force induite par la zone i sur le robot

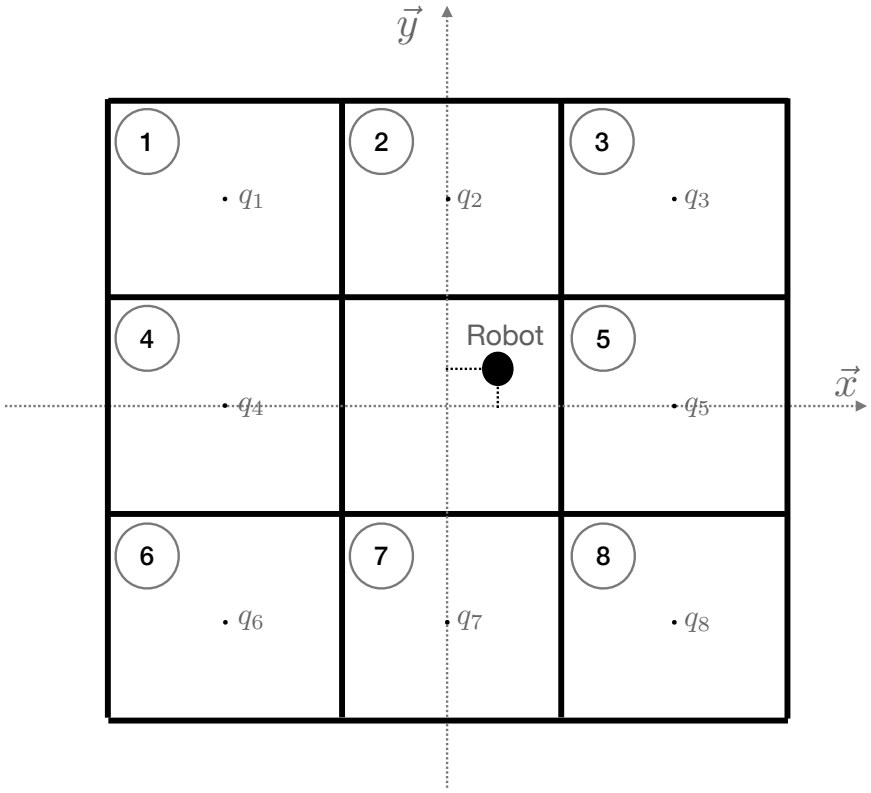


Figure 2 : Position du robot dans le terrain

DOCUMENT RESSOURCE VII

Données pour étude énergétique du robot

Caractéristiques du moteur à courant continu DCX 22S de la marque MAXON alimenté en 18V :

- Couple nominal : $C_{nom} = 14{,}9$ mNm ;
- Couple de démarrage : $C_{dem} = 112$ mNm ;
- Vitesse nominale : $v_{nom} = 10800$ tr/min ;
- Rendement max = 85%.

Rapport de réduction de la transmission : $r = 236$

Données :

- Coefficient de frottement pneu/herbe $f_{ph} = 0{,}3$;
- Coefficient de résistance au roulement sur la parcelle $C_{rr} = 0{,}05$;
- Masse totale du robot $M_{robot} = 23\ \mathrm{kg}$;
- Vitesse de croisière $v_c = 600\ \mathrm{m/h}$;
- Rayon des roues : $R = 90\ \mathrm{mm}$

Remarque : le coefficient C_{rr} désigne le coefficient de résistance au roulement. La force de résistance constante s'élève à :

$$F_R = C_{rr} \cdot M \cdot g$$

Où M est la masse du véhicule et g correspond à la gravité terrestre (que l'on prendra égale à 10).

Tournez la page S.V.P.

DOCUMENT RESSOURCE VIII

Production énergétique d'un système photovoltaïque (ressource : hellowatt.fr)

La puissance d'une installation photovoltaïque (ici 1 panneau) se mesure en kilo-watt-crête ou, en abrégé, kWc. Cette valeur correspond à la puissance maximale de production électrique garantie par le dispositif photovoltaïque dans des conditions optimales de fonctionnement. En d'autres termes, le watt-crête ou le kilowatt-crête indique la capacité maximale de puissance du panneaux solaires mais cette indication de mesure ne serait atteinte que dans des conditions optimales de production d'énergie solaire :

- irradiation solaire de 1 000 W/m² ;
- orientation plein sud et une inclinaison à 30° ;
- température extérieure de 25°C ;
- aucune source d'ombrage, proche ou lointaine.

Le robot Vitirover est équipé d'une technologie de panneau solaire permettant de délivrer une puissance de 175 Wc/m².

La puissance-crête mesure la puissance nominale et donne une idée de la production de l'installation dans les meilleures conditions. Cependant, le soleil n'offre pas une irradiation maximale (ex : les jours de mauvais temps) et ses rayons sont absents la nuit. La production est donc inférieure à la puissance nominale des panneaux solaires et se mesure en kWh.

Pour estimer la capacité de production photovoltaïque la France est divisée en 4 zones géographiques présentant des caractéristiques d'ensoleillement suivantes :

- Le Nord Est assure, en moyenne, une production annuelle de 800 à 1 000 kWh / kWc
- La diagonale partant de la Bretagne à la Haute-Savoie, permet une production moyenne comprise entre 1 000 et 1 100 kWh / kWc.
- Le Sud-Ouest à la partie nord du Rhône-Alpes garantit une production annuelle comprise entre 1 100 et 1 200 kWh / kWc.
- Le Sud permet une production moyenne comprise entre 1 200 et 1 400 kWh / kWc.

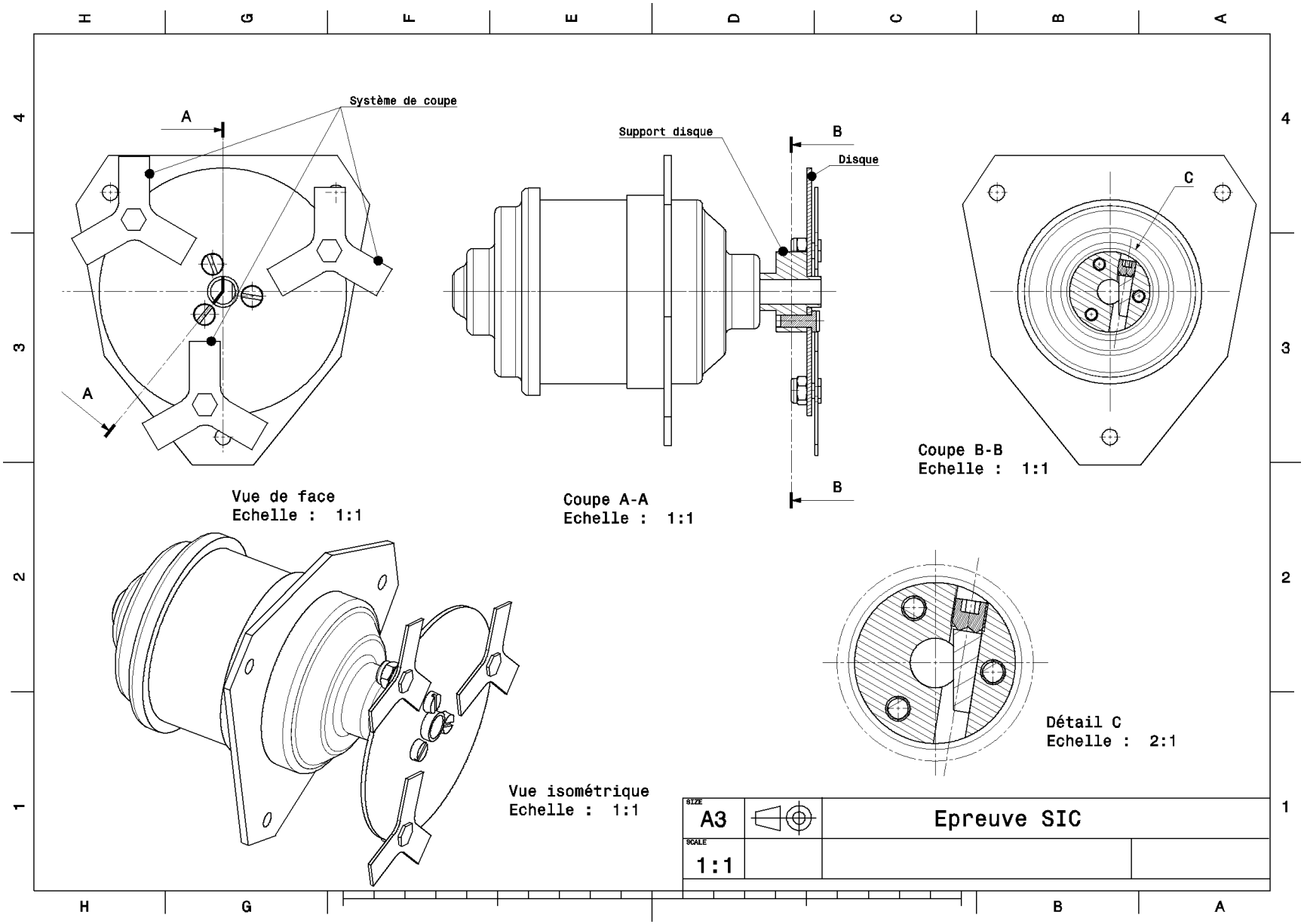
Ainsi, à Marseille pour des panneaux solaires polycristallins (rendements affichés à 11,5%) dont la puissance crête de 3kWc, la production sera, dans des conditions optimales : 1 350 kWh/kWc x 3 kWc = 4 050 kwh/an. Pour un système de 9 kWc, dans les mêmes conditions, la production sera de 12 150 kWh/an.

Enfin, en fonction de l'inclinaison et de l'orientation des panneaux solaires, il convient de pondérer la production optimale :

Inclinaison	Ouest	Sud-Ouest	Sud	Sud-Est	Est
0°	93%	93%	93%	93%	93%
45°	84%	92%	96%	92%	84%
90°	55%	66%	68%	66%	55%

DOCUMENT RESSOURCE IX

Plan d'ensemble d'un système de coupe (Attention, le taille du dessin ci-correspond à 77% de l'échelle 1 :1)



Tournez la page S.V.P.

DOCUMENT RESSOURCE X

Dimensionnement Gyrobroyeur

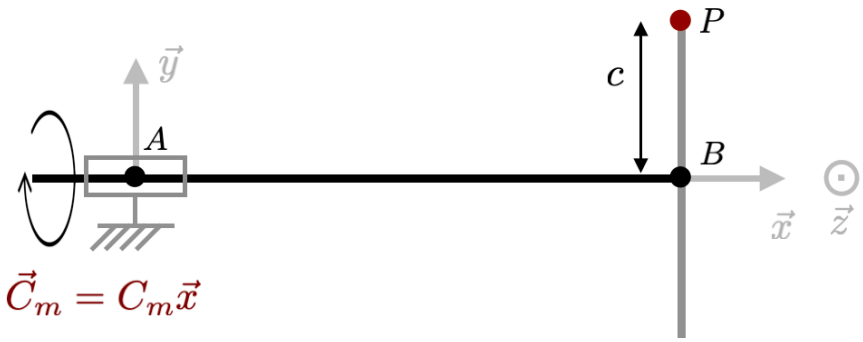


Figure 1 : Système de coupe du robot

Caractéristiques mécaniques et dimensionnelles :

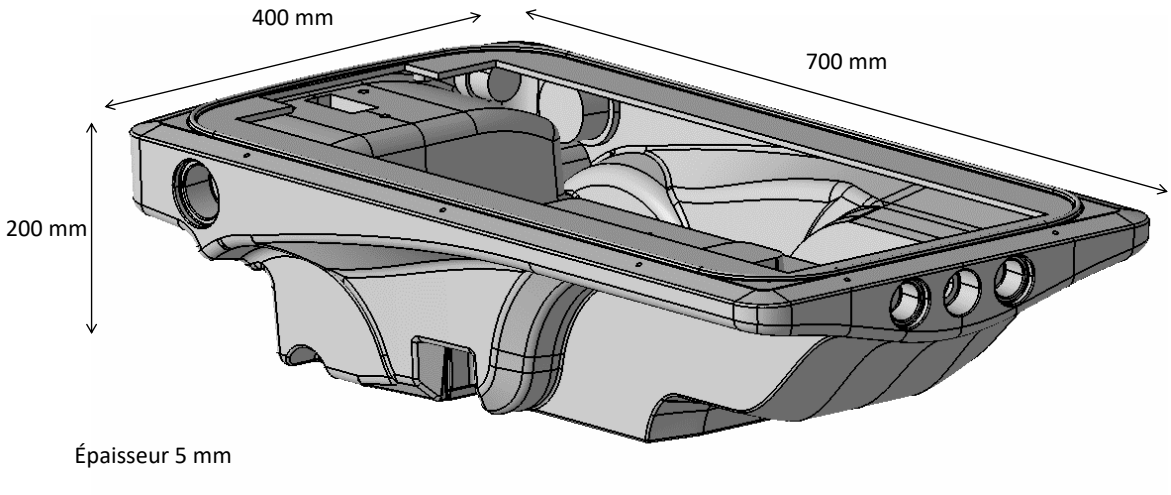
Moteur : puissance $P = 45$kW à $N = 60$tr/min

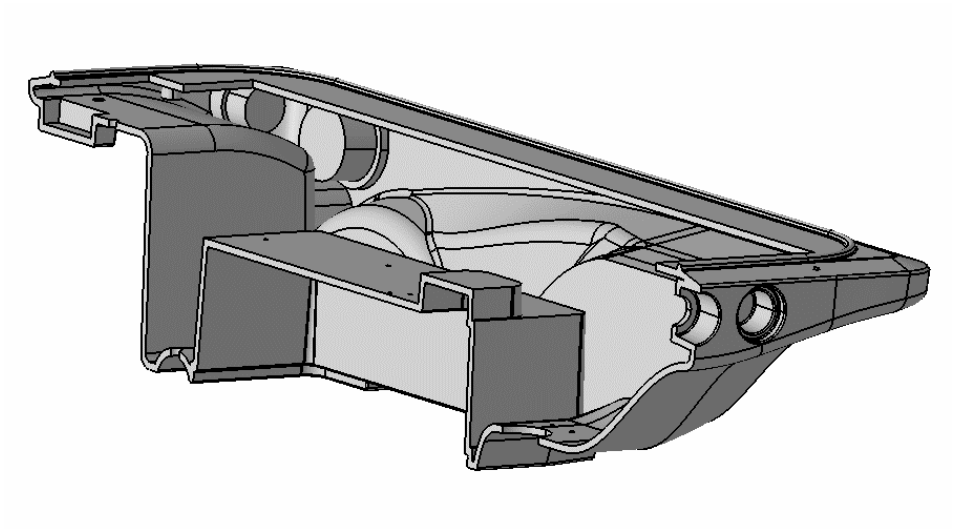
Géométrie : $\left|\overrightarrow{AB}\right| = L = 5$cm, diamètre du rotor $D = 20$mm, $\left|\overrightarrow{BP}\right| = c = 50$mm.

Matériau : acier inoxydable $E = 200$GPa, $Re = 290$MPa, $\nu = 0{,}3$, $\rho = 7900$ kg/m^3

DOCUMENT RESSOURCE XI

Représentations de la coque inférieure





Tournez la page S.V.P.

DOCUMENT RESSOURCE XII

Figure 1 :Dessin de définition partiel de la butée

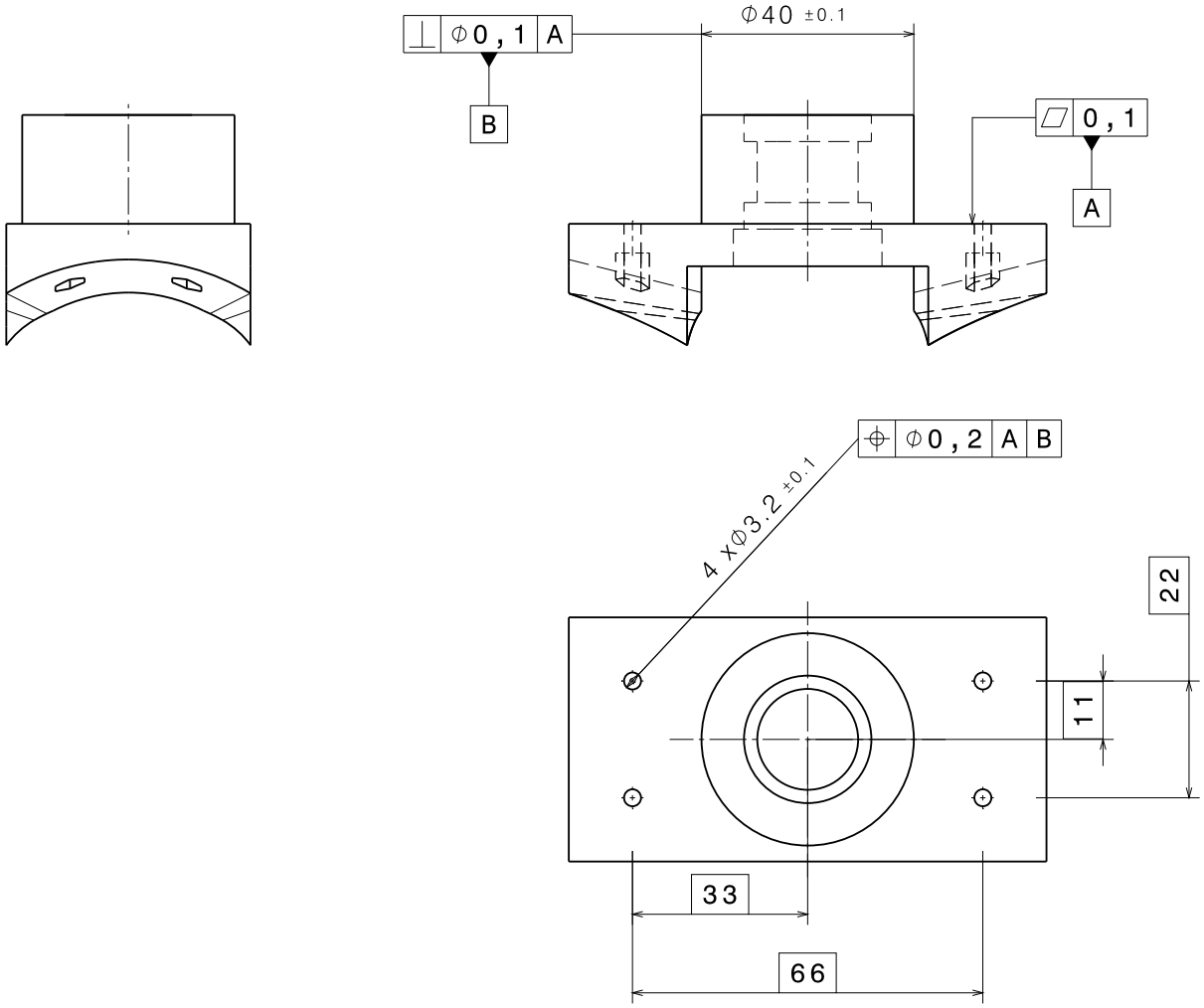


Figure 2 : Prise en compte du maxi matière

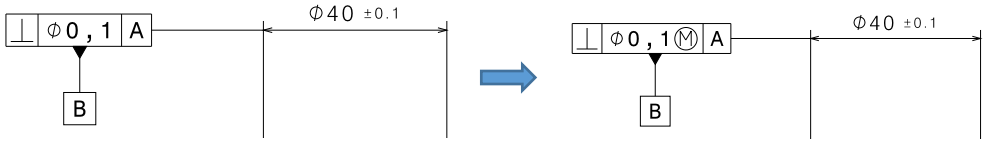
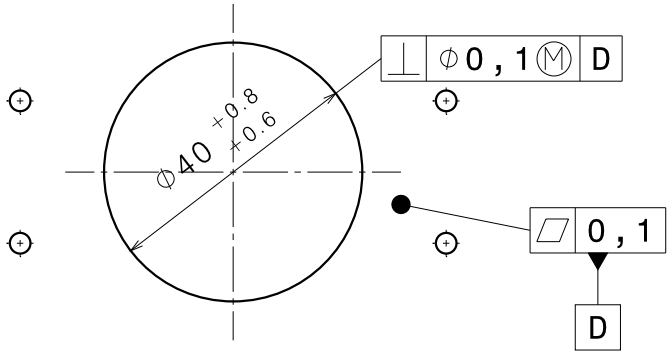
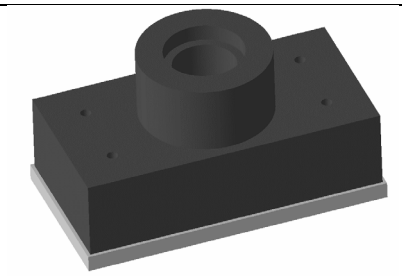
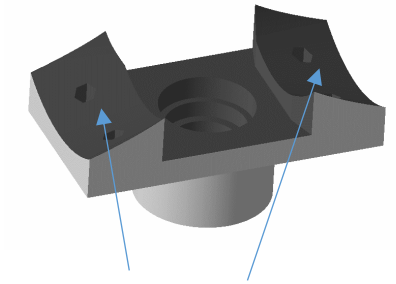


Figure 3 : Tolérancement du plan et de l'alésage de la coque inférieur en contact avec la butée



DOCUMENT RESSOURCE XIII

Gamme d'usinage partielle de la butée

NOMENCLATURE DES PHASES			
Matière : Aluminium 2017a			
N°de phase		Machine outil	Croquis
00	Débit du parallélépipède	Scie à ruban	
10	Ebauche Contournage Perçages Alesage	Machine 3 axes	
20	Ebauche 3 axes Contournage intérieure **FINITION SURFACES BOMBEES**		 Surfaces bombées



Machine 5 axes avec structure berceau + plateau tournant



Machine 3 axes



Fraise cylindrique / Fraise hémisphérique

Cahier réponse
Épreuve de Sciences Industrielles C

AVERTISSEMENT

Toutes les calculatrices sont interdites, quel qu'en soit le type, ainsi que les agendas électroniques, les règles à calculs et les téléphones portables…

INSTRUCTIONS

- Remplir sur chaque copie A3 en MAJUSCULES toutes vos informations d'identification : nom, prénom, numéro inscription, date de naissance, le libellé du concours, le libellé de l'épreuve et la session.
- **Une feuille, dont l'entête n'a pas été intégralement renseigné, ne sera pas prise en compte.**
- **Vérifiez que votre cahier réponse comporte le nombre de pages indiqué et qu'il est correctement imprimé.**
- Composer lisiblement sur les copies avec un stylo à encre foncé : bleue ou noire. Le crayon-mine et autres couleurs peuvent être utilisées uniquement dans les schémas.
- L'usage de stylo à friction, stylo plume, stylo feutre, liquide de correction et dérouleur de ruban correcteur est interdit.
- **À la fin de l'épreuve, rendre toutes les pages dans l'ordre mêmes celles non renseignées. Toute réclamation ultérieure ne pourra pas être prise en compte.**
- Il est interdit aux candidats de signer leur composition ou d'y mettre un signe quelconque pouvant indiquer sa provenance.

Tournez la page S.V.P

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

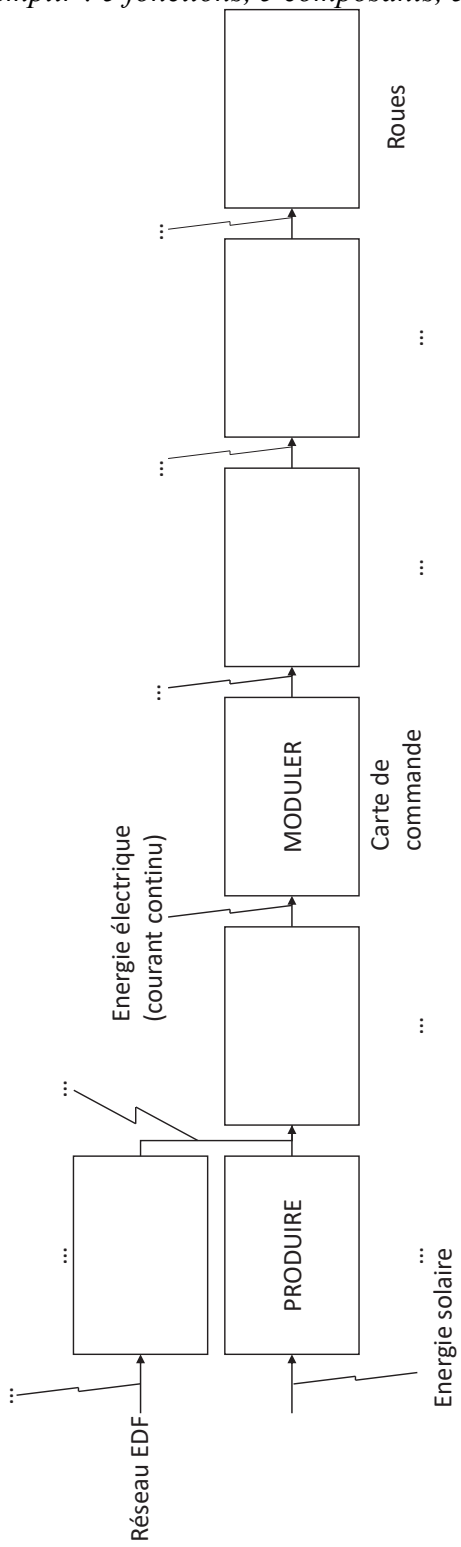
Concours / Examen : …….. **Section/Spécialité/Série :** ……

Epreuve : …….. **Matière :** …….. **Session :** ……..

CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

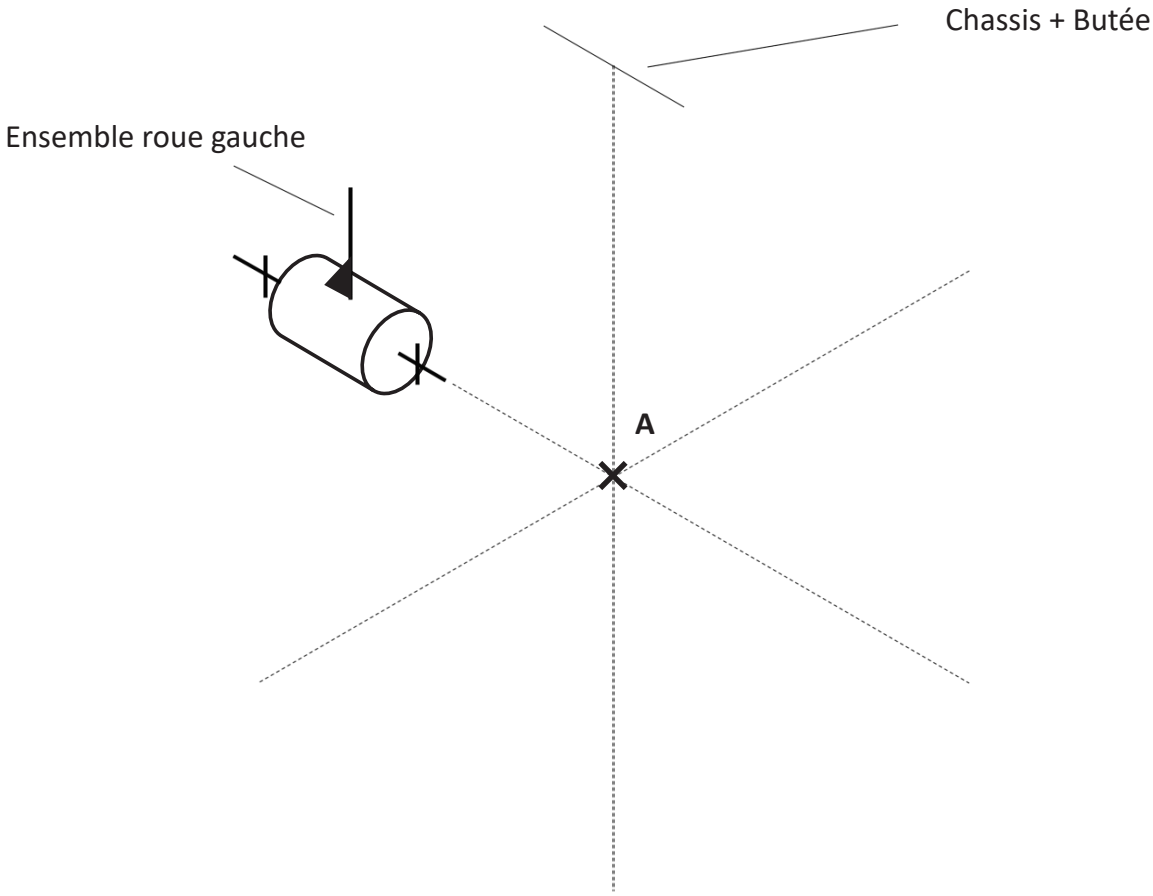
Q1 *Chaine d'énergie (15 éléments à remplir : 5 fonctions, 5 composants, 5 types d'énergie)* 090



Ca

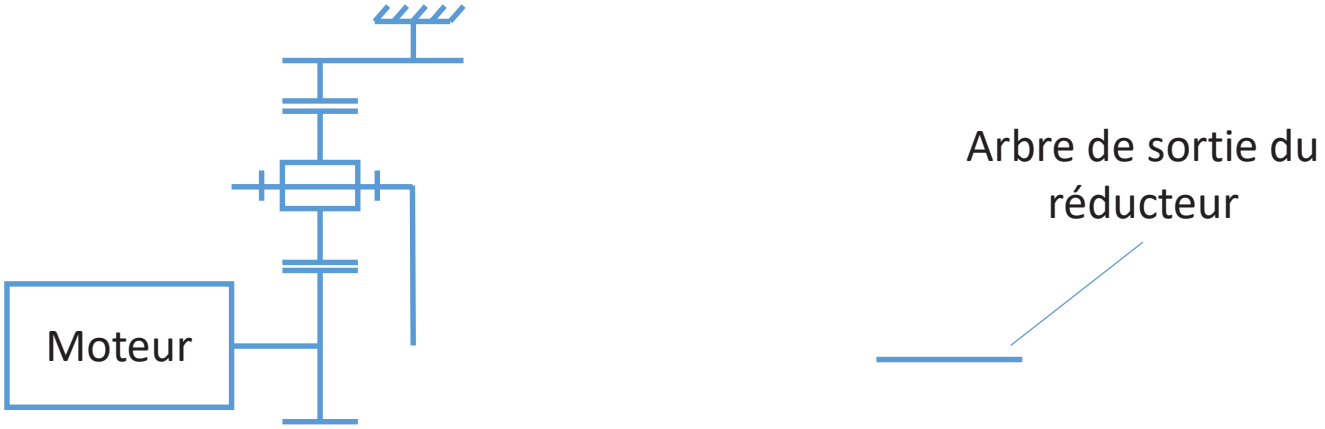
NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Q2 *Schéma cinématique 3D*



Q3 *Rapport de réduction*

Q4 *Schéma cinématique du réducteur*



Q5 *Débattement angulaire de l'essieu arrière*

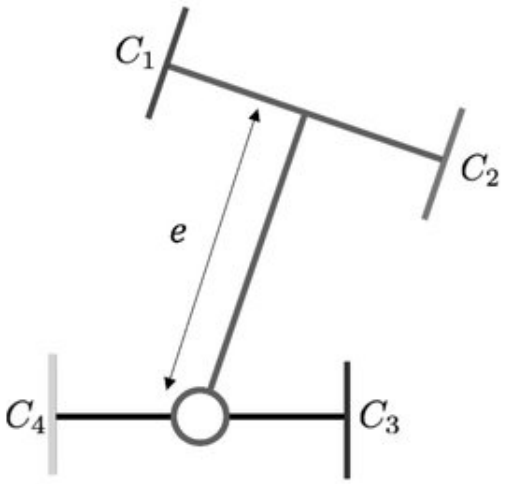
Q6 *Relation distance-angle*

Q7 *Positionnement du capteur*

Q8 *Discussion sur l'incertitude*

Q9 *Pilotage des moteurs en virage serré*

Q10 *Centre instantané et relation entre les vitesses* 090



Q11 *Vitesse des points Ci*

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Q12 *Loi de commande des moteurs*

Q13 *Rayon de courbure minimal atteignable*

Q14 *Force agissant sur le robot*

Q15 *Analogie mécanique*

Q16 *Paramètre k*

Q17 *Représentation du modèle mécanique associé*

Q18 *Forces agissant sur le robot*

Q19 *Valeur du potentiel total*

Q20 *Direction du robot*

Q21 *Cas de la position q=[0 0]*

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : / /

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : …… Section/Spécialité/Série : ……

Epreuve : …… Matière : …… Session : ……

CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

Q22 *Énergie consommée lors de la collision* 090

Q23 *Consommation énergétique pour 5h de travail*

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

Q24 *Surconsommation engendrée par une pente*

Q25 *Démarche d'évaluation de la surconsommation*

Q26 *Origine de la variation de consommation énergétique des gyrobroyeurs*

Q27 *Origine de la variation de consommation énergétique des gyrobroyeurs sur plusieurs mois*

Q28 *Autres sources de consommation énergétique*

Q29 *Puissance crête fournie par le panneau voltaïque*

Q30 *Puissance maximale fournie par le panneau voltaïque*

Q31 *Validation du choix du panneau*

Q32 *Justification du montage du système de coupe*

Q33 *Calcul de la charge Fp*

Q34 *Réaction à l'appui*

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

Né(e) le : / /

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : …….. **Section/Spécialité/Série :** ……

Epreuve : …….. **Matière :** …….. **Session :** ……..

CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

Q35 *Torseur de cohésion dans le rotor* 090

Q36 *Évolution des composantes du torseur de cohésion*

Cd

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

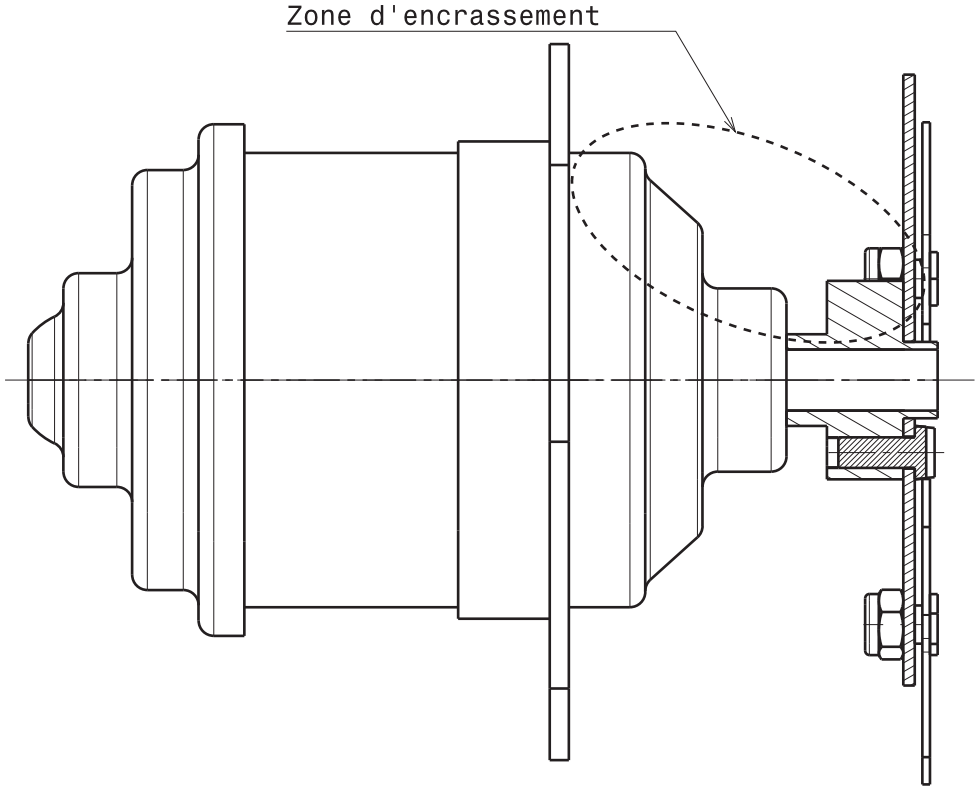
Q37 *Calcul de la contrainte de cisaillement*

Q38 *Validation du dimensionnement du rotor*

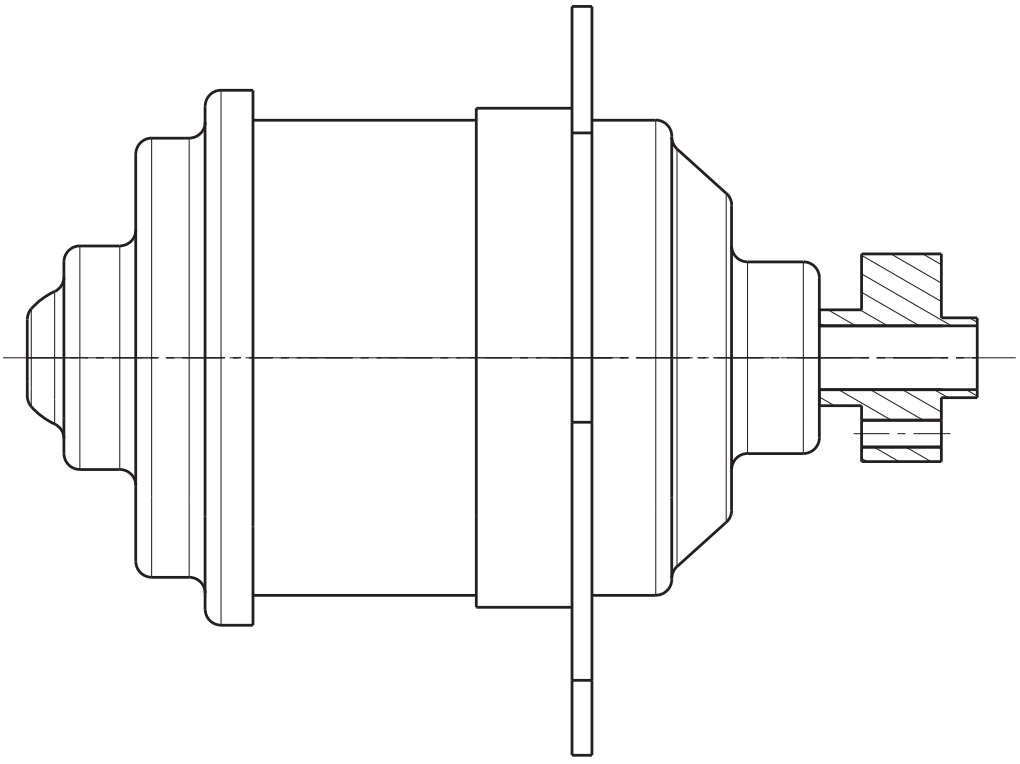
Q39 *Entrainement du support de disque*

Q40 *Solution permettant d'éviter l'encrassement*

Dessin avant modification



Dessin à compléter



Q41 *Nouvelle forme de disque*

Q42 *Emploi de la matière plastique*

Q43 *Raisons de ne pas utiliser l'injection plastique*

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

Né(e) le : / /

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : …….. **Section/Spécialité/Série :** ……

Epreuve : …….. **Matière :** …….. **Session :** ……..

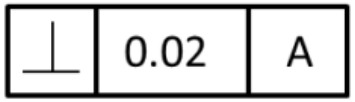
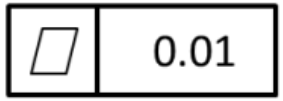
CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

Q44 *Analyse des spécifications géométriques* 090

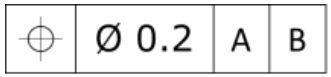
Voir page suivante

Ce

TOLERANCEMENT NORMALISE	Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
	Eléments non Idéaux extraits du « Skin Modèle »		**Eléments Idéaux**		
Type de spécification Forme Orientation Position Battement	**Eléments Tolérancé(s) ***	**Eléments de référence ***	**Référence(s) spécifiée(s) ***	**Zone de tolérance ***	
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.	unique groupe	unique multiples	simple commune système	simple composée	**Contraintes** orientation position par rapport à la référence spécifiée
Schéma extrait du dessin de définition 					
					

* Rayer la (les) mention(s) inutile(s)

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE

TOLERANCEMENT NORMALISE	Analyse d'une spécification par zone de tolérance				
	Eléments non Idéaux extraits du « Skin Modèle »		**Eléments Idéaux**		
Type de spécification Forme Orientation Position Battement	**Eléments Tolérancé(s) ***	**Eléments de référence ***	**Référence(s) spécifiée(s) ***	**Zone de tolérance ***	
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.	unique groupe	unique multiples	simple commune système	simple composée	**Contraintes** orientation position par rapport à la référence spécifiée
Schéma extrait du dessin de définition 					

* Rayer la (les) mention(s) inutile(s)

Q45 *Dimensions états virtuels*

Q46 *Jeu mini*

Q47 *Gabarit de contrôle de la perpendicularité au maximum de matière de la butée*

Modèle CMEN-DR v2 ©EXATECH

Nom de famille :
(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

Numéro Inscription :

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

(Remplir cette partie à l'aide de la notice)

Concours / Examen : …….. **Section/Spécialité/Série :** ……

Epreuve : …….. **Matière :** …….. **Session :** ……..

CONSIGNES

- *Remplir soigneusement, sur CHAQUE feuille officielle, la zone d'identification en MAJUSCULES.*
- *Ne pas signer la composition et ne pas y apporter de signe distinctif pouvant indiquer sa provenance.*
- *Numéroter chaque PAGE (cadre en bas à droite de la page) et placer les feuilles dans le bon sens et dans l'ordre.*
- *Rédiger avec un stylo à encre foncée (bleue ou noire) et ne pas utiliser de stylo plume à encre claire.*
- *N'effectuer aucun collage ou découpage de sujets ou de feuille officielle. Ne joindre aucun brouillon.*

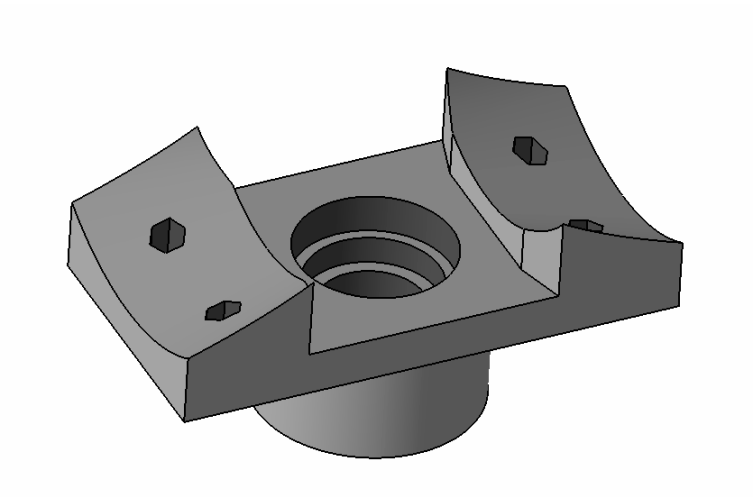
Q48 *Démarche vérification conformité perpendicularité au maximum de matière* 090

Q49 *Usinage 3 axes*

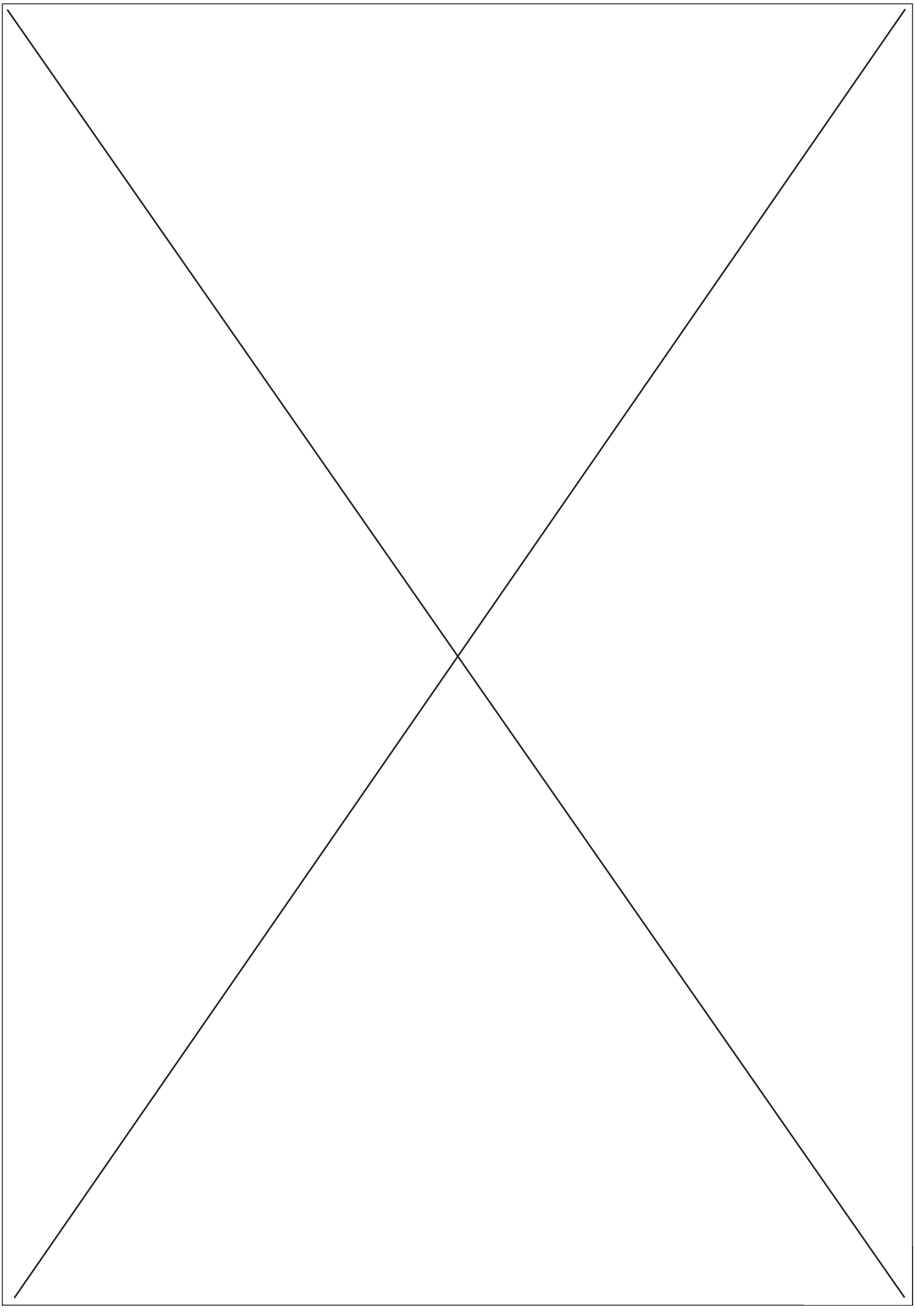
Cf

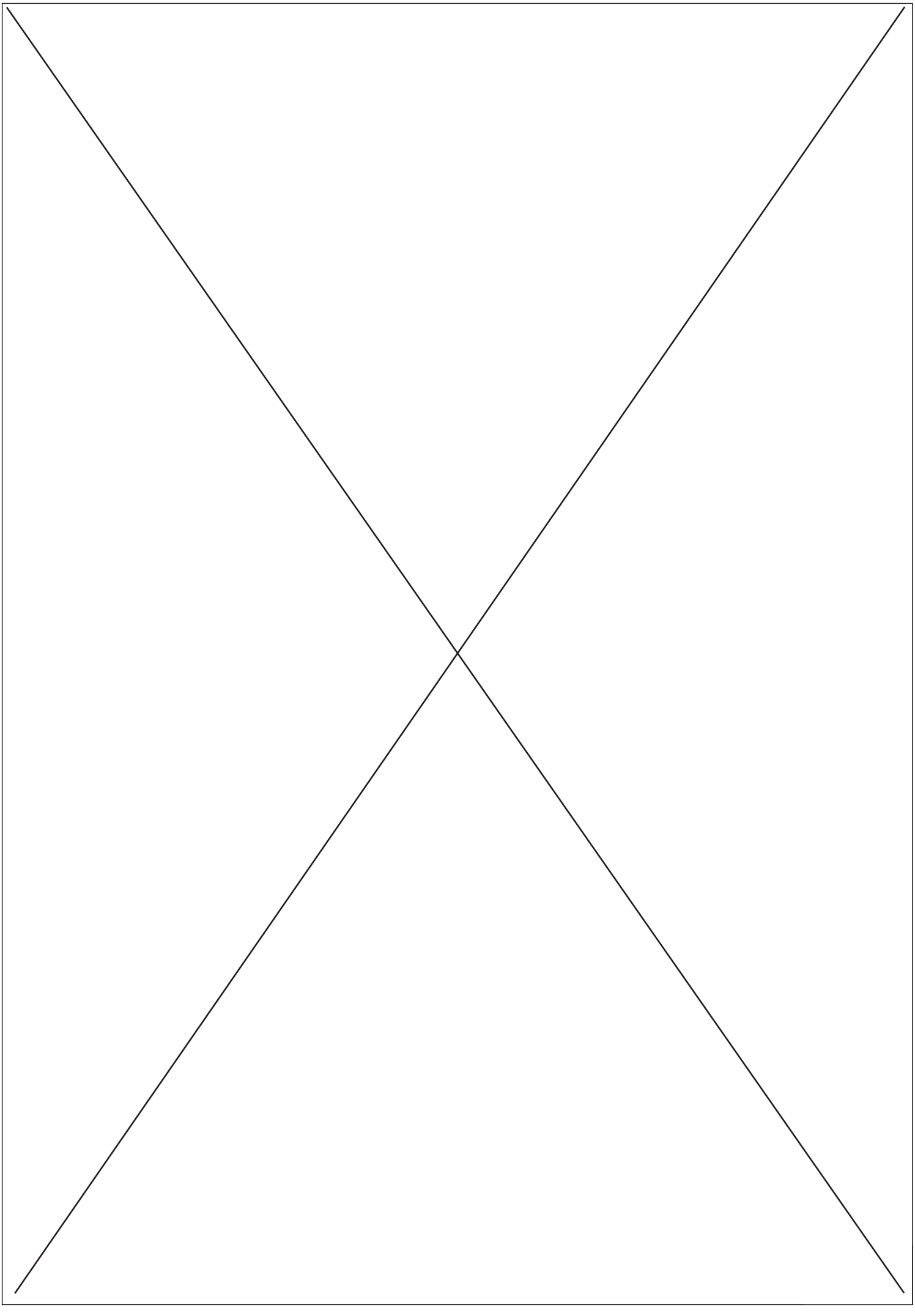
Page suivante pour représenter l'outil en travail

NE RIEN ECRIRE DANS CE CADRE



Q50 *Usinage 5 axes*





Travailler les chapitres de ce sujet

Prepa Help suit le programme de PT 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

- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- Modélisation des liaisons, graphe des liaisons et schéma cinématique
- Transmetteurs de puissance et trains d'engrenages
- Cinématique du solide : paramétrage, vitesse, taux de rotation et torseur cinématique
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- 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/banque-pt/pt