

BREVET de TECHNICIEN SUPÉRIEUR ASSISTANCE TECHNIQUE D'INGÉNIEUR

Épreuve E4 - Sous-épreuve E4.2

**Vérifications des performances mécaniques et électriques d'un
système pluritechnologique**

Dossier CORRIGÉ

BOBINEUSE - REFENDEUSE

Partie 1 : Est-ce que la section du câble C111 qui doit être choisie permet de respecter la norme NF C15-100 sur la chute de tension maximale ?

La partie Découpe (déplacement des couteaux contre-couteaux en fonction des laizes demandées) de la Bobineuse vient d'être automatisée. Les 13 couteaux fonctionnent simultanément alimentés par un seul variateur de vitesse.

Question 1.1 | A l'aide de la plaque signalétique du moteur du contre-couteau et du schéma développé du système Découpe, **trouver** et **justifier** le couplage des 13 moteurs identiques.
Voir DT1 DT3

**Réseau 3*400V~
Moteurs 230V/400V
La tension aux bornes d'un enroulement est égale à la tension simple du réseau donc couplage Etoile.**

Question 1.2 | **Calculer** le courant total I_{emploi} à la sortie du variateur de vitesse.
Voir DT1 DT3

$I_{Etoile} = 1,9A$ donc $I_{emploi} = 13*$. $I_{Etoile} = 13*1,9 = 24,7A$

On souhaite déterminer la section théorique du câble C111, puis vérifier la conformité de l'ensemble de la ligne d'alimentation vis-à-vis de la norme sur les chutes de tension. La détermination de la section théorique dépend du courant admissible :

$$I_z = \frac{I_{emploi}}{K1 \times K2 \times K3}$$

Pour déterminer les différents coefficients, suivre le protocole du DT4.

Câble	Section	Longueur	Ib (A)	Mode de pose
C111		40m	32	Câble multipolaire U 1000 RO2V (cuivre, PR) posé sur chemin de câbles perforé (horizontal avec 2 autres circuits (une seule couche et T=35°C))

Question 1.3.1 | **Déterminer** la lettre de sélection et les coefficients en les justifiant.

Voir DT4

câble posé sur chemin de câble perforé donc lettre de sélection E

$K_1=1$ (E)

$K_2 = 0,82$ (T=35°C ; isolant PR)

$K_3 = 0,96$ (avec 2 autres circuits ; une seule couche ; E)

Question 1.3.2 | A l'aide de la formule ci-dessus, **déterminer** le courant admissible I_z .

$I_z = 24,7 / (1 * 0,96 * 0,82) = 31,4A$

Question 1.3.3 | **Déterminer** la section d'échauffement S_E du câble C111.

Voir DT5

S_E du câble C111 = 4mm²

Question 1.3.4 | **Déterminer** la chute de tension ΔU_{C111} dans le câble C111 (on prendra $\cos \varphi = 0.85$).

Voir DT1

$\Delta U_{C111} = 5\%$ pour 100m donc $\Delta U_{C111} = 2\%$ pour 40m

Question 1.3.5 | **Calculer** la chute de tension totale $\Delta U_{\text{Découpe}}$. Est-on en accord avec la norme NF C15-100 ?

Voir DT1

$\Delta U_{\text{Découpe}} = \Delta U_{C111} + \Delta U_{C11} + \Delta U_{C1} + \Delta U_{C0} = 2+1+1,5+0,1 = 4,6\% < 8\%$ OK

Partie 2 : Comment protéger la nouvelle installation (moteurs contre-couteaux) contre les défauts thermiques ?

Le choix d'un seul variateur pour les 13 moteurs des contre-couteaux implique la non-protection thermique de chaque moteur par le variateur . Donc le système a été modifié pour utiliser 3 sondes de température de type PTC, montées en série et associées à un dispositif de commande pour la protection thermique.

Question 2.1 | Qu'est-ce-qui caractérise un capteur de type PTC ?

Les sondes Coefficient de Température Positif sont des sondes thermistances (thermométriques) dont la résistance varie fortement sur une plage de température limitée.

Question 2.2 | D'après la plaque signalétique, le moteur possède la classe F,
Voir DT1 DT6 **déterminer** la température maximale que pourra supporter le moteur si la température ambiante est de 40°C ?

$\Delta\theta = 100^\circ\text{C}$ (classe F) donc $\theta_{\max} = \theta_{\text{amb}} + \Delta\theta = 40 + 100$ soit $\theta_{\max} = 140^\circ\text{C}$

Question 2.3 | **Choisir** le dispositif de commande à réarmement manuel (alimentation 24V~, possibilité de signaler le défaut par un voyant).
Voir DT6

LT3SM00MW ou LT3SM00E

Question 2.4 | En fonction des résultats précédents choisir les 3 sondes CTP identiques intégrées au moteur qui conviendront à la protection thermique de nos moteurs.
Voir DT6

DA1TT140

Partie 3 : Cette nouvelle installation permet-elle de satisfaire le facteur de puissance imposé par le fournisseur d'énergie ($\cos \varphi \geq 0,93$) ?

Sur l'ancien système, par rapport aux laizes demandées, une moyenne de 5 moteurs (pour l'entraînement des contre-couteaux), différents de ceux placés actuellement, fonctionnent simultanément. Des mesures de puissance avaient été réalisées indiquant un facteur de puissance proche de la recommandation imposée par le fournisseur d'énergie :

$$\cos \varphi \geq 0.93$$

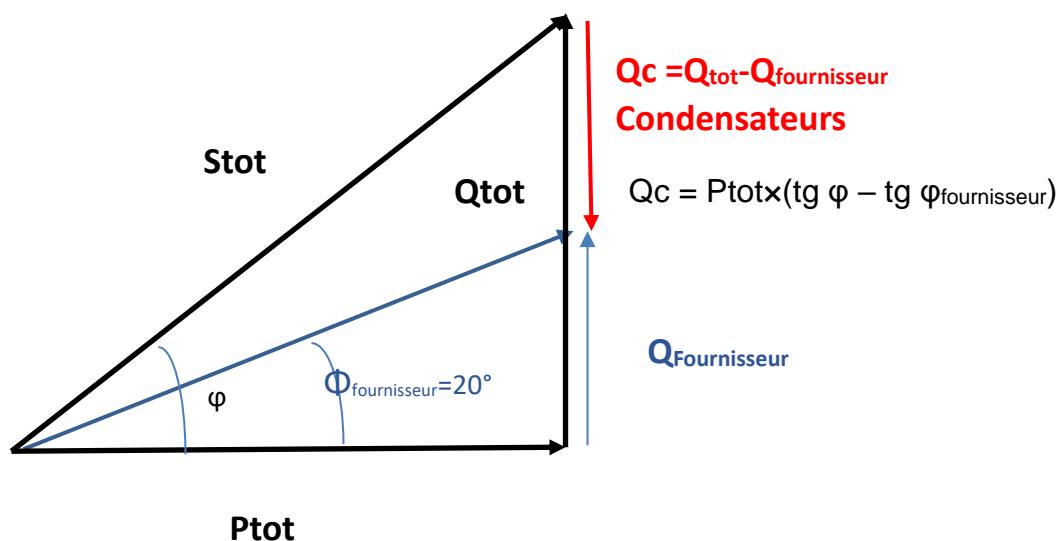
Après l'installation de l'automatisation, l'entreprise veut vérifier la détérioration ou non du facteur de puissance.

Question 3.1 | Sachant que les 13 moteurs sont identiques, **déduire** le nouveau facteur de puissance $\cos \varphi$?

$\cos \varphi = 0,83$

Question 3.2 | **Etablir** une conclusion et donner une solution pour remédier au problème.

Etant donné le nouveau facteur de puissance inférieur à celui imposé par le fournisseur, la nouvelle installation consomme plus de puissance apparente et donc d'intensité cela veut dire la facturation d'énergie réactive.



Question 3.3 | **Calculer** la puissance absorbée d'un moteur.

Voir DT1

$$P_a = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1,9 \cdot 0,83 = 1100W$$

Question 3.4 | Sachant que les 13 moteurs sont identiques, **Calculer** l'énergie réactive fournie par les condensateurs.

$$Q_c = 13 \cdot 1100 \cdot (0,67 - 0,395) = 3932VAR$$

Question 3.5 | **Choisir** le code de référence de la batterie de condensateurs afin d'obtenir $\cos \varphi \geq 0,93$. **Justifier**.

Voir DT7

Type CTB 8302475 5kVAR 415V triphasé

Partie 4 : Le dispositif de freinage d'urgence pour l'arrêt en rotation de la bobine mère est-il satisfaisant ?

Partie 4.1 : Calcul de l'énergie cinétique de la bobine mère

Question 4.1.1 | **Relever** sur les courbes du document technique, les valeurs de la vitesse angulaire ω et du moment d'inertie J pour les instants A et B. **Calculer** E_{CA} et E_{CB} l'énergie cinétique de la bobine mère pour ces 2 instants.

Voir DT8 DT9

Pour le point A : $\omega_A = 19,8 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ et $J_A = 780 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

Pour le point B : $\omega_B = 27,6 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ et $J_B = 205 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$

$$E_{CA} = 1/2 \cdot J_A \cdot \omega_A^2 = 1/2 \cdot 780 \cdot 19,8^2 = 152896 \text{ J}$$

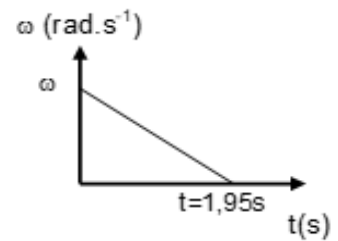
$$E_{CB} = 1/2 \cdot J_B \cdot \omega_B^2 = 1/2 \cdot 205 \cdot 27,6^2 = 78080 \text{ J}$$

Question 4.1.2 | **Préciser** quelle sera la valeur retenue pour le calcul du frein. **Justifier** votre réponse.

On prendra $E_{CA} = 152896 \text{ J}$ qui est la valeur maximale de l'énergie à dissiper.

Partie 4.2 : Calcul des caractéristiques cinématiques de la bobine mère

Question 4.2.1 | La loi de variation de la vitesse angulaire de la bobine mère lors de la phase de freinage est décrite par le graphe ci-contre (mouvement circulaire uniformément varié). A partir de la vitesse angulaire ω utilisée pour le calcul de l'énergie cinétique, **calculer** la décélération angulaire α durant cette phase.



$$\alpha = \Delta\omega / \Delta t = -19,8 / 1,95 = -10,15 \text{ rad.s}^{-2}$$

Question 4.2.2 | **Calculer** θ l'angle d'arrêt parcouru par la bobine durant la phase de freinage.

$$\theta = 1/2 \cdot \alpha \cdot t^2 = 0,5 \cdot 10,15 \cdot 1,95^2 = 19,3 \text{ rad}$$

Partie 4.3 : Calcul du couple de freinage

Quels que soient les résultats trouvés précédemment, on prendra : $\theta = 20 \text{ rad}$ et $E_c = 154000 \text{ J}$ en début de freinage. On considère que la seule action mécanique extérieure qui s'applique sur la bobine est le couple de freinage C_{frein} .

Question 4.3.1 | **Donner et justifier** la valeur de l'énergie cinétique de la bobine mère à la fin de la phase de freinage.

A la fin de la phase de freinage, $E_c = 0$ car la vitesse angulaire est nulle.

Question 4.3.2 | Par application du théorème de l'énergie cinétique, **calculer** C_{frein} le couple de freinage nécessaire à l'arrêt de la bobine.

Voir DT9

$$\Delta E_c = W_{12(\text{ext} \rightarrow S)}$$

$$E_{c2} - E_{c1} = - W_{\text{frein}}$$

$$0 - E_{c1} = - C_{\text{frein}} \cdot \theta$$

$$C_{\text{frein}} = E_{c1} / \theta$$

$$C_{\text{frein}} = 154000 / 20 = 7700 \text{ Nm}$$

Partie 4.4 : Vérification de la capacité du dispositif de freinage

Quel que soit le résultat trouvé précédemment, on prendra $C_{\text{frein}} = 8000 \text{ Nm}$.

Question 4.4.1 | A l'aide de la documentation constructeur du disque de frein, **donner** la valeur de W_{BSzul} pour le disque considéré et **calculer** W_{B} l'énergie de freinage générée par l'application.
Voir DT8 DT10

Pour un disque $\varnothing 520 \text{ mm}$ et d'épaisseur $12,5 \text{ mm}$: $W_{\text{BSzul}} = 850000 \text{ J}$

$$n_1 = 60 \cdot \omega / (2\pi) = 60 \cdot 19,8 / (2\pi) = 189 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$W_{\text{B}} = 780 \cdot (189^2 - 0^2) / 182,5 = 152670 \text{ J}$$

Question 4.4.2 | Le frein SIME Brakes 2SA utilisé est commandé par manque de courant. **Justifier** son emploi comme frein d'urgence.
Voir DT11

Le freinage s'effectue grâce à l'énergie mécanique des ressorts.

Le défreinage (pendant le bobinage) est réalisé grâce à l'énergie électromagnétique.

C'est l'absence d'énergie électrique qui provoque le freinage grâce à l'action des ressorts. Cette absence d'énergie qui peut être réalisée par l'ouverture d'un contact justifie son utilisation en tant que frein d'urgence.

Question 4.4.3 | **Donner** la valeur limite de la vitesse linéaire du disque autorisée par la documentation constructeur, puis connaissant son rayon, **calculer** V_{Max} la vitesse linéaire maximale en périphérie du disque de frein pendant le fonctionnement.
Voir DT8 DT11

Vitesse linéaire limite autorisée : $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$$V_{\text{Max}} = r \cdot \omega_{\text{Max}} = (0,52/2) \cdot 27,6 = 7,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Question 4.4.4 | A partir de la documentation constructeur, **calculer** CF le couple de freinage dynamique.
Voir DT11

$$CF = 94000 \cdot (520/2000 - 0,055) = 19270 \text{ Nm}$$

Question 4.4.5 | **Rédiger** une conclusion générale des questions 4.4.1, 4.4.3, et 4.4.4 sur l'aptitude du dispositif de freinage à réaliser un arrêt d'urgence suivant la norme ISO 13855.
Voir DT10 DT11

Le dispositif de freinage permet de réaliser un freinage d'urgence de la bobine mère conformément à la norme ISO 13855. En effet, durant un freinage d'urgence :

- $W_{\text{BSzul}} = 850000 \text{ J} > W_{\text{B}} = 152670 \text{ J}$

la capacité d'absorption thermique du disque est supérieure à l'énergie de freinage.

- la vitesse linéaire du disque ($7,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) est inférieure à la limite maximale autorisée par la documentation constructeur ($10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$),

- le couple que peut engendrer le dispositif de freinage (19270 Nm) est supérieur au couple de freinage nécessaire à notre application (8000 Nm) .

Partie 5 : Les vérins choisis sont-ils bien dimensionnés pour réaliser la cinématique de la pelle d'éjection des bobines filles ?

Partie 5.1 : Détermination des caractéristiques du piston

Question 5.1.1 | Au regard de cette étude, **justifier** le choix d'un vérin double effet.

Voir DT13

Comme la course du piston est négative le piston rentre dans le corps du vérin. Le vérin fonctionne donc en traction.
Pour réaliser cette traction, l'effort du vérin sur la pelle est négatif jusqu'à un angle de 5,6 degrés puis positif. Le vérin développe une force dans les deux sens ; il s'agit d'un vérin à double effet.

Question 5.1.2 | **Relever** sur la courbe de la force appliquée par les deux vérins leur valeur maximale.

Voir DT13

$$F_{maximale} = 122,3 \text{ kN}$$

Question 5.1.3 | Calculer le diamètre d'un piston permettant d'obtenir cet effort sous une pression de 250 bars.

Voir DT13

$$p = \frac{F}{S}$$
$$D_{piston} = \sqrt{\frac{4 F_{maximale}/2}{\pi p}} = 55,8 \text{ mm}$$

Question 5.1.4 | **Relever** sur les courbes la course maximale du piston.

Voir DT13

$$Course \text{ du piston} = 299,1 \text{ mm}$$

Question 5.1.5 | **Justifier** le choix des vérins au regard de vos résultats

Voir DT12

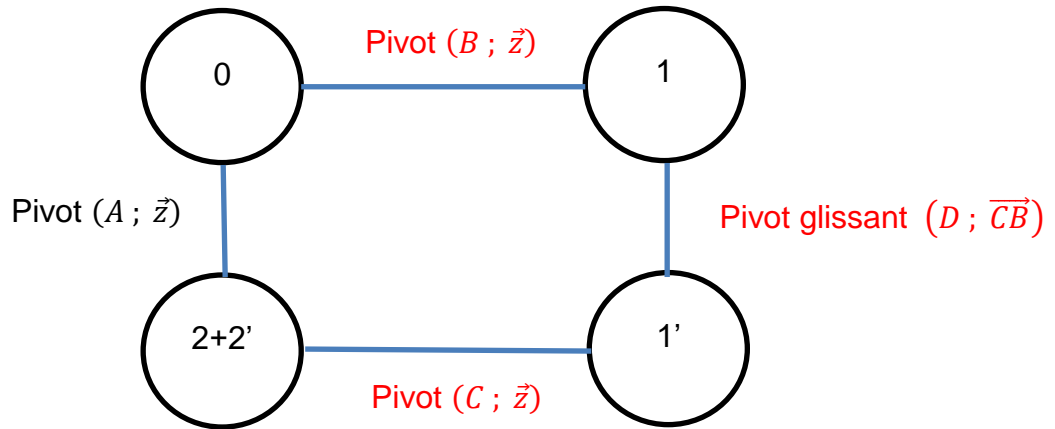
- Le fonctionnement de la pelle d'éjection demande un vérin double effet.
- Le diamètre du piston calculé est 55,8 mm, or le diamètre de l'alésage choisi est de 80 mm ce qui est légèrement surdimensionné. Un diamètre de 63 mm aurait pu suffire. Ce choix peut être justifié par un coefficient de sécurité.
- Le diamètre de la tige choisi est de 45 mm ; il correspond au diamètre de 80 mm. Un diamètre de 36 mm aurait pu suffire.
- La course relevée est de 300 mm. La course choisie est de 350 mm ce qui permet une marge de sécurité.

Partie 5.2 : Réglage de la vitesse de déploiement du piston

Question 5.2.1
DR1

Compléter le graphe des liaisons cinématiques de la pelle d'éjection du document réponse DR1.

Graphe des liaisons cinématiques de la pelle d'éjection



Question 5.2.2

Définir le mouvement de l'ensemble $\{2 ; 2'\}$ (bobines-pelle) par rapport au support $\{0\}$. **En déduire** la direction du vecteur vitesse $\vec{v}_{(C;2/0)}$ de l'ensemble $\{2 ; 2'\}$ (bobines-pelle) par rapport au support $\{0\}$ au point C.

La bobine étant solidaire à la pelle, la pelle étant en liaison pivot de centre A et d'axe \vec{Z} , alors le mouvement de la bobine par rapport au support est une rotation de centre A et d'axe \vec{Z} .

Le point C appartenant à la pelle, alors il suit le même mouvement que le point O. La direction de la vitesse $\vec{v}_{(C;2/0)}$ est la droite perpendiculaire au rayon [AC] passant par le point C.

Question 5.2.3
DR1

Tracer le vecteur de la vitesse $\vec{v}_{(C;2/0)}$ de l'ensemble $\{2 ; 2'\}$ (bobines-pelle) par rapport au support $\{0\}$ au point C et **donner** sa valeur.

$$\|\vec{v}_{(C;2/0)}\| = 0,26 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

Question 5.2.4

Montrer que $\vec{v}_{(C;2/0)} = \vec{v}_{(C;1'/0)}$ par la loi des compositions des vitesses.

$\vec{v}_{(C;2/0)} = \vec{v}_{(C;2/1')} + \vec{v}_{(C;1'/0)}$ or le point C est le centre de rotation de la pelle par rapport à la tige du vérin donc $\|\vec{v}_{(C;2/1')}\| = 0$ donc $\vec{v}_{(C;2/0)} = \vec{v}_{(C;1'/0)}$

Question 5.2.5

Définir le mouvement de la tige du vérin $\{1'\}$ par rapport au corps du vérin $\{1\}$. **En déduire et tracer** la direction du vecteur vitesse $\vec{v}_{(C;1'/1)}$ de la tige

DR1

du vérin {1'} par rapport au corps du vérin {1}.

Comme la tige du vérin est en liaison pivot glissant avec le corps du vérin suivant son axe alors son mouvement est une translation de direction (CB).

La direction du vecteur vitesse $\vec{v}_{(C;1'/1)}$ est donc (CB).

Question 5.2.6

Définir le mouvement du corps du vérin {1} par rapport au support {0}. **En déduire et tracer** la direction du vecteur vitesse $\vec{v}_{(C;1/0)}$ du corps du vérin {1} par rapport au support {0}.

DR1

Le corps du vérin {1} par rapport au support {0} est en liaison pivot (B ; \vec{z}), alors le mouvement du vérin est une rotation (B ; \vec{z}).

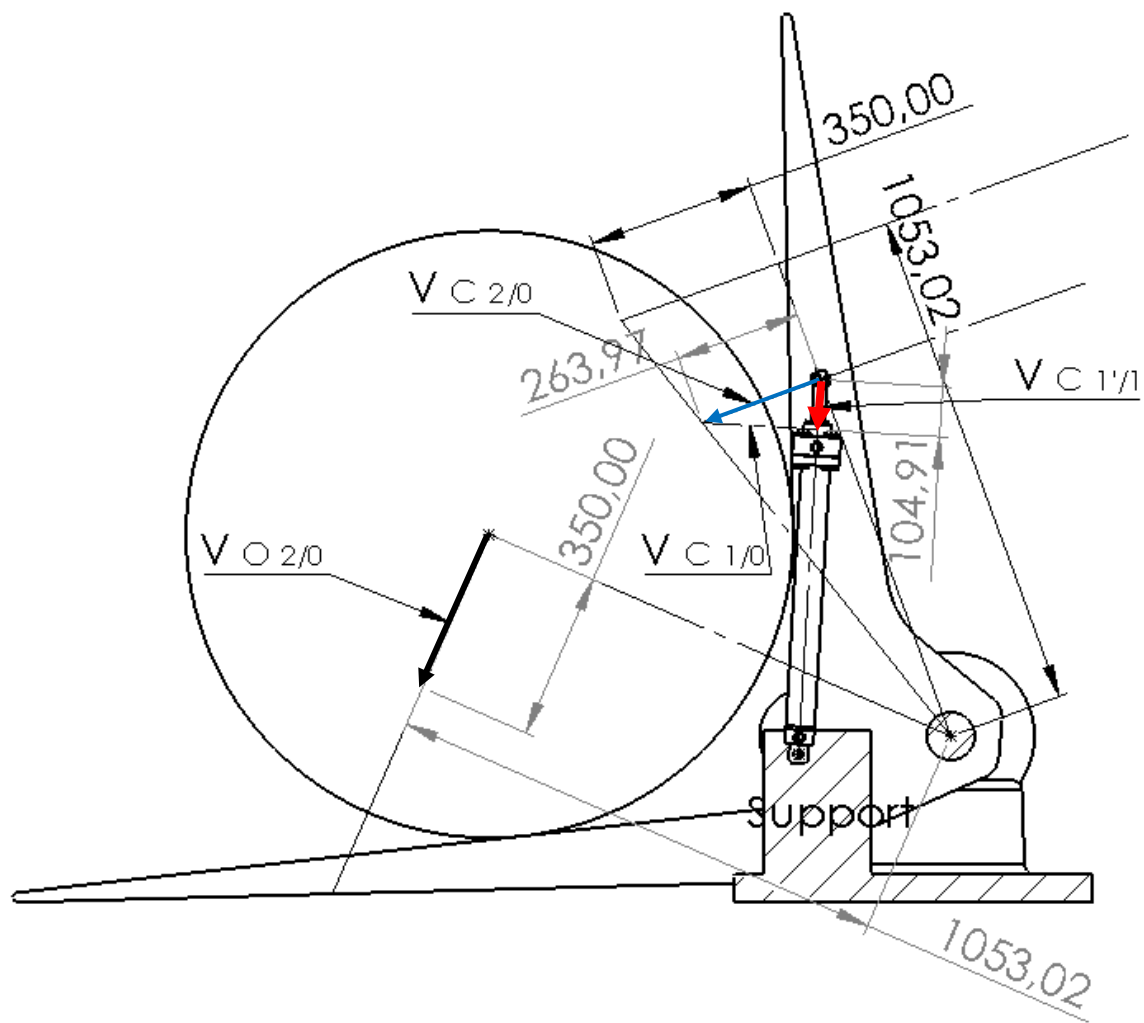
La direction du vecteur vitesse $\vec{v}_{(C;1/0)}$ du corps du vérin {1} par rapport au support {0} est donc la perpendiculaire au rayon [BC] passant par le point C.

Question 5.2.7

Sachant que $\vec{v}_{(C;1'/0)} = \vec{v}_{(C;1'/1)} + \vec{v}_{(C;1/0)}$ par la loi de décomposition de vitesses, **tracer** le vecteur vitesse $\vec{v}_{(C;1'/1)}$ de la tige du vérin {1'} par rapport au corps du vérin {1}. **En donnant** sa valeur dans le document réponse DR1, **conclure** sur la vitesse de réglage du vérin.

DR1

Pour que le bobines ne roule pas plus de 4 m, le réglage de la vitesse du vérin doit être égal à 0,1 m/s



Sur la correction échelle 1m/s -> 1000 mm

BTS assistance technique d'ingénieur	CORRIGÉ	Session 2021
Sous épreuve E4.2	Code : ATVPM	Page 12 sur 12