Concours Commun INP (CCINP), France

Session 2017, filière TSI

Sciences industrielles de l'ingénieur

Durée : 6 heures

Ce que traite le sujet

- Partie I : présentation et analyse du système
- Partie II : validation des solutions constructives
- Partie III : changement de motorisation

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/2017/si

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

CONCOURS COMMUNS POLYTECHNIQUES

EPREUVE SPECIFIQUE - FILIERE TSI

SCIENCES INDUSTRIELLES DE L'INGENIEUR

Vendredi 5 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.

Les calculatrices sont autorisées

WHING : WHeelchair Initiative New Generation

Le sujet est composé de 3 parties, toutes indépendantes.

***Sujet** : page 1 à page 20*

Partie I : Présentation et analyse du système
Partie II : Validation des solutions constructives
Partie III : Changement de motorisation

***Annexes** : annexe 1 à annexe 13 (page 1 à page 14)*

***Documents réponses** : DR1 à DR6 (pour des raisons techniques, le DR4 est placé avant le DR3)*

WHING : WHeelchair Initiative New Generation

Partie I - Présentation et analyse du système



Figure 1 - Vue du WHING

Le projet WHING (WHeelchair Initiative New Generation) a été initié par l'Association Française contre les Myopathies (AFM) en décembre 2004. Il a pour objet d'imaginer, de réaliser et proposer aux utilisateurs un fauteuil verticalisateur à déplacement motorisé de nouvelle génération avec, comme objectifs associés :

- d'intégrer de nouvelles technologies ;
- de mieux prendre en compte les besoins spécifiques des utilisateurs ;
- d'utiliser une conception modulaire.

À la suite d'un appel d'offre, c'est la société DRK (filiale de Segula Technologie) qui a été retenue pour assurer le développement du produit dont la commercialisation a débuté en avril 2014 (**figure 1**).

Pour répondre aux exigences du cahier des charges, le produit proposé comporte de nombreuses innovations dont certaines font l'objet de brevets qui lui permettent de se démarquer de ses concurrents :

- les positions préprogrammées (**figure 2**) ;

  Le fauteuil dispose de 4 positions de base préprogrammées qui sont paramétrées en sortie d'usine. Ces 4 positions sont accessibles par l'intermédiaire du boitier de commande et peuvent être redéfinies par l'utilisateur.



Position assise basse | Position debout ou verticalisée | Position couchée | Position conduite

Figure 2 - Positions préprogrammées du fauteuil

- une base roulante à six roues indépendantes (**figure 3**) ;

  Les roues centrales motrices autorisent un faible rayon de giration, la base roulante forte de ses 6 roues indépendantes et amorties assure la stabilité et la motricité du fauteuil quel que soit le profil du terrain rencontré.

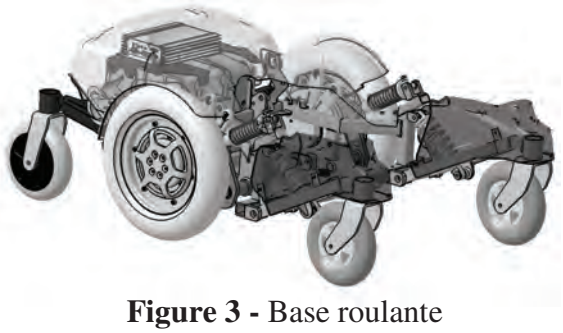


Figure 3 - Base roulante

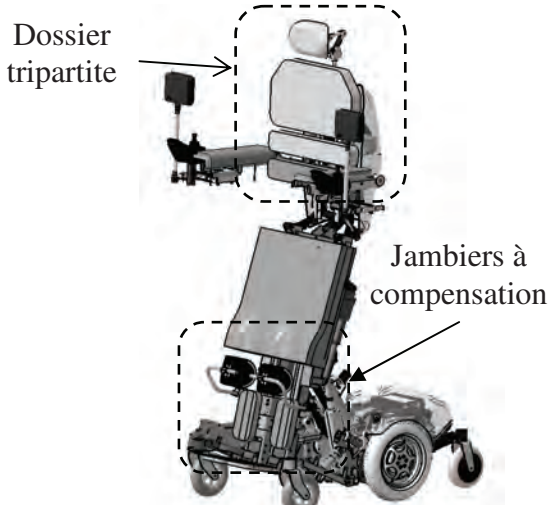


Figure 4 - Innovations du système

- un dossier tripartite et des jambiers indépendants à compensation (**figure 4**).

  Ces éléments innovants participent à l'amélioration du confort de la personne à mobilité réduite (PMR) au quotidien, quelle que soit la position utilisée.

Analyse du système : modélisation SysML

Objectif : appréhender la constitution et le fonctionnement du système objet de notre étude à la lecture de la modélisation SysML.

Q1. Définir, à la lecture du diagramme des exigences partiel fourni en **annexe 1**, les performances attendues du système en terme de vitesse, de charge admissible et de temps de verticalisation.
Q2. Déterminer au moyen du diagramme de définition des blocs, fourni en **annexe 2**, le nom des deux parties constituant le système WHING.
Q3. Déterminer pour chacune des parties identifiées précédemment le nombre et le type d'actionneurs qui la constituent.
Q4. Préciser, en vous basant sur l'**annexe 2**, la technologie des capteurs associés aux actionneurs de l'assise.

Partie II - Validation des solutions constructives

*Objectif : le projet WHING est un projet de conception d'un fauteuil innovant. La validation de ce fauteuil est soumise aux exigences de la **partie I** (normes spécifiques aux véhicules pour les PMR).*
On se propose dans cette partie de valider les choix des concepteurs.

II.1-Étude de la base roulante

Objectif : comprendre les choix technologiques spécifiques de la base roulante.

Les fauteuils roulants motorisés sont passés progressivement d'une base roulante de 4 à 6 roues afin d'améliorer le confort de façon substantielle lors d'un franchissement d'obstacles. Ces efforts d'amortissement sont appréhendés par le train avant et/ou le train arrière qui ne comportent pas de roue motrice comme l'illustre la **figure 5**.

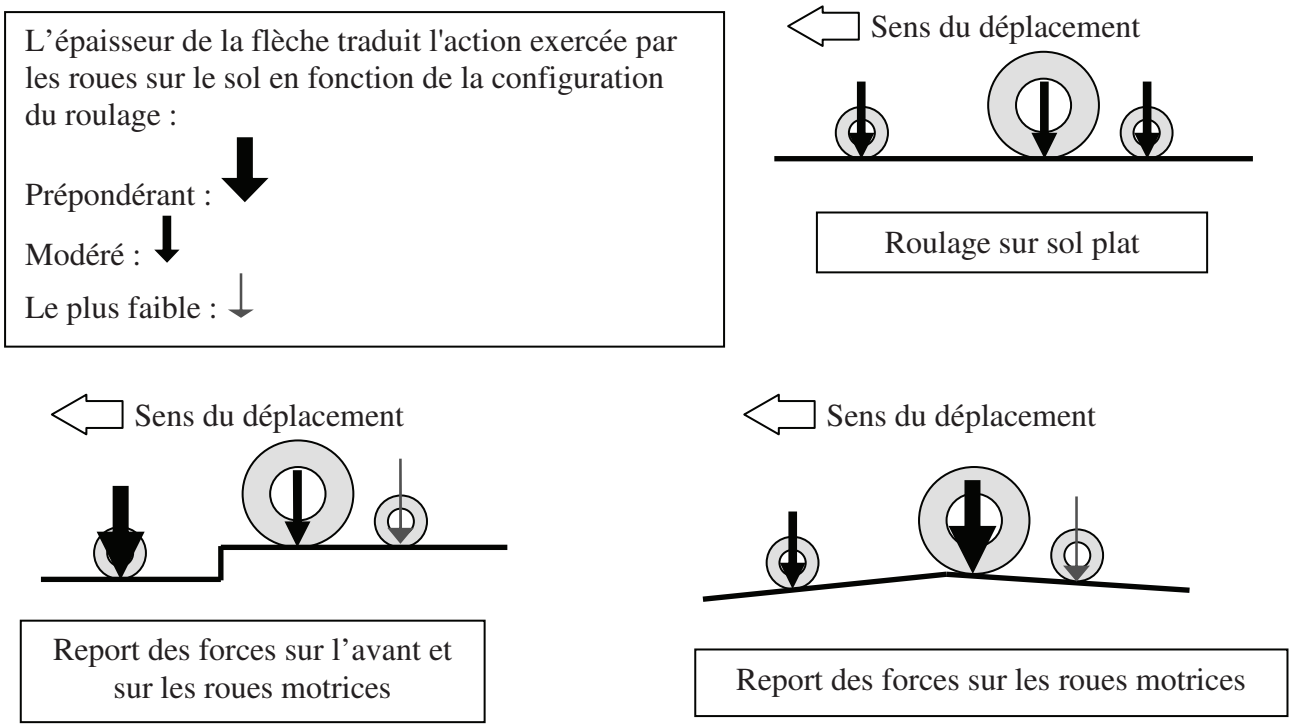


Figure 5 - Schémas illustrant l'action des roues sur le sol en fonction des situations de roulage

L'objectif de la base roulante du WHING est de diminuer les forces s'exerçant sur le train arrière, tout en les augmentant sur les roues centrales, afin de renforcer la motricité de ces dernières. Le fauteuil se comporte ainsi comme un fauteuil disposant seulement de 4 roues.

Q5. En vous aidant du **document réponse DR 1** et de l'**annexe 3**, préciser sur la copie la nature de la liaison entre **2** et **1**. La liaison entre **5** et **6** étant identique à celle entre **2** et **1**, compléter alors le schéma cinématique de la base roulante sur le **document réponse DR 1**.

Le graphe de liaisons de la base roulante est donné ci-dessous :

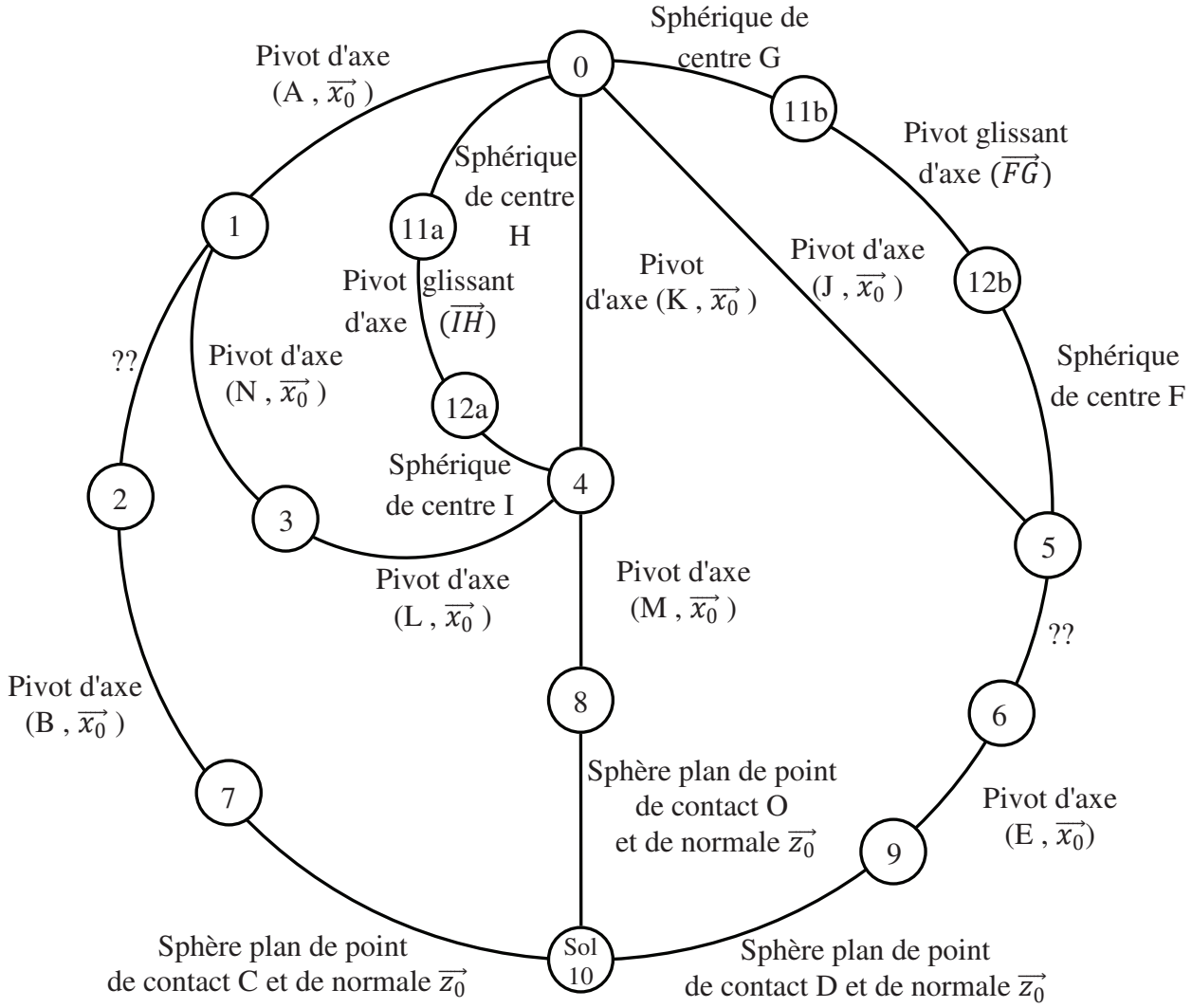


Figure 6 - Graphe de liaisons de la base roulante

Q6. Déterminer le degré d'hyperstaticité du modèle pour la boucle {0,4,12a,11a,0} en précisant bien les mobilités utiles et internes.

Q7. Indiquer un intérêt du degré d'hyperstaticité de la question précédente.

II.2-Mesure de l'inclinaison

Objectif : analyser une solution technique permettant la détection d'une inclinaison de 9°.

Dans sa configuration la plus défavorable, le WHING ne doit pas basculer sur une pente inférieure ou égale à 9°, conformément à la norme ISO 7176 - 1.

En fonction des positions (**figure 2**, page 2), la base roulante va devoir accepter des reports de masse différents, suivant le profil de roulage. Si le transfert des masses s'effectue vers l'avant (verticalisation de l'utilisateur), les éléments situés à l'avant de la base roulante vont s'affaisser (bras avant et amortisseurs). Cet affaissement aura aussi pour effet de déplacer encore plus le centre de gravité de l'ensemble fauteuil/utilisateur vers l'avant, avec le risque que le tout bascule.

Le fabricant a décidé de gérer automatiquement le risque de basculement. Un capteur d'inclinaison détecte la pente maximale. Le calculateur change alors de mode. Le fauteuil passe en position conduite et la vitesse de déplacement est limitée à 2 $km.h^{-1}$.

L'inclinomètre est monté sur le module de gestion de roulage qui est solidaire du châssis. La solution met en œuvre un capteur MEMS (Micro Electro Mechanical Systems), associé à un microcontrôleur par une liaison I^2C. Il s'agit d'un accéléromètre numérique trois axes – ADXL 345 – sensible à l'accélération de la pesanteur. Un extrait de document technique est proposé à l'**annexe 4**. Le calibre de mesure est paramétrable de ± 2.g à ± 16.g ($g = 9{,}81\ m.s^{-2}$) avec une résolution allant de 10 bits à 13 bits. Les données numériques sont codées en complément à deux (**annexe 5**).
La liaison capteur - microcontrôleur est représentée à la **figure 7**. La liaison I^2C est constituée des « lignes » SDA (Serial DAta - signal de données) et SCL (Serial CLock - signal d'horloge). Une illustration de différentes opérations de lecture et d'écriture est fournie à l'**annexe 6**. Le microcontrôleur étant le maître, il génère donc le signal d'horloge. Pour la ligne SCL, l'étage de sortie du microcontrôleur se résume à un transistor en commutation, tandis que l'étage d'entrée de l'ADXL 345 est assimilable à un suiveur (amplificateur de tension de gain unitaire et d'impédance d'entrée infinie).

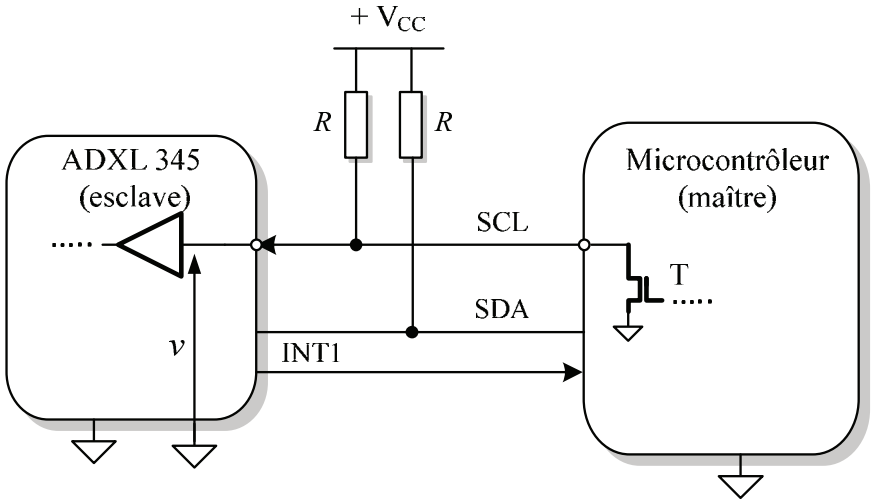


Figure 7 - Liaison capteur - microcontrôleur

Q8. Déterminer la valeur de la tension de la ligne SCL, notée *v*, lorsque le transistor T est idéalement passant, puis bloqué. En déduire le rôle de la résistance *R*.
Q9. Peut-on qualifier la liaison I^2C de « liaison série synchrone » ?

Parmi les différents paramétrages, on a affecté, entre autres, la valeur « 00000000 » au registre d'adresse 0x31 (**annexe 4a**) à l'aide d'une opération d'écriture d'un octet (single byte write, **annexe 6**). Le contenu des registres d'adresses 0x32, 0x33, 0x34, 0x35, 0x36 et 0x37 (**annexe 4a**) est obtenu par une opération de lecture de plusieurs octets (multiple byte read, **annexe 6**).

Q10. Préciser, en argumentant votre réponse, si la ligne SDA est unidirectionnelle ou bidirectionnelle.
Q11. Donner le calibre du capteur et la résolution (nombre de bits) de la mesure.

Les valeurs lues par le microcontrôleur, pour dataX1 et dataX0, sont respectivement « 11111111 » et « 11011000 ». En concaténant ces deux octets, on obtient un mot de seize bits « 1111111111011000 » que l'on note *X*. Les dix bits de droite du mot *X* correspondent à une mesure de la composante de l'accélération, suivant l'axe $\vec{x}$ de l'accéléromètre, codée en complément à deux (LSB à droite). Quant aux 6 bits de gauche, ils sont une recopie du bit de signe.

Q12. Le microcontrôleur manipule des entiers signés codés en complément à deux sur 16 bits. Déterminer la valeur décimale du mot *X* et expliquer l'intérêt de la recopie du bit de signe.

Sous réserve de certaines hypothèses, les accélérations suivant les trois axes du capteur, notées a_x , a_y , a_z (exprimées en g), sont déterminées à partir des valeurs décimales des trois grandeurs X, Y, Z (codées sur 16 bits) par la relation

$$\begin{pmatrix} a_x \\ a_y \\ a_z \end{pmatrix} = \frac{1}{1\,000}\left(\begin{pmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & S_z \end{pmatrix}\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} 0g_x \\ 0g_y \\ 0g_z \end{pmatrix}\right)$$

avec S_x , S_y , S_z les facteurs d'échelle (Scale factor at Xout, Yout, Zout, en mg/LSB) et $0g_x, 0g_y, 0g_z$ les offset (0_g Output for Xout, Yout, Zout, en mg).

Q13. Estimer, à l'aide de l'**annexe 4b**, la valeur de a_x pour une valeur décimale de *X* égale à -40. À quel problème sommes-nous confrontés si l'on désire effectuer des mesures avec une « bonne précision » ? Comment peut-on y remédier ?

Les repères de l'accéléromètre et du châssis sont confondus. Le WHING **est à l'arrêt** sur un plan d'inclinaison α (angle de tangage) conformément à la **figure 8**.

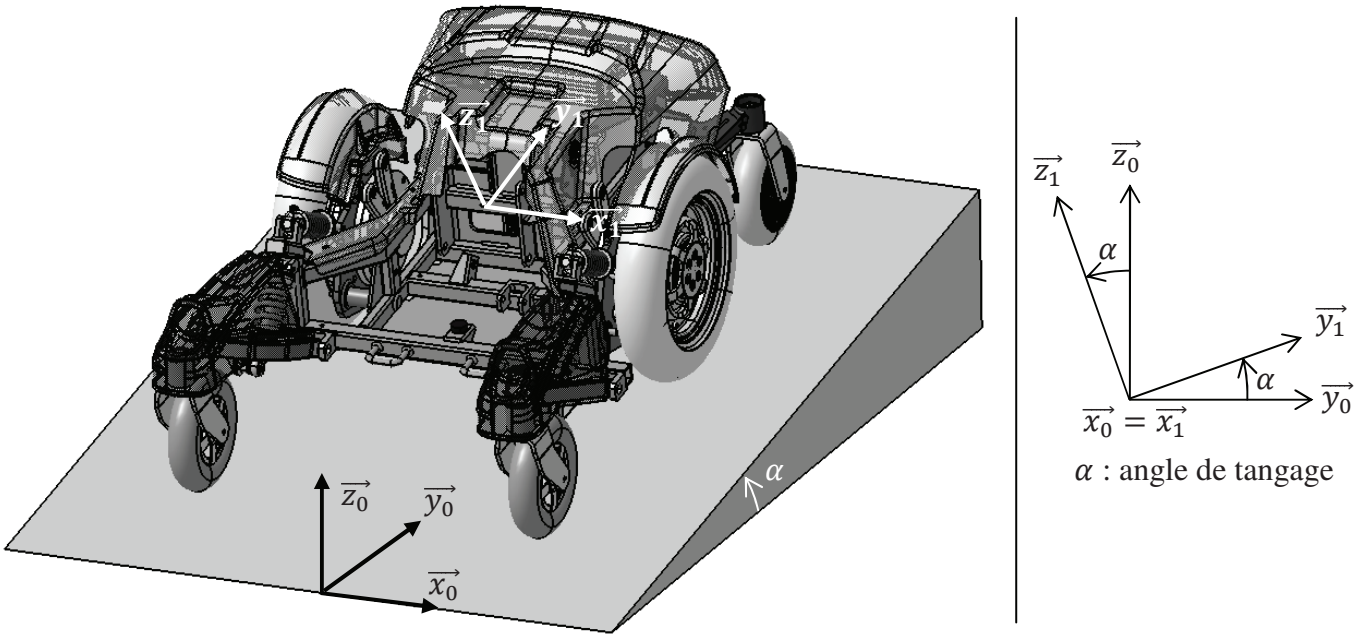


Figure 8 - Base roulante du WHING à l'arrêt sur un plan incliné et figure de changement de base

Q14. Démontrer que l'angle α peut être obtenu indifféremment par l'une des trois relations données ci-dessous

$$\begin{cases} \alpha = \sin^{-1}\left(-\dfrac{g_{y1}}{\mathrm{g}}\right) & (1) \\ \alpha = \cos^{-1}\left(-\dfrac{g_{z1}}{\mathrm{g}}\right) & (2) \\ \alpha = \tan^{-1}\left(\dfrac{g_{y1}}{g_{z1}}\right) & (3) \end{cases}$$

avec g_{y1} et g_{z1}, les projections de l'accélération de la pesanteur sur les axes $\overrightarrow{y_1}$ et $\overrightarrow{z_1}$.

Q15. Que représentent a_y et a_z, grandeurs issues de la mesure, par rapport aux termes $\left(\frac{g_{y1}}{g}\right)$ et $\left(\frac{g_{z1}}{g}\right)$?

Lorsque l'angle de tangage α est déterminé à partir des grandeurs délivrées par l'accéléromètre, sa valeur est entachée d'une incertitude, notée I_α. Cette incertitude dépend, entre autres, de la relation utilisée ((1), (2) ou (3)) et de l'incertitude I_m sur la valeur des accélérations $\left(\frac{g_{y1}}{g}\right)$ et $\left(\frac{g_{z1}}{g}\right)$. On démontre que :

$$\begin{cases} I_\alpha = I_m \dfrac{1}{|\cos\alpha|} \text{ pour la relation (1) ;} \\ I_\alpha = I_m \dfrac{1}{|\sin\alpha|} \text{ pour la relation (2) ;} \\ I_\alpha = I_m \text{ pour la relation (3)} \quad . \end{cases}$$

Q16. Quelle relation préconisez-vous pour la détermination, à l'aide du microcontrôleur, de l'angle de tangage ? Justifier ce choix.

Le WHING est maintenant **en mouvement**. L'accéléromètre effectue des mesures en permanence avec une fréquence d'échantillonnage de 3,13 Hz et génère un signal d'interruption INT1 (**figure 7**, page 6) lorsque les données sont « prêtes » pour que le microcontrôleur puisse les lire.

Q17. Une représentation graphique simplifiée du profil de vitesse du WHING, lors d'une phase de démarrage sur un plan horizontal ou incliné est proposée à la **figure 9**. Pourquoi l'estimation de l'inclinaison par la relation $\sin^{-1}(-a_y)$ ou $\tan^{-1}\left(\frac{a_y}{a_z}\right)$ n'est-elle plus pertinente durant la phase de démarrage ?

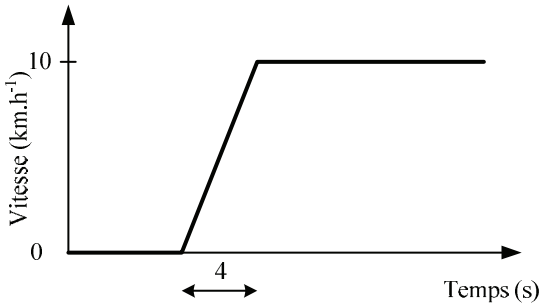


Figure 9 - Profil de vitesse

Finalement, la présence de roulis (rotation autour de l'axe $\overrightarrow{y_1}$) nous amène à retenir une relation faisant intervenir les mesures des projections de la pesanteur sur les axes $\overrightarrow{x_1}$ et $\overrightarrow{z_1}$ pour l'estimation du tangage. Les grandeurs issues de l'accéléromètre sont filtrées numériquement par le microcontrôleur. La courbe de gain du filtre est donnée à l'**annexe 7**.

Q18. Préciser le type du filtre (passe-haut, passe-bas, passe bande...) ainsi que la valeur de sa bande passante à -3 dB. Pourquoi un tel filtre est-il indispensable lorsque le WHING évolue dans un environnement réel ?

II.3-Étude du mécanisme de basculement de l'assise

Objectif : vérifier les performances du système réalisant le basculement de l'assise lors de la verticalisation de la PMR.

L'identification des pièces est celle de l'**annexe 8**. Dans cette étude, le vérin d'élévation (**1** + **2**) est supposé totalement déployé. Le pontet (**5**) se trouve à sa hauteur maximale évitant ainsi d'éventuelles collisions entre la structure repose-pied et le sol lors de la verticalisation. La base roulante est horizontale et seul le vérin de basculement d'assise (**6** + **7**) est actionné. Le modèle d'étude est celui de la **figure 10**.

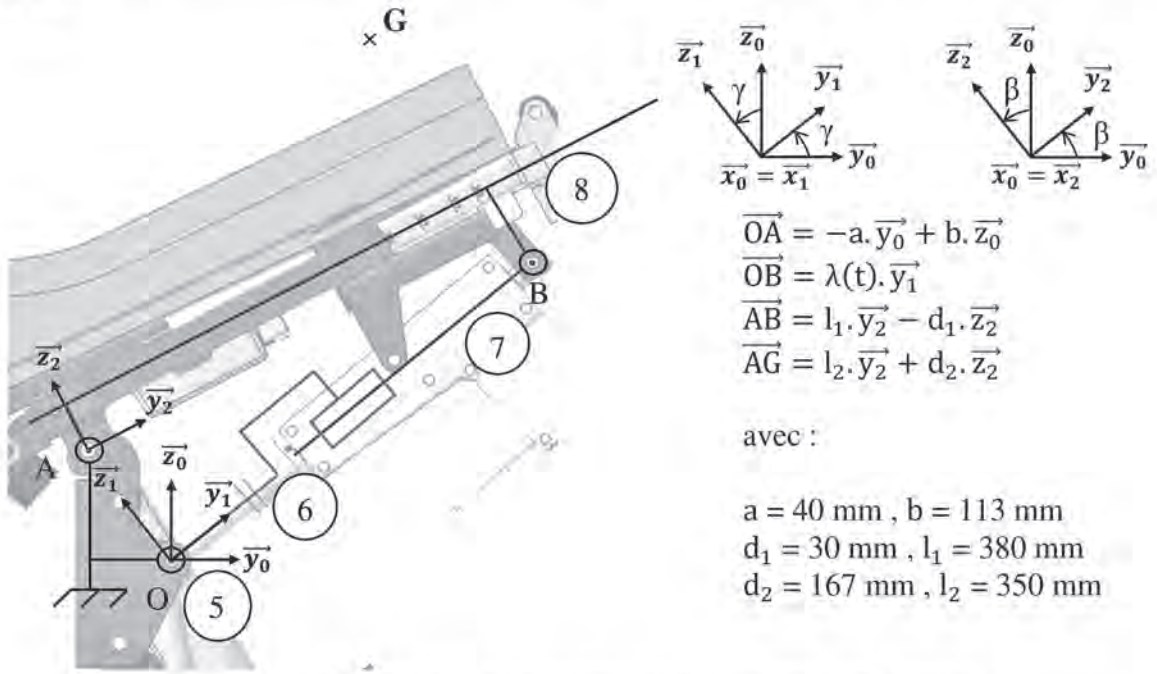


Figure 10 - Modèle du mécanisme de basculement d'assise

Q19. Déterminer les relations issues de la fermeture géométrique liant les paramètres γ, β et λ(t). En déduire l'expression de γ en fonction de β.

Hypothèses :

- le modèle d'étude est supposé plan ;
- les liaisons sont parfaites ;
- la masse M de l'ensemble {PMR + Assise (**8**)} est de 207 kg ;
- le mouvement étant lent, une étude statique est menée.

Une simulation numérique (**figure 11**, page 10) a permis de déterminer l'évolution de la vitesse de rotation ainsi que l'effort au sein de la liaison pivot entre **7** et **8** en B en fonction de l'inclinaison β du siège.

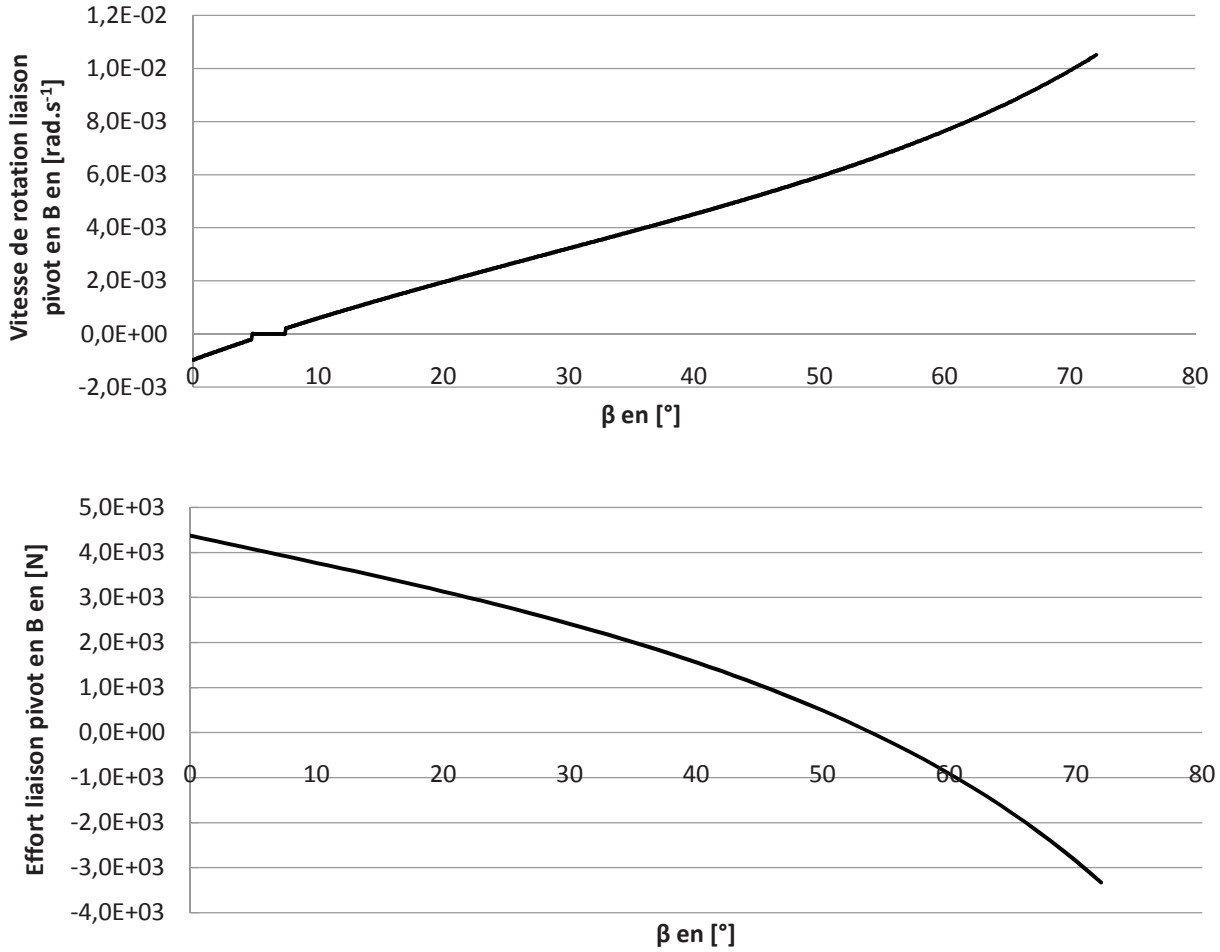


Figure 11 - Évolutions de la vitesse et de l'effort au sein de la liaison pivot entre **7** et **8** en B

Cette liaison est réalisée par l'intermédiaire d'un montage de deux coussinets de la marque Iglidur de référence JFM-1012-12 montés serrés sur le corps (**annexe 9**). L'effort dans cette liaison sera supposé également réparti entre les deux coussinets et la répartition de pression pour chaque coussinet sera considérée comme uniforme.

Q20. Déterminer l'expression de la pression de surface statique maximale au sein d'un coussinet. Effectuer l'application numérique et conclure.

Q21. Justifier le bon dimensionnement des paliers au regard du critère énergétique proposé dans la documentation constructeur fournie en **annexe 9**.

L'axe de la liaison pivot en B est réalisé par une vis épaulée M8 L40 dont les dimensions sont définies en **annexe 10**. L'arrêt axial est obtenu au moyen d'un écrou.

Q22. Compléter la vue de détail B en coupe A-A du **document réponse DR 2** en définissant la liaison pivot en B et en prenant soin de faire figurer les jeux axiaux nécessaires au bon fonctionnement de la liaison.

Pour diminuer les coûts de fabrication du WHING, certaines liaisons ont été standardisées. C'est le cas de la liaison pivot en O (**figure 10**, page 9), entre le corps du vérin et le pontet qui reprend la solution précédemment étudiée en B. Le dessin de définition partiel du pontet est proposé en **annexe 11**.

Q23. Décrypter la cotation géométrique associée au perçage de $\emptyset 10\,H9$ en complétant le tableau proposé en **document réponse DR 3**.

II.4-Étude du mécanisme d'élévation

Le mécanisme d'élévation constitué d'une structure à parallélogramme déformable mue par le vérin d'élévation (LIFT) trouve sa justification dans la nécessité exprimée par la PMR de disposer de positions de travail à hauteurs différentes. Ainsi, ce mécanisme est mis en œuvre lors du passage de la position basse à la position de conduite, voire couché ou verticalisé.

II.4.a-Validation de la course du vérin

Objectif : vérifier si la cinématique du système et l'actionneur choisi permettent de répondre au critère de débattement maximum imposé par le cahier des charges.

Q24. Représenter à l'échelle, sur le **document réponse DR 4**, la hauteur maximale à atteindre par le siège, hauteur spécifiée dans le diagramme de définition de blocs à l'**annexe 2**.

Q25. Déterminer, au moyen d'une épure géométrique sur le **document réponse DR 4**, la position du pontet (**5**) lorsque le siège est en position haute. En déduire la course du vérin d'élévation (LIFT) et conclure quant au choix de cet actionneur (référence : 311600-1015002K **annexe 12b**).

II.4.b-Dimensionnement de la motorisation du vérin électrique LIFT

Objectif : vérifier, d'un point de vue électrique, que le vérin choisi assure bien l'élévation de la PMR pour une condition de poids maximal.

L'**annexe 8** montre la cinématique utilisée pour passer d'une position assise à une position debout.
Le mécanisme est en pratique constitué de deux parallélogrammes articulés, identiques, symétriques par rapport à un plan médian vertical et mus par un vérin unique.

Hypothèses :

- compte-tenu de cette symétrie, le modèle d'étude est considéré plan ;
- les liaisons sont parfaites ;
- le poids des différentes pièces est négligé ainsi que les efforts dus aux accélérations ;
- la masse à soulever est de 120 kg.

L'effort du vérin LIFT est déterminé à partir d'une mesure de courant lors d'un essai sur le WHING. L'effort F_s du vérin est maximal lorsque le siège est en position basse, il vaut alors 3 500 N. Le vérin est constitué d'un moteur à courant continu et d'un mécanisme vis-écrou qui transforme le mouvement de rotation du rotor en mouvement de translation de la tige. Les caractéristiques de fonctionnement du moteur sont données par les trois courbes du **document réponse DR 5** : fréquence de rotation, intensité du courant dans l'induit et rendement électrique du moteur en fonction du couple résistant pour une tension d'alimentation de 24 V. Le moteur est de type standard 24 V CC (**annexe 12b**).

Données :

- fréquence de rotation à vide du moteur : $N_m = 1\,763$ en [tour.min^{-1}] ;
- rendement mécanique du mécanisme vis-écrou : $\eta_m = 0{,}75$;
- vitesse de translation à vide de la tige du vérin v en [m.s^{-1}] : voir la documentation constructeur du vérin, référence : 311600-1015002K en **annexe 12b**.

Le constructeur du vérin LIFT donne une intensité nominale à ne pas dépasser.

Q26. Calculer le rapport K de la relation $\omega_m = K.v$ où ω_m correspond au taux de rotation du moteur à vide en [rad.s^{-1}] et v la vitesse de déplacement à vide de la tige du vérin.

Q27. Exprimer le rapport entre la puissance de sortie P_s et la puissance d'entrée P_e du mécanisme vis-écrou, en faisant apparaître le rapport K (K est inchangé pour un fonctionnement sous charge). Calculer le couple C_m que doit fournir le rotor du moteur à la vis pour l'effort F_s maximal exercé par le vérin.

Q28. Déterminer alors, à l'aide des courbes fournies (**figure 20** du **document réponse DR 5**), l'intensité *I* du courant qui traverse le bobinage du rotor du moteur (faire le tracé nécessaire).
Comparer votre résultat à celui obtenu au moyen du document constructeur, **figure 21** du **document réponse DR 5** (faire le tracé nécessaire).
Conclure alors sur le dimensionnement du moteur en fonction de son intensité nominale.

Partie III - Changement de motorisation

Objectif général : évaluer les apports d'une nouvelle motorisation pour l'utilisation du WHING.

III.1-Détermination du couple des moteurs-roues.

Objectif : vérifier que les groupes motoréducteurs des roues motrices permettent le démarrage du WHING sur une pente de 15°.

L'exigence Id = "1.4.5" (**annexe 1**) indique que le fauteuil doit être capable de gravir une pente pour monter dans un véhicule de transport. La pente maximale est de 15°. Les caractéristiques du moteur-roue sont données dans le diagramme de définition des blocs en **annexe 2**.

Pour valider cette exigence, le cadre de l'étude est le suivant :

Les hypothèses d'étude sont :

- le référentiel $R_0\ (O, \overrightarrow{x_0}, \overrightarrow{y_0}, \overrightarrow{z_0})$ lié au sol est supposé galiléen ;
- le WHING se déplace en ligne droite dans une phase de montée, le problème est considéré comme un problème plan. Les effets dynamiques sont négligés car la vitesse de déplacement du fauteuil est faible ;
- le référentiel $R_1(O, \overrightarrow{x_1}, \overrightarrow{y_1}, \overrightarrow{z_1})$ est lié au WHING avec $\overrightarrow{x_0} = \overrightarrow{x_1}$;
- $\vec{P} = -m.g.\overrightarrow{z_0}$ est l'action de la pesanteur et G le centre de gravité de l'ensemble {fauteuil + PMR};
- le modèle adopté est équivalent à un seul moteur fournissant un couple C_m avec l'action de la pesanteur ramenée au centre de gravité égale à $\frac{P}{2}$;
- le contact des roues avec le sol se fait avec frottement, on note f le facteur de frottement de valeur 0,45 ;
- la résistance au roulement modélise la déformation du pneumatique.

La résistance au roulement illustrée à la **figure 12**, se traduit par un décalage du point d'application de l'action mécanique de contact vers l'avant du fauteuil (dans le sens de l'avancement). La résultante des forces passe en un point A à une distance δ de l'axe de rotation. Cette distance est par définition le coefficient de résistance au roulement.

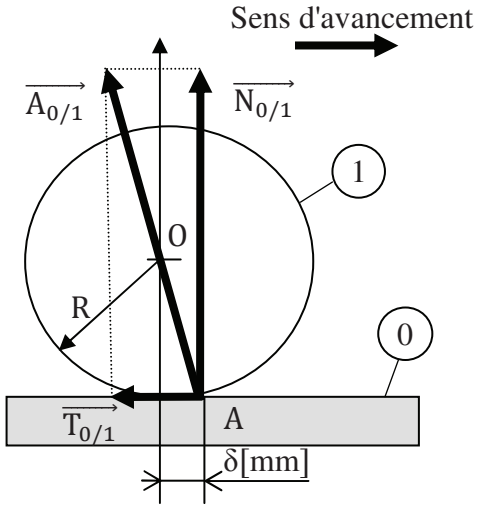


Figure 12 - Illustration de la résistance au roulement

La **figure 13** et le **tableau 1**, page 14, donnent le paramétrage de l'étude en phase de montée d'une pente et les dimensions du WHING.

Sur la **figure 13**, page 14, les points A_S, B_S et C_S correspondent aux points d'application des actions mécaniques du sol sur les roues avant, motrices et arrière du fauteuil.

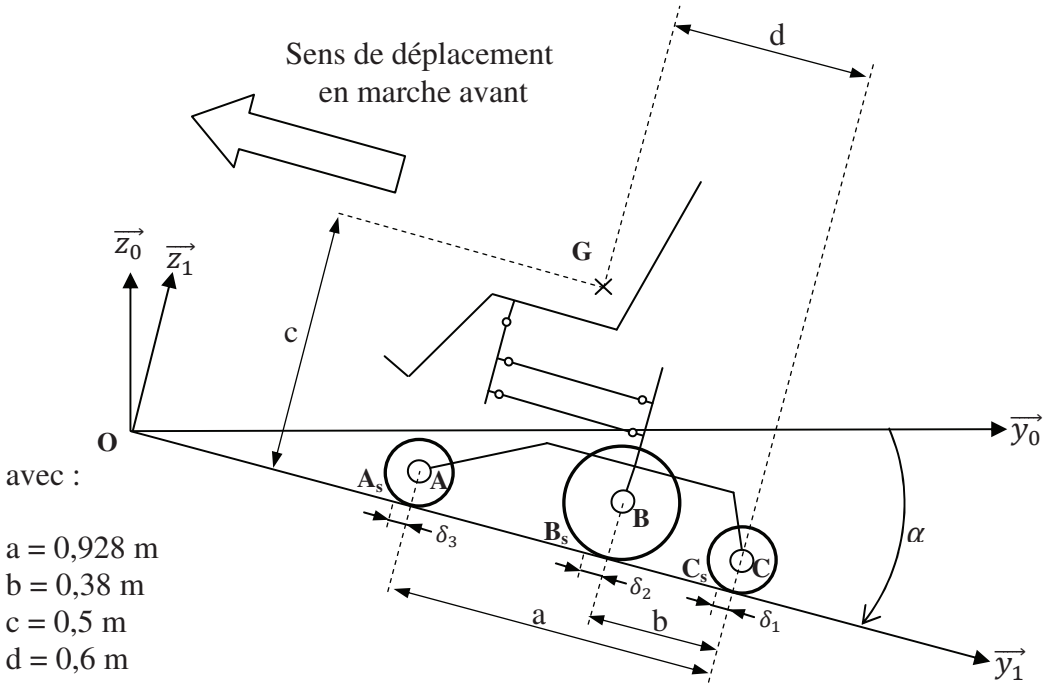


Figure 13 - WHING + PMR (non représentée) sur un plan incliné

Diamètre roue arrière	D1 = 0,180 m
Diamètre moteur-roue	D2 = 0,336 m
Diamètre roue avant	D3 = 0,200 m
Masse (fauteuil : 167 kg et PMR : 120 kg)	m = 287 kg
Pente du sol	α = 15° **attention α est négatif sur la figure 13**
Coefficient résistance au roulement d'une roue arrière	δ_1 = 0,001 m
Coefficient résistance au roulement d'une roue motrice	δ_2 = 0,004 m
Coefficient résistance au roulement d'une roue avant	δ_3 = 0,002 m
Rapport de réduction du moteur-roue	i = 8,78
Rendement du réducteur	η = 0,9

Tableau 1 - Tableau de données

Q29. Porter sur le **document réponse DR 6** :

- l'action de la pesanteur ;
- les actions de contact du sol sur les roues. Pour un point A, la composante normale sera notée $\overrightarrow{N_A}$ et la composante tangentielle $\overrightarrow{T_A}$. Le sens d'une composante tangentielle est différent si la roue est motrice ou folle ;
- le couple $\overrightarrow{C_{red}}$, couple à la sortie du réducteur du moteur-roue.

Q30. Appliquer le principe fondamental de la statique à l'ensemble WHING + PMR isolé et écrire les 3 équations dans la base R_1 en fonction des données littérales. L'équation de moment sera exprimée au point B_S.

Q31. Isoler la roue arrière, puis la roue avant et déterminer une équation issue du principe fondamental de la statique (PFS) donnant la composante normale de l'action du sol sur la roue, en fonction des paramètres géométriques et de la composante tangentielle.

Q32. Isoler la roue motrice et déterminer une équation issue du PFS donnant $\overrightarrow{C_{red}}$ en fonction des données géométriques, de $\overrightarrow{N_{BS}}$ et de $\overrightarrow{T_{BS}}$.

En supposant que le contact du sol sur la roue motrice se fait à la limite de glissement, on obtient un système de 7 équations à 7 inconnues.
La résolution de ce système donne les résultats suivants : $\overrightarrow{N_{BS}}.\overrightarrow{z_1}$ = 1 140 N et $\overrightarrow{T_{BS}}.\overrightarrow{y_1}$ = - 350 N.

Q33. Justifier que la composante $\overrightarrow{T_{BS}}.\overrightarrow{y_1}$ est négative.
À partir des valeurs de $\|\overrightarrow{N_{BS}}\|$ et $\|\overrightarrow{T_{BS}}\|$, déterminer la valeur de $\|\overrightarrow{C_m}\|$ et conclure vis-à-vis des exigences du cahier des charges.

III.2-Amélioration des performances du système

Objectif : estimer les différents apports d'une nouvelle motorisation.

La nouvelle motorisation utilise des moteurs-roues AC Brushless à rotor extérieur comme ceux de la **figure 14**. Il s'agit de moteurs triphasés à aimants permanents à formes d'ondes sinusoïdales, complètement intégrés dans le moyeu de la roue. En s'appuyant sur l'étude de l'ancienne motorisation (**Partie III.1**), le choix s'est porté sur le moteur "Smart Pie Plus " 12 pouces ; le nouveau diamètre des roues D_2 est alors de 30,5 cm.

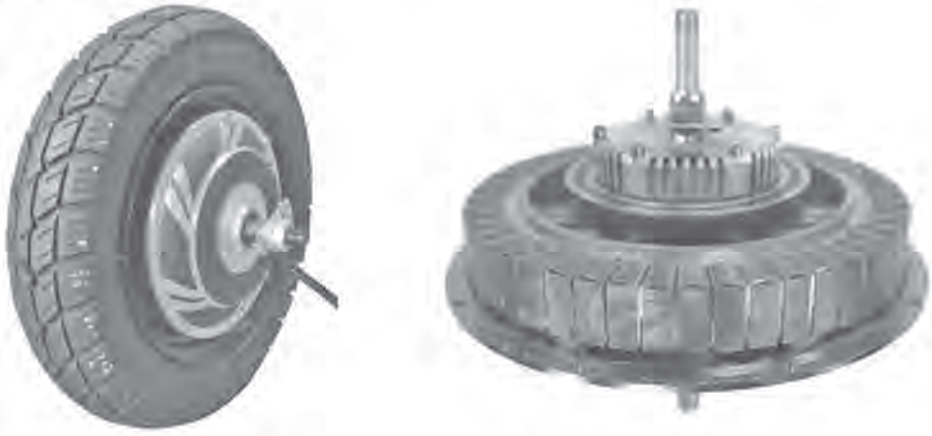


Figure 14 - Moteur-roue AC brushless

Q34. Donner des avantages et des inconvénients de l'utilisation de la machine synchrone brushless en variation de vitesse, par comparaison avec les machines asynchrones et les machines à courant continu.

Dans la documentation donnée en **annexe 13**, on constate que l'utilisation de la machine synchrone brushless permet de réaliser ce que l'on appelle un entraînement direct.

Q35. Définir ce qu'est un entraînement direct en vous aidant de la documentation. Quels en sont les avantages supposés ?

Afin de maîtriser la dynamique du fauteuil, il est nécessaire de contrôler celle des moteurs, ce qui passe par le contrôle des couples électromagnétiques C_{em} de ces derniers.

Une expression du couple électromagnétique C_{em} de la machine synchrone brushless est donnée ci-après

$$C_{em} = 3.p.\phi.I.\cos(\psi)$$

où :

- C_{em} est le couple électromagnétique moyen d'interaction entre le champ tournant statorique et le champ tournant rotorique [N.m] ;
- p est le nombre de paires de pôles de la machine ;
- ϕ est la valeur efficace du flux total capté par un enroulement du stator et produit par les pôles du rotor [Wb]. On supposera cette grandeur constante ;
- I est la valeur efficace de l'intensité des courants instantané $i(t)$ statoriques [A] ;
- ψ est le déphasage du courant instantané $i(t)$ par rapport à la force électromotrice $e(t)$ produite par la variation du flux total $\phi(t)$ et ceci dans la phase considérée [rad] ou [°].

Une autre expression du couple électromagnétique C_{em} fait intervenir l'angle ξ entre le champ tournant statorique et le champ tournant rotorique

$$C_{em} = 3.p.\phi.I.\sin(p.\xi)$$

où ξ est l'angle entre deux pôles Nord ou deux pôles Sud consécutifs de la machine en [rad] ou [°] comme le montre la **figure 15** :

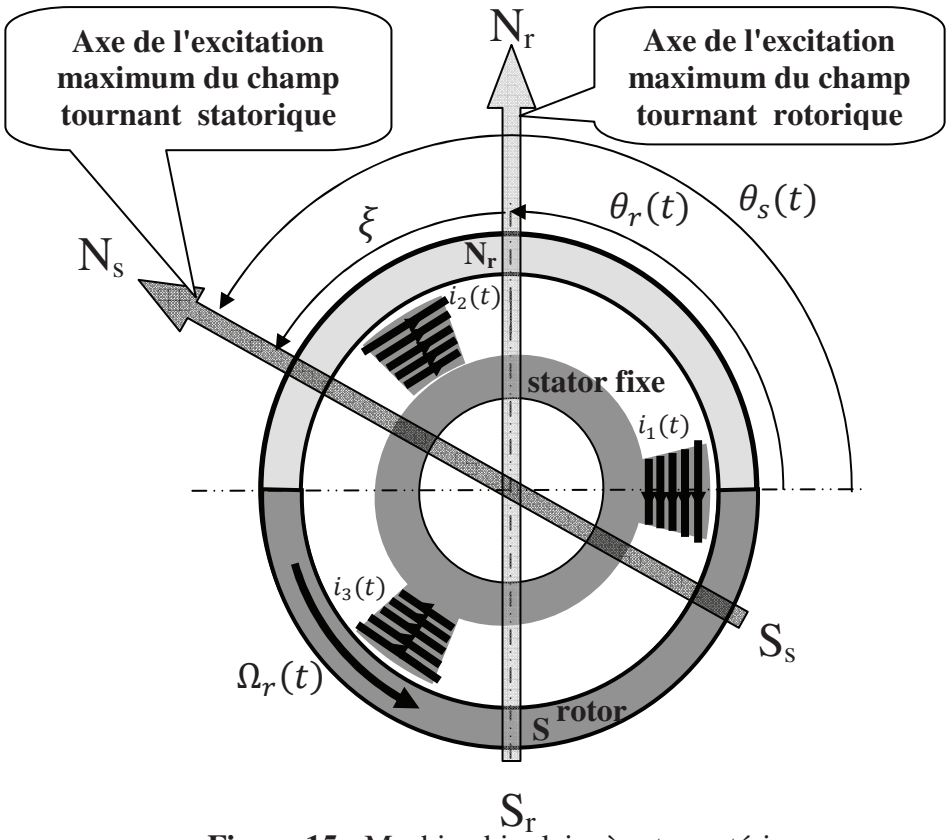


Figure 15 - Machine bipolaire à rotor extérieur

- $\theta_s(t)$: angle entre l'axe de l'enroulement 1 (fixe) et l'axe Sud-Nord (S_S-N_S) du stator [rad] ou [°] ;
- $\theta_r(t)$: angle entre l'axe de l'enroulement 1 (fixe) et l'axe Sud-Nord (S_R-N_R) du rotor [rad] ou [°] ;
- $\Omega_s(t) = \frac{d\theta_s(t)}{dt}$: vitesse de rotation du champ tournant statorique [rad.s^{-1}] ;
- $\Omega_r(t) = \frac{d\theta_r(t)}{dt}$: vitesse de rotation du champ tournant rotorique [rad.s^{-1}] ;
- $i_1(t)$, $i_2(t)$ et $i_3(t)$ sont les courants sinusoïdaux qui parcourent les trois enroulements du stator. Ils forment un système triphasé équilibré direct de courants.

On raisonne sur une machine bipolaire (p =1) comme celle de la **figure 15**, page 16, sauf spécification contraire.

Rappel : les expressions du couple électromagnétique C_{em} sont les expressions des valeurs moyennes du couple électromagnétique instantané $c_{em}(t)$ en supposant synchrones les vitesses du rotor (champ tournant rotorique) et du champ tournant statorique. Si le synchronisme entre ces deux champs tournants n'est pas réalisé, alors le couple moyen C_{em} sera nul.

Tout d'abord, on suppose donc la machine synchrone en mode dit « non autopiloté », c'est-à-dire sans asservissement et on cherche à montrer l'importance de passer en mode « autopiloté ».

Q36. Donner, à l'aide du schéma de la **figure 15**, page 16, la relation reliant les angles des axes des champs magnétiques tournants statorique et rotorique. En déduire l'importance de maintenir ξ constant afin d'assurer le synchronisme de ces derniers.

On suppose le synchronisme des champs tournants garanti.

Q37. Quelle est la valeur de ψ qui permet d'obtenir, pour un courant I de valeur efficace donnée, la valeur maximale du couple électromagnétique C_{em} ?
En vous aidant des deux expressions du couple électromagnétique à votre disposition, expliquer pourquoi dans ce cas, le fonctionnement de la machine synchrone est équivalent à celui de la machine à courant continu d'un point de vue magnétique.

Une valeur trop importante de l'angle ξ peut amener la machine à décrocher. Le décrochage est une conséquence de l'atteinte de la limite de stabilité de la machine, qui apparaît lorsque pour une augmentation de l'angle ξ, il n'y a plus augmentation du couple électromagnétique C_{em}.

Q38. Quelle peut être selon vous, la cause d'une augmentation de l'angle ξ ?
Exprimer mathématiquement la notion de décrochage. Entre quelles valeurs limites doit être compris l'angle ξ pour éviter tout risque de décrochage du rotor ?
Justifier alors l'importance de contrôler, à tout instant, l'angle ψ.

Afin d'assurer cette stabilité (synchronisme et maîtrise de l'angle ξ) et le contrôle du couple C_{em}, la machine est associée à un contrôleur qui en permet l'autopilotage.
Les contrôleurs de ces moteurs comprennent un convertisseur statique et sa commande associée, comme le montre la **figure 16**, page 18.

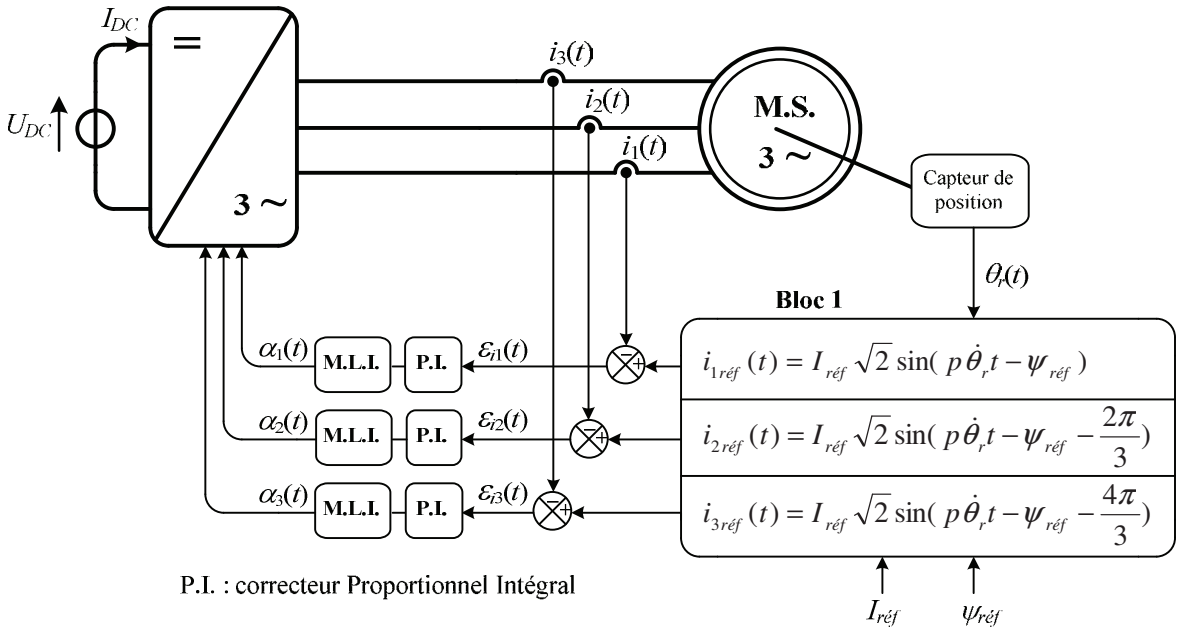


Figure 16 - Autopilotage de la machine synchrone

- $v_1(t)$, $v_2(t)$ et $v_3(t)$ sont les tensions simples (entre phase et neutre) respectivement aux bornes des trois enroulements du stator ;
- U_{DC} est la tension aux bornes de la batterie [V] ;
- I_{DC} est le courant délivré par la batterie [A].

Q39. En analysant les expressions des trois consignes de courants $i_{1réf}(t)$, $i_{2réf}(t)$ et $i_{3réf}(t)$ du **Bloc 1** de cet asservissement :

- justifier que le synchronisme est garanti en donnant l'expression littérale de la vitesse Ω_s du champ tournant statorique créé par les courants statoriques ;
- donner l'expression du couple électromagnétique consigne $C_{emréf}$ alors élaboré par cet asservissement ;
- justifier, en donnant l'expression de $\xi_{réf}$, que la maîtrise de l'angle ξ est assurée.

À partir des erreurs $\varepsilon_{i1}(t)$, $\varepsilon_{i2}(t)$ et $\varepsilon_{i3}(t)$ entre les courants mesurés et les courants consignes, les blocs « ensemble P.I. plus M.L.I. » élaborent trois commandes $\alpha_1(t)$, $\alpha_2(t)$ et $\alpha_3(t)$ qui contrôlent les angles d'ouverture et de fermeture (ou encore les temps d'ouverture et de fermeture) des composants semi-conducteurs du convertisseur statique.

Q40. Quel est le nom du convertisseur statique présent dans cet asservissement ? De quels types de composants semi-conducteurs est constitué ce convertisseur statique ? Que signifie M.L.I. ? Quelles grandeurs électriques contrôlent les angles $\alpha_1(t)$, $\alpha_2(t)$ et $\alpha_3(t)$? Et quelles en sont les conséquences ?

Afin de s'assurer de la pertinence de la commande de la machine, on établit un schéma bloc associé à l'asservissement de courant dans un enroulement de la machine. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'un modèle électrique monophasé de la machine. Ce dernier est représenté à la **figure 17**, page 19.

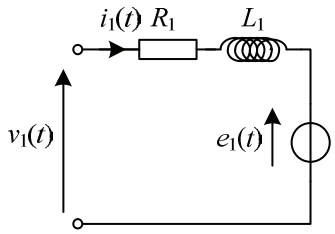


Figure 17 - Modèle électrique monophasé de la machine

- R_1 est la résistance de l'enroulement 1 [Ω] ;
- L_1 est l'inductance synchrone de l'enroulement 1 [H] ;
- $e_1(t)$ est la force électromotrice induite due à la rotation du rotor [V].

Le schéma bloc de l'asservissement de courant est donné à la **figure 18**. La lettre *p* représente la variable de Laplace et $X(p)$, la transformée de la grandeur temporelle $x(t)$.

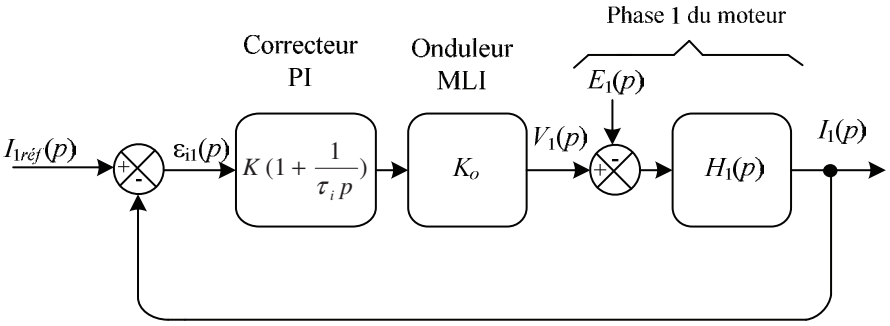


Figure 18 - Asservissement de courant

Q41. Exprimer la fonction de transfert $H_1(p)$ en fonction des éléments du schéma électrique monophasé de la machine synchrone (**figure 17**).

Connaissant R_1, L_1 et K_o (gain modélisant l'onduleur MLI), notre objectif est d'estimer les performances de l'asservissement de courant en fonction des paramètres K et τ_i, du correcteur. La tension induite $E_1(p)$ peut être considérée comme une perturbation, elle sera supposée nulle pour l'étude qui suit.

Q42. Déterminer l'expression de la fonction de transfert en boucle ouverte lorsque l'on choisit $\tau_i = L_1/R_1$.

Q43. Montrer alors que la fonction de transfert en boucle fermée est une fonction du premier ordre, de gain statique unitaire et de constante de temps $\tau = \tau_i\left(\frac{R_1}{KK_0}\right)$. Que peut-on en déduire sur la stabilité de l'asservissement de courant ?

Q44. Dans notre contexte, la consigne de courant est sinusoïdale : $i_{1réf}(t) = I_{réf}\sqrt{2}\sin(\omega_{réf}t)$. Sous l'hypothèse d'une amplitude et d'une pulsation constantes pour la consigne, le courant $i_1(t)$ est lui aussi sinusoïdal en régime permanent. Donner l'expression de $i_1(t)$ en régime permanent, en fonction de $I_{réf}$, $\omega_{réf}$ et τ. Quelle est l'incidence du gain proportionnel K sur la précision de l'asservissement de courant en régime permanent ?

Le WHING étant asservi en vitesse, il est alors nécessaire d'inclure le contrôle en couple dans une boucle d'asservissement de la vitesse comme le montre la **figure 19**, page 20. On se place dans le cas où la machine développe son couple maximum à vitesse maximum. La valeur de consigne de ψ est donc 0.

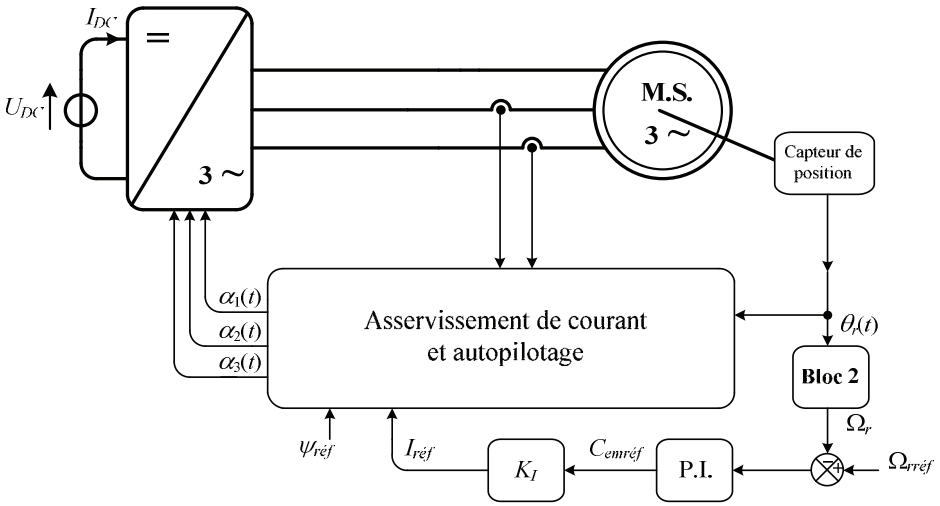


Figure 19 - Asservissement de la vitesse du moteur

Q45. Pourquoi peut-on se contenter de seulement deux capteurs de courant, comme on le constate sur la **figure 19** ?

Q46. La machine comprenant 32 pôles, quelle doit être la fréquence d'alimentation des moteurs pour que ces derniers fassent avancer le fauteuil à la vitesse maximum de 10 km.h^{-1} ?

Q47. Identifier la fonction réalisée par le **Bloc 2** et donner l'expression littérale de K_I.
Sachant que la valeur du flux ϕ_{max} vaut 37,5.10^{-3} Wb , calculer alors la valeur de K_I.

Q48. En supposant le couple C_{em} de 25 N.m, en déduire la valeur efficace I des intensités des courants circulant dans les enroulements du stator. Quelle est alors la puissance électromagnétique P_{em} à vitesse maximum ?

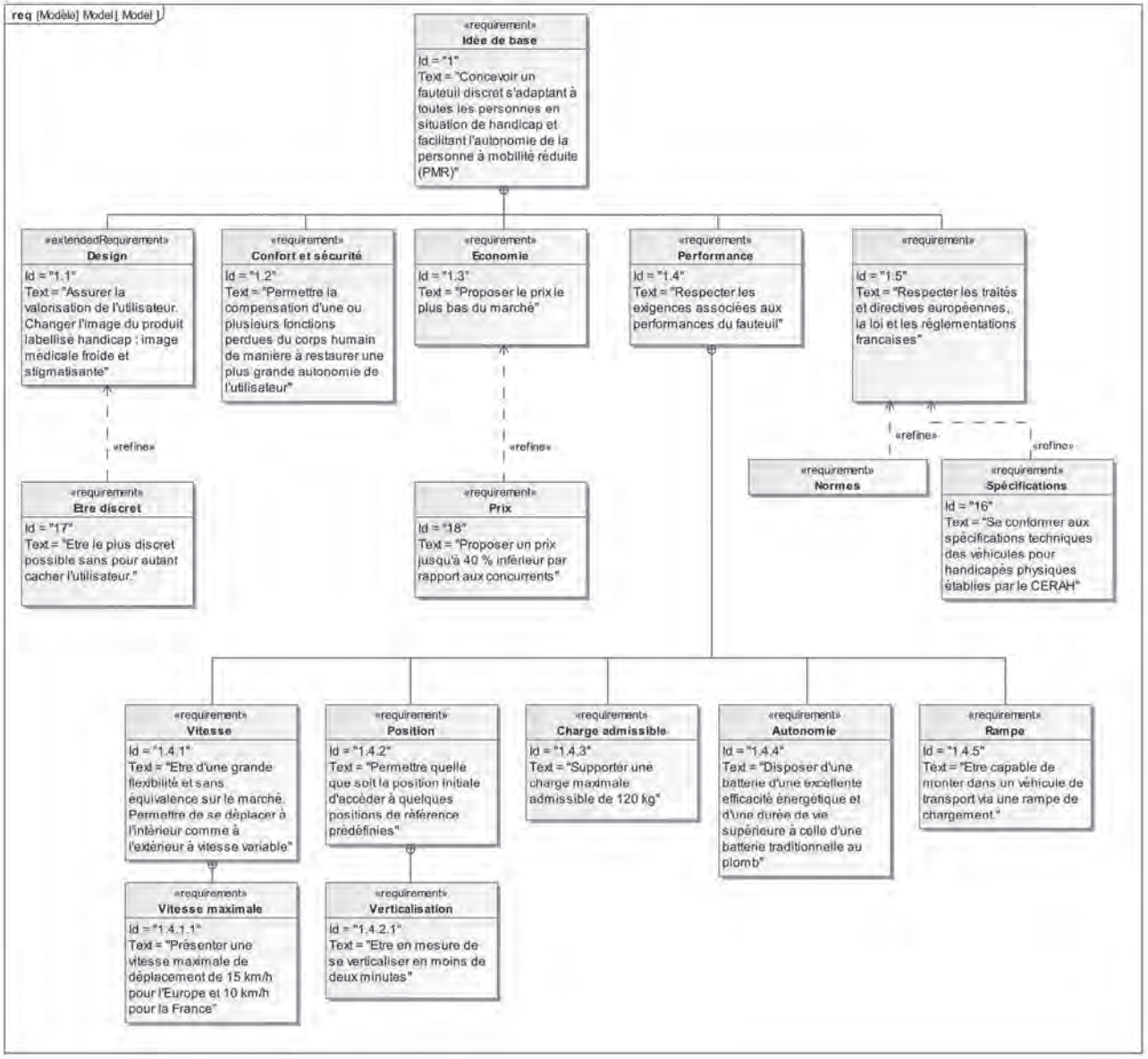
Q49. En négligeant les pertes Joules, en déduire la puissance électrique P consommée par le moteur.

Q50. En supposant le rendement du convertisseur statique unitaire, calculer alors l'intensité du courant I_{DC} délivré par la batterie en supposant que sa tension U_{DC} soit de 48 V.

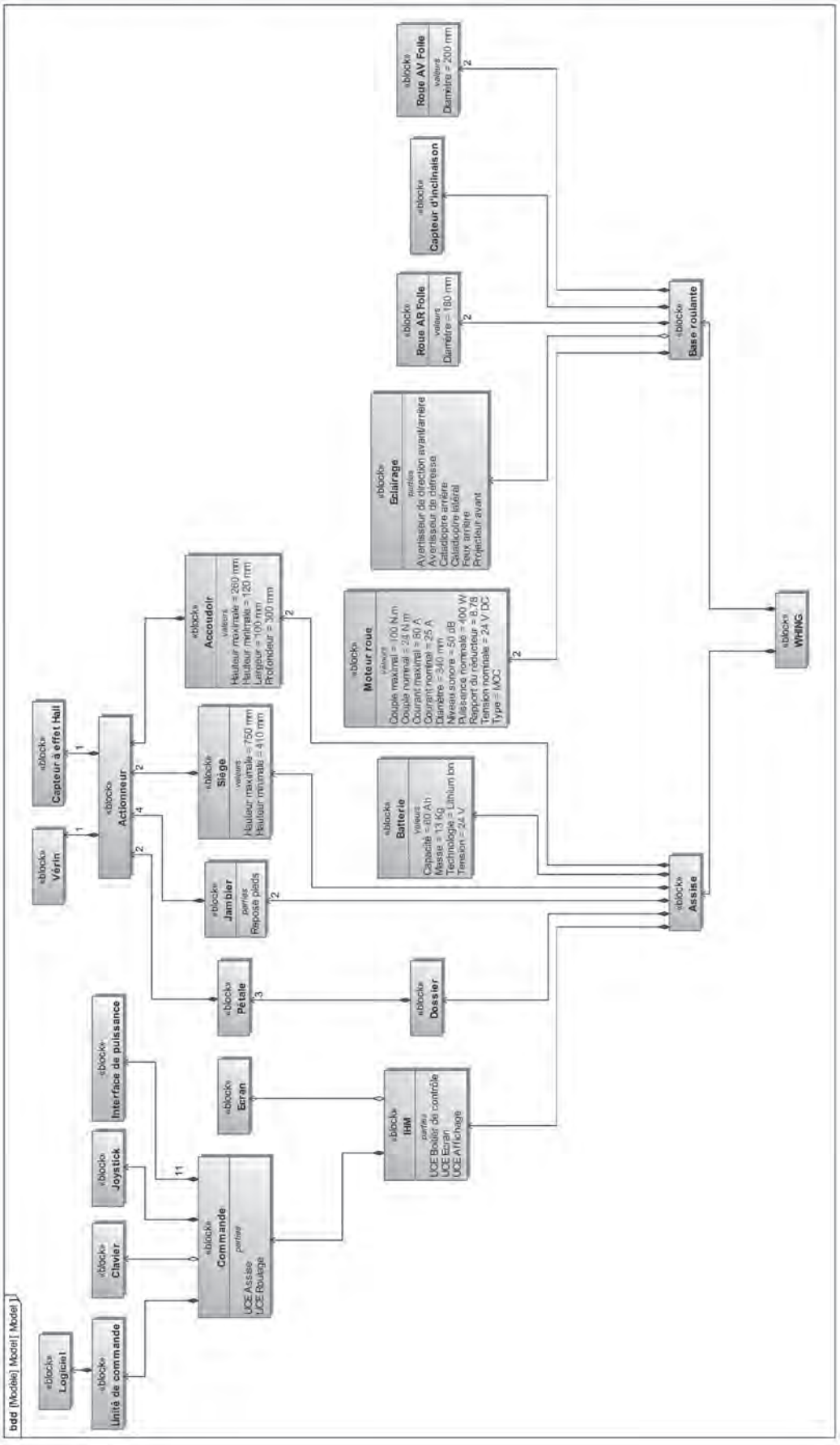
FIN

IMPRIMERIE NATIONALE – 17 1196 – D'après documents fournis

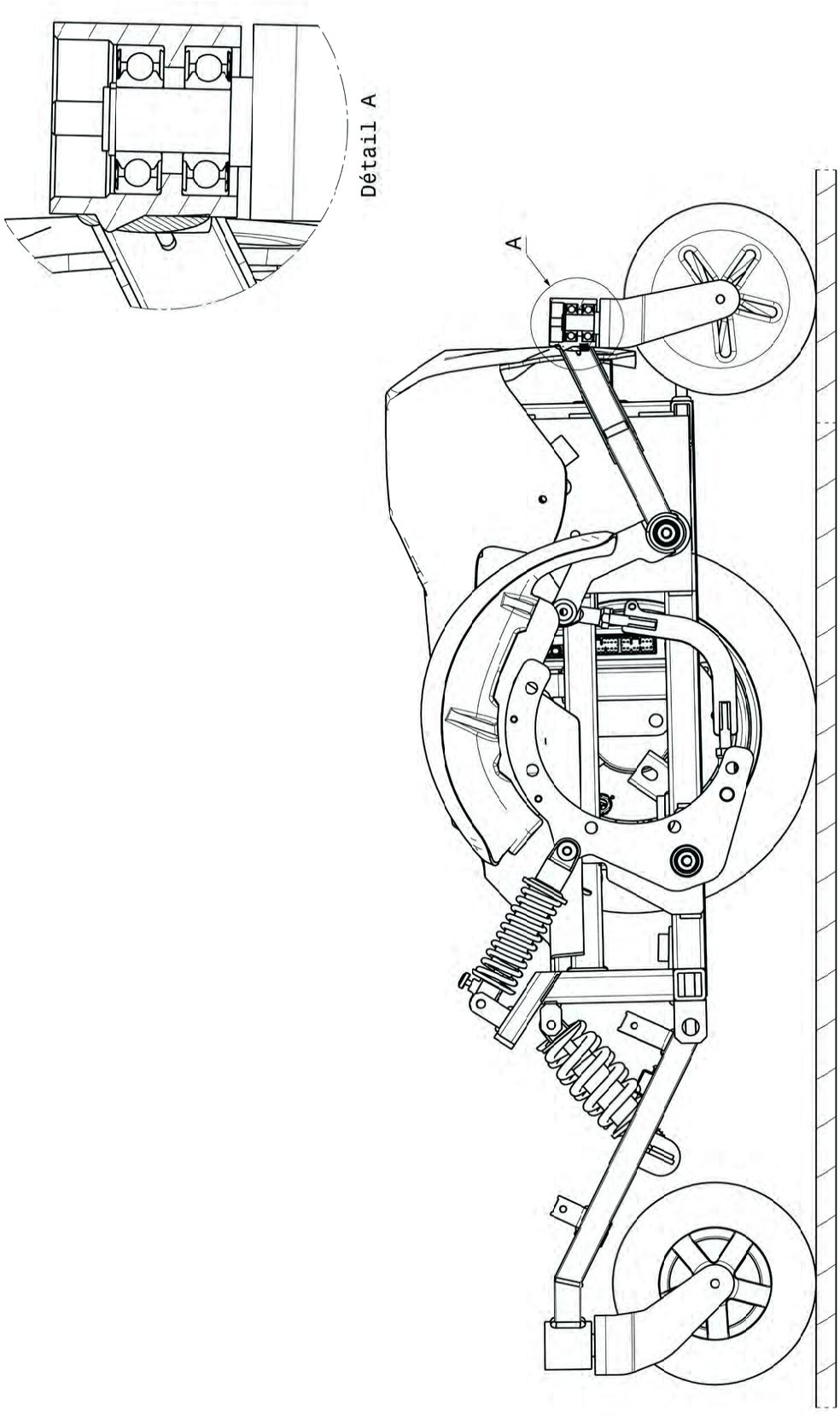
Annexe 1 - Diagramme des exigences partiel



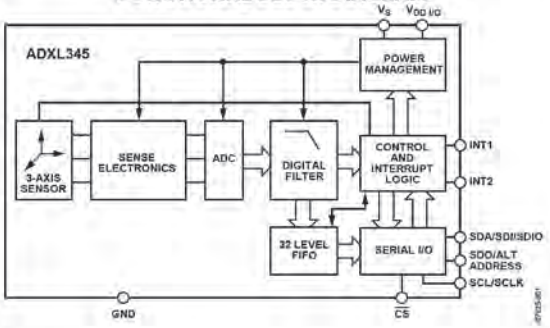
Annexe 2 - Diagramme de Définition des Blocs du système



Annexe 3 - Dessin d'ensemble partiel de la base roulante



FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



Register 0x32 to Register 0x37—DATAX0, DATAX1, DATAY0, DATAY1, DATAZ0, DATAZ1 (Read Only)

These six bytes (Register 0x32 to Register 0x37) are eight bits each and hold the output data for each axis. Register 0x32 and Register 0x33 hold the output data for the x-axis, Register 0x34 and Register 0x35 hold the output data for the y-axis, and Register 0x36 and Register 0x37 hold the output data for the z-axis. The output data is twos complement, with DATAx0 as the least significant byte and DATAx1 as the most significant byte, where x represent X, Y, or Z. The DATA_FORMAT register (Address 0x31) controls the format of the data. It is recommended that a multiple-byte read of all registers be performed to prevent a change in data between reads of sequential registers.

Register 0x31—DATA_FORMAT (Read/Write)

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
SELF_TEST	SPI	INT_INVERT	0	FULL_RES	Justify	Range	

The DATA_FORMAT register controls the presentation of data to Register 0x32 through Register 0x37. All data, except that for the ±16 *g* range, must be clipped to avoid rollover.

SELF_TEST Bit

A setting of 1 in the SELF_TEST bit applies a self-test force to the sensor, causing a shift in the output data. A value of 0 disables the self-test force.

SPI Bit

A value of 1 in the SPI bit sets the device to 3-wire SPI mode, and a value of 0 sets the device to 4-wire SPI mode.

INT_INVERT Bit

A value of 0 in the INT_INVERT bit sets the interrupts to active high, and a value of 1 sets the interrupts to active low.

FULL_RES Bit

When this bit is set to a value of 1, the device is in full resolution mode, where the output resolution increases with the *g* range set by the range bits to maintain a 4 mg/LSB scale factor. When the FULL_RES bit is set to 0, the device is in 10-bit mode, and the range bits determine the maximum *g* range and scale factor.

Justify Bit

A setting of 1 in the justify bit selects left-justified (MSB) mode, and a setting of 0 selects right-justified mode with sign extension.

Range Bits

These bits set the *g* range as described in Table 21.

Table 21. *g* Range Setting

Setting		
D1	D0	*g* Range
0	0	±2 *g*
0	1	±4 *g*
1	0	±8 *g*
1	1	±16 *g*

SPECIFICATIONS

T_A = 25°C, V_S = 2.5 V, $V_{DD\ I/O}$ = 1.8 V, acceleration = 0 *g*, C_S = 10 µF tantalum, $C_{I/O}$ = 0.1 µF, output data rate (ODR) = 800 Hz, unless otherwise noted. All minimum and maximum specifications are guaranteed. Typical specifications are not guaranteed.

Table 1.

Parameter	Test Conditions	Min	Typ[1]	Max	Unit
SENSOR INPUT	Each axis				
Measurement Range	User selectable		±2, ±4, ±8, ±16		*g*
Nonlinearity	Percentage of full scale		±0.5		%
Inter-Axis Alignment Error			±0.1		Degrees
Cross-Axis Sensitivity[2]			±1		%
OUTPUT RESOLUTION	Each axis				
All *g* Ranges	10-bit resolution		10		Bits
±2 *g* Range	Full resolution		10		Bits
±4 *g* Range	Full resolution		11		Bits
±8 *g* Range	Full resolution		12		Bits
±16 *g* Range	Full resolution		13		Bits
SENSITIVITY	Each axis				
Sensitivity at X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}	All *g*-ranges, full resolution	230	256	282	LSB/*g*
	±2 *g*, 10-bit resolution	230	256	282	LSB/*g*
	±4 *g*, 10-bit resolution	115	128	141	LSB/*g*
	±8 *g*, 10-bit resolution	57	64	71	LSB/*g*
	±16 *g*, 10-bit resolution	29	32	35	LSB/*g*
Sensitivity Deviation from Ideal	All *g*-ranges		±1.0		%
Scale Factor at X_{OUT}, Y_{OUT}, Z_{OUT}	All *g*-ranges, full resolution	3.5	3.9	4.3	mg/LSB
	±2 *g*, 10-bit resolution	3.5	3.9	4.3	mg/LSB
	±4 *g*, 10-bit resolution	7.1	7.8	8.7	mg/LSB
	±8 *g*, 10-bit resolution	14.1	15.6	17.5	mg/LSB
	±16 *g*, 10-bit resolution	28.6	31.2	34.5	mg/LSB
Sensitivity Change Due to Temperature			±0.01		%/°C
0 *g* OFFSET	Each axis				
0 *g* Output for X_{OUT}, Y_{OUT}		−150	0	+150	mg
0 *g* Output for Z_{OUT}		−250	0	+250	mg
0 *g* Output Deviation from Ideal, X_{OUT}, Y_{OUT}			±35		mg
0 *g* Output Deviation from Ideal, Z_{OUT}			±40		mg
0 *g* Offset vs. Temperature for X-, Y-Axes			±0.4		mg/°C
0 *g* Offset vs. Temperature for Z-Axis			±1.2		mg/°C
NOISE					
X-, Y-Axes	ODR = 100 Hz for ±2 *g*, 10-bit resolution or all *g*-ranges, full resolution		0.75		LSB rms
Z-Axis	ODR = 100 Hz for ±2 *g*, 10-bit resolution or all *g*-ranges, full resolution		1.1		LSB rms
OUTPUT DATA RATE AND BANDWIDTH	User selectable				
Output Data Rate (ODR)[3, 4, 5]		0.1		3200	Hz
SELF-TEST[6]					
Output Change in X-Axis		0.20		2.10	*g*
Output Change in Y-Axis		−2.10		−0.20	*g*
Output Change in Z-Axis		0.30		3.40	*g*
POWER SUPPLY					
Operating Voltage Range (V_S)		2.0	2.5	3.6	V
Interface Voltage Range ($V_{DD\ I/O}$)		1.7	1.8	V_S	V
Supply Current	ODR ≥ 100 Hz		140		µA
	ODR < 10 Hz		30		µA
Standby Mode Leakage Current			0.1		µA
Turn-On and Wake-Up Time[7]	ODR = 3200 Hz		1.4		ms

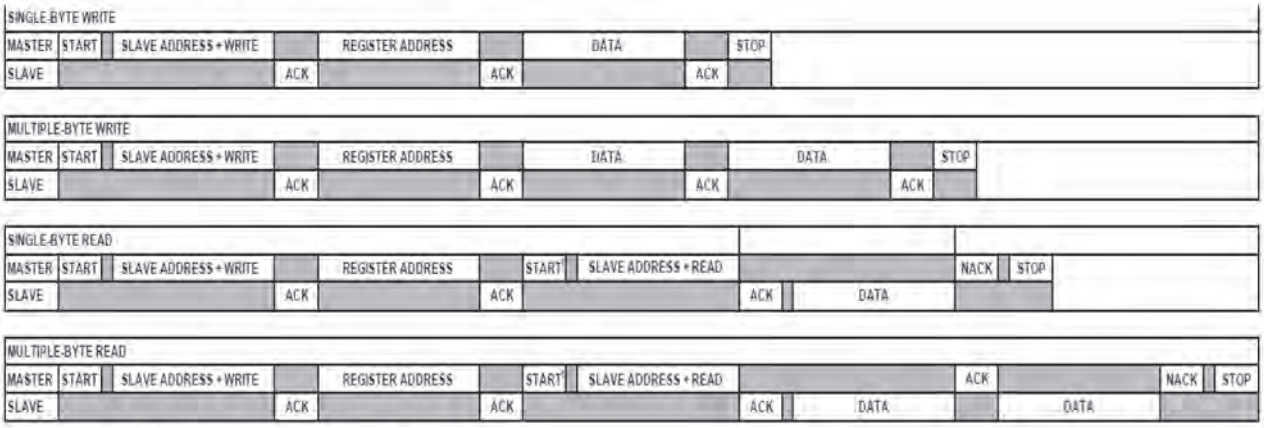
Annexe 5 - Complément à deux

Soit un mot de N bits, « $b_{N-1}b_{N-2}b_{N-3}\ldots\ldots b_1b_0$ », codé en complément à deux avec b_0 le bit de poids faible (LSB). La valeur décimale du mot est donnée par la relation suivante :

$$-2^{N-1}.b_{N-1} + 2^{N-2}.b_{N-2} + 2^{N-3}.b_{N-3} + \cdots.. + 2^1.b_1 + 2^0.b_0.$$

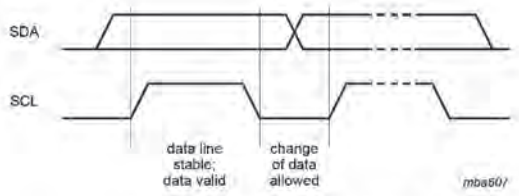
Le bit b_{N-1} porte le nom de bit de signe.

Annexe 6 - Bus I^2C

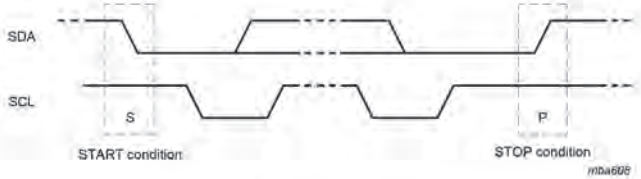


Les zones grisées correspondent à des phases d'écoute

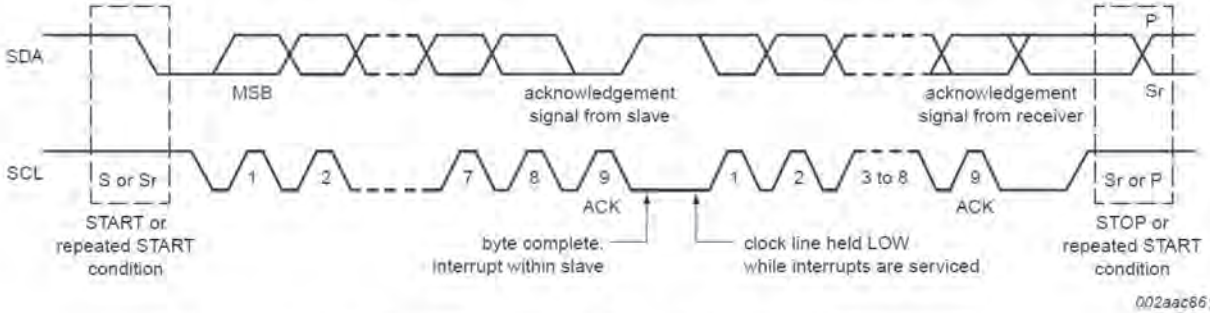
Communication I^2C avec l'ADXL 345 (extrait document constructeur)



Transfert de bits sur le bus I^2C
(d'après i^2c- bus specification and user manual)



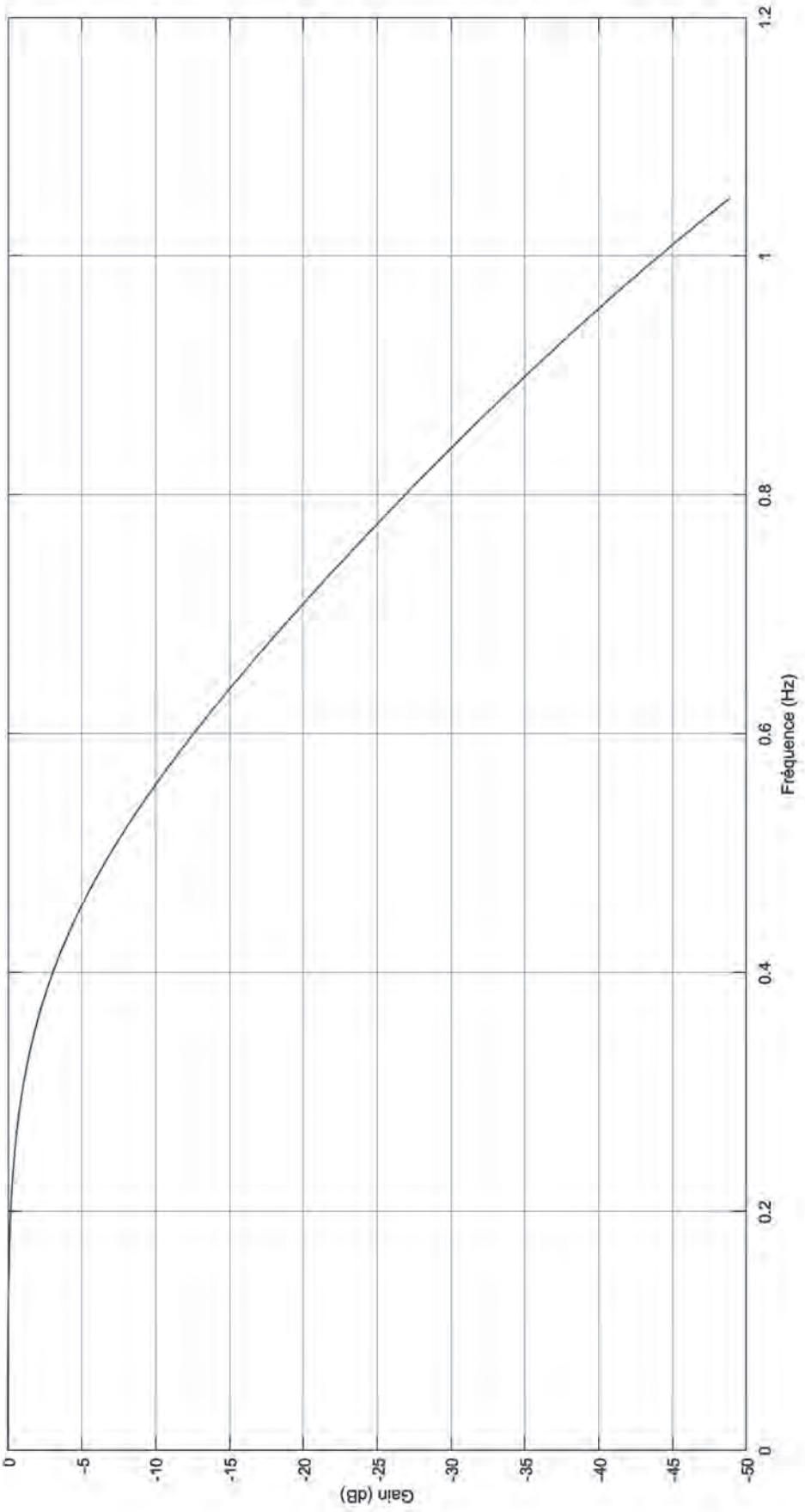
Conditions de START et STOP générées par le maître
(d'après i^2c- bus specification and user manual)



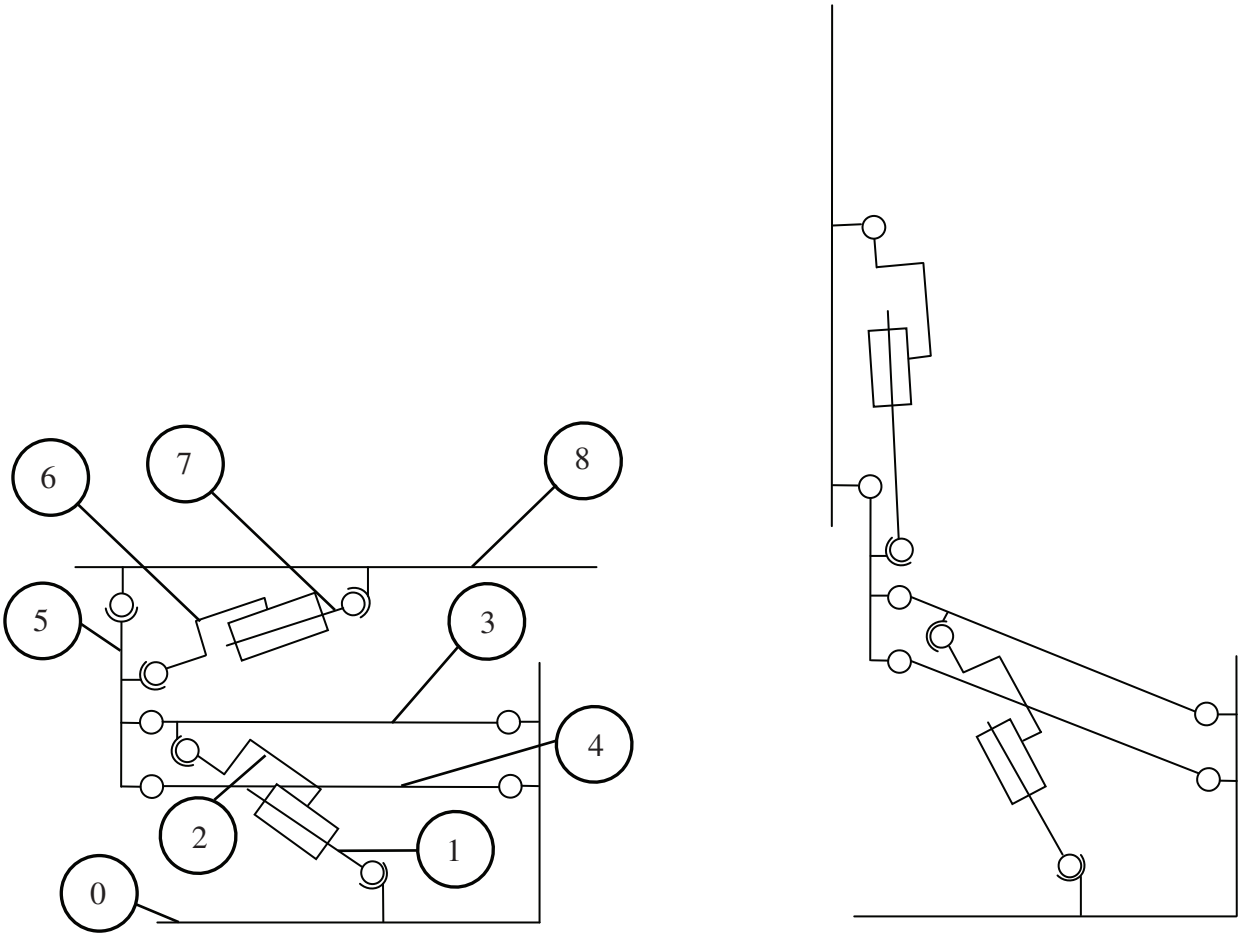
ACK: acknowledgement (acquitement), il a lieu après la transmission d'un octet.
NACK: not acknowledgement

Transfert de données sur le bus I^2C
(d'après i^2c- bus specification and user manual)

Annexe 7 - Réponse en fréquence du filtre



Annexe 8 - Cinématique position "assise" et position "debout"



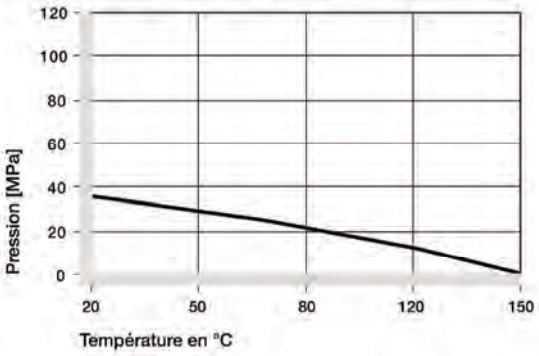
0	Base roulante	5	Pontet
1+2	Vérin Lift	6+7	Vérin Tilt
3	Monobras	8	Assise
4	Biellettes monobras		

Annexe 9 - Extrait documentation Iglidur

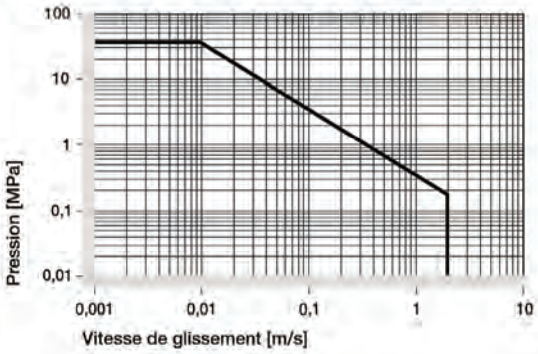
iglidur® J | Informations et données techniques

igus®.fr

Pression de surface statique admissible recommandée en fonction de la température



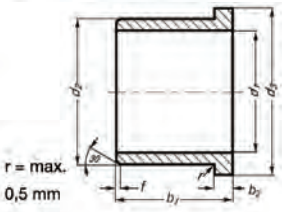
Facteurs p x v admissibles de l'iglidur® J avec 1 mm d'épaisseur en fonctionnement à sec avec un arbre en acier à 20 °C



iglidur® J | Paliers à collerette

igus®.fr





f = 0,3 ▶ d1 = 1–6
f = 0,5 ▶ d1 = 6–12
f = 0,8 ▶ d1 = 12–30
f = 1,2 ▶ d1 > 30

Chanfrein en fonction du d1
Cotes selon ISO 3547-1
et cotes spéciales

Constitution de la référence :

J F M-03 04 - 05

- b1
- d2
- d1
- Métrique
- Forme
- Matériau

Référence	d1	Tolérance	d2	d3	b1	b2
				d13	h13	-0,14
JFM-0304-05	3,0	E10	4,5	7,5	5,0	0,75
JFM-0306-10	3,0	D11	6,0	9,0	10,0	1,5
JFM-0405-03	4,0	E10	5,5	9,5	3,0	0,75
JFM-0405-06	4,0	E10	5,5	9,5	6,0	0,75
JFM-0506-05	5,0	E10	6,0	10,0	5,0	0,5
JFM-0507-05	5,0	E10	7,0	11,0	5,0	1,0
JFM-0608-04	6,0	E10	8,0	12,0	4,0	1,0
JFM-0608-06	6,0	E10	8,0	12,0	6,0	1,0
JFM-0608-08	6,0	E10	8,0	12,0	8,0	1,0
JFM-0608-10	6,0	E10	8,0	12,0	10,0	1,0
JFM-0610-10	6,0	D11	10,0	14,0	10,0	2,0
JFM-0810-038	8,0	E10	10,0	15,0	3,8	1,0
JFM-0810-05	8,0	E10	10,0	15,0	5,0	1,0
JFM-0810-06	8,0	E10	10,0	15,0	6,0	1,0
JFM-0810-07	8,0	E10	10,0	15,0	7,0	1,0
JFM-0810-08	8,0	E10	10,0	15,0	8,0	1,0
JFM-0810-10	8,0	E10	10,0	15,0	10,0	1,0
JFM-0810125-10	8,0	E10	10,0	12,5	10,0	1,0
JFM-081014-10	8,0	E10	10,0	14,0	10,0	1,0
JFM-081016-11	8,0	E10	10,0	16,0	11,0	2,0
JFM-0812-06	8,0	E10	12,0	16,0	6,0	2,0
JFM-1012-05	10,0	E10	12,0	18,0	5,0	1,0
JFM-1012-09	10,0	E10	12,0	18,0	9,0	1,0
JFM-1012-10	10,0	E10	12,0	18,0	10,0	1,0
JFM-1012-12	10,0	E10	12,0	18,0	12,0	1,0
JFM-1012-15	10,0	E10	12,0	18,0	15,0	1,0
JFM-1012-18	10,0	E10	12,0	18,0	18,0	1,0

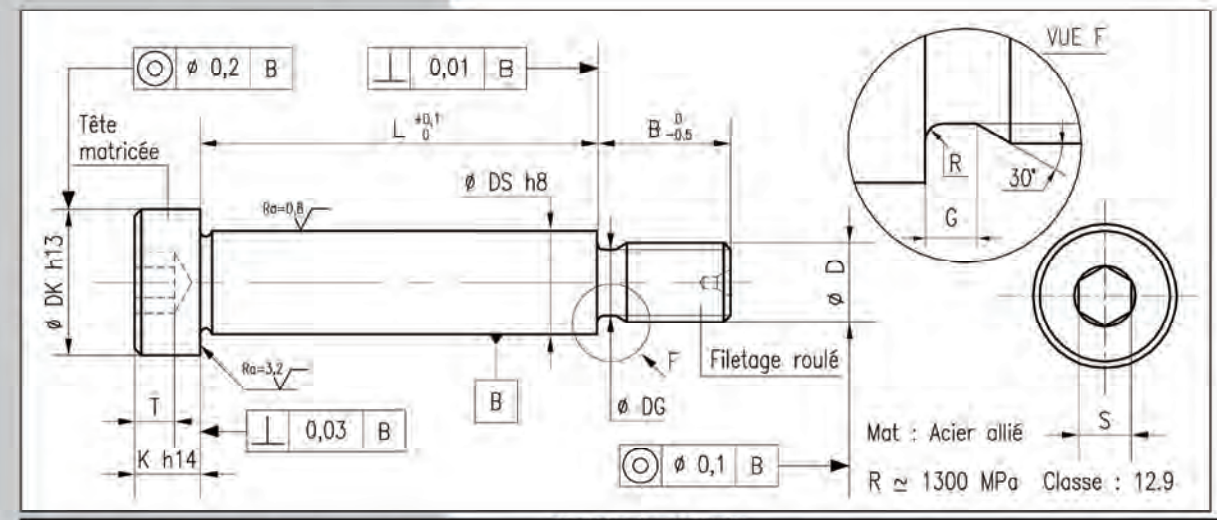
Référence	d1	Tolérance	d2	d3	b1	b2
				d13	h13	-0,14
JFM-1517-09	15,0	E10	17,0	23,0	9,0	1,0
JFM-1517-12	15,0	E10	17,0	23,0	12,0	1,0
JFM-1517-17	15,0	E10	17,0	23,0	17,0	1,0
JFM-1521-20	15,0	D11	21,0	27,0	20,0	3,0
JFM-1618-17	16,0	E10	18,0	24,0	17,0	1,0
JFM-1622-12	16,0	D11	22,0	28,0	12,0	3,0
JFM-1622-15	16,0	D11	22,0	28,0	15,0	3,0
JFM-1719-09	17,0	E10	19,0	25,0	9,0	1,0
JFM-1719-21	17,0	E10	19,0	25,0	21,0	1,0
JFM-1820-04	18,0	E10	20,0	26,0	4,0	1,0
JFM-1820-12	18,0	E10	20,0	26,0	12,0	1,0
JFM-1820-22	18,0	E10	20,0	26,0	22,0	1,0
JFM-1922-36	19,0	E10	22,0	26,0	36,0	1,0
JFM-2023-11	20,0	E10	23,0	30,0	11,5	1,5
JFM-2023-15.5	20,0	D11	23,0	30,0	15,5	1,5
JFM-2023-21	20,0	E10	23,0	30,0	21,5	1,5
JFM-202530-15	20,0	D11	25,0	30,0	15,0	2,0
JFM-2026-15	20,0	D11	26,0	32,0	15,0	3,0
JFM-2026-20	20,0	D11	26,0	32,0	20,0	3,0
JFM-2026-25	20,0	D11	26,0	32,0	25,0	3,0
JFM-222532-08	22,0	E10	25,0	32,0	8,0	1,5
JFM-2430-30	24,0	E10	30,0	36,0	30,0	3,0
JFM-2528-06	25,0	E10	28,0	35,0	6,0	1,5
JFM-2528-14.5	25,0	E10	28,0	35,0	14,5	1,5
JFM-2528-21	25,0	E10	28,0	35,0	21,5	1,5
JFM-252839-075	25,0	E10	28,0	39,0	7,5	1,5
JFM-2532-20	25,0	E10	32,0	38,0	20,0	4,0

Annexe 10 - Extrait catalogue de composant standard

VIS EPAULEE A 6 PANS CREUX

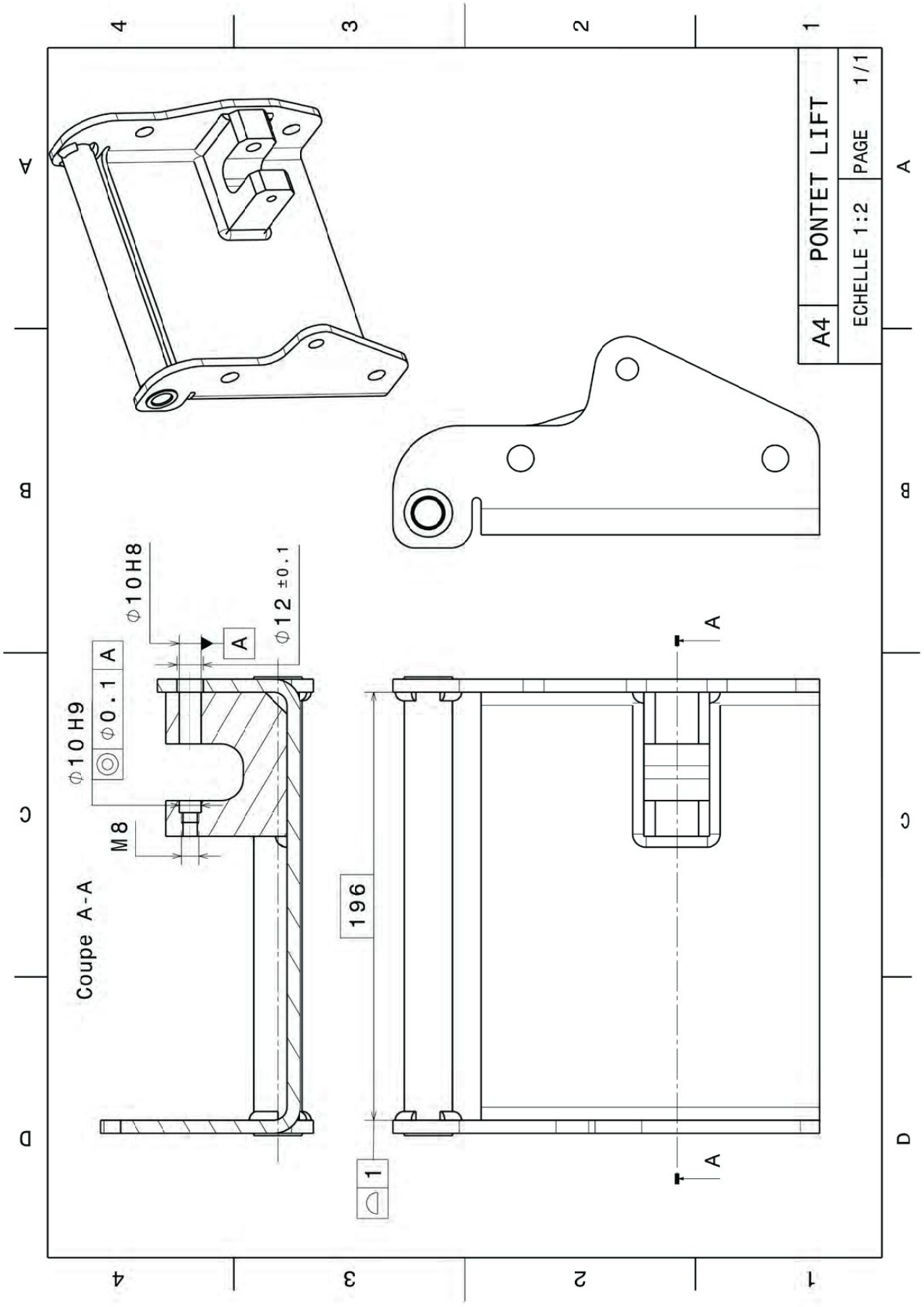
NF E 27-191

VIS EPAULEE A 6 PANS CREUX



GAMME DISPONIBLE								
Pas ISO	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
DK	9	11	14	18	22	28	36	45
DS	6	8	10	12	16	20	25	32
K	4	5	6	8	10	12	16	20
B	8	10	12	16	20	25	32	40
S	3	4	5	6	8	10	14	17
T	2,5	3	4	5	6	8	11	12
DG	3,9	4,6	6,3	7,9	9,6	13,2	16,5	19,8
G	1,2	1,5	1,9	2,2	2,6	3	3,7	4,5
R	0,4	0,5	0,6	0,8	0,9	1	1,2	1,5
Cs en m.N	6,9	12,8	29,9	58,8	108	264,6	507,5	1000
D / L	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
6								
8								
10								
12								
14								
16								
20								
25								
30								
32								
40								
50								
60								
63								
70								
80								
90								
100								
110								
120								
125								
140								
160								
200								
250								

Annexe 11 - Dessin de définition partiel du pontet



Annexe 12a - Documentation constructeur vérin LIFT

FICHE TECHNIQUE

VERIN
LA31 CARELINE

Caractéristiques:
- *Moteur à aimants permanents 24 V CC*
- *Effort jusqu'à 6000 N en compression et 4000 en traction*
- *Chape de tige rainurée en acier chromatée*
- *Carter plastique haute résistance*
- *Construction esthétique et compacte - faible encombrement*
- *Indice de protection standard: IP54*
- *Couleur : noir et gris*
- *Fins de course intégrés (non réglables)*
- *Peinture époxy sur le tube extérieur (Ø30 mm) pour une protection contre l'usure et les rayures*
- *Fixation arrière en alliage de zinc*
- *Tige en acier inoxydable*
- *Niveau sonore de 48 dB (A); méthode de mesure DS/EN ISO 3746, vérin non chargé*

Options:
- *LA31 Basic - CARELINE® (pas de rainure sur la chape de tige)*
- *Fixation arrière auto-alignante*
- *Codeur de position (8 impulsions/tr) pour tout positionnement précis à associer au CB9P*
- *Codeur de position Hall (avec boîtier de contrôle CB6 OBF, CB16 OBF et CB20)*
- *Moteur rapide*
- *Débrayage d'urgence (différents types de poignée)*
- *Câble torsadé avec prise DIN ou Jack (0.2 ou 0.4 m)*
- *Ecrou de sécurité (vérin en compression)*
- *Butée mécanique de sécurité*
- *Câble interchangeable (prise DIN et indice de protection IP66)*
- *Descente d'urgence pour le système Jumbo Home*

Usage:
- *Facteur de service: 10% max ou 2 minutes continues suivies de 18 minutes de repos*
- *Température ambiante: +5° à + 40°C*
- *Le système CARELINE est en parfait respect avec la norme EN 60601-1*



Le LA31 est un vérin extrêmement silencieux et puissant, destiné à diverses applications, telles que le mobilier et les lit médicalisés.

Le LA31 est disponible avec un moteur standard, basique ou rapide. La version basique est un modèle au coût optimisé. La version avec le moteur rapide est un modèle basique équipé d'un moteur spécial rapide

Le LA31 peut être livré avec différents niveaux de protection IP et d'une large gamme d'options de sécurité, en fonction de vos besoins. Le LA31 possède des câbles interchangeables.

Spécifications techniques:

Type de vis	Pas de vis (mm)	Effort max [N] en poussée	Effort max [N] en traction	Intensité (A) (N)	Vitesse (mm/s) à vide	Vitesse (mm/s) en pleine charge	Autoblocage [N] en compression	Autoblocage [N] en traction
Moteur standard 24V CC								
31.1	3	6000	4000	4.0	6.2	3.2	6000	4000
31.2	5	4000	4000	3.1	11.2	5.4	2000	2000
31.2 avec frein	5	4000	4000	3.3	11.2	5.6	4000	4000
31.3 avec frein	9	1500	1500	2.5	19.4	10.5	1500	1500
31.4 avec frein	4	6000	4000	4.1	8.2	5.4	6000	4000
31.6 avec frein	12	1000	1000	2.4	26.6	14.5	1000	1000
31.7 avec frein	6	2500	2500	2.5	13.2	6.8	2500	2500
Moteur rapide 24V CC								
31.1	3	6000	4000	4.2	8.2	4.9	6000	4000
31.2	5	4000	4000	3.7	14	6.9	2000	2000
31.2 avec frein	5	4000	4000	4.0	14	6.4	4000	4000
31.3 avec frein	9	1500	1500	2.9	26.6	13	1500	1500
31.4 avec frein	4	6000	4000	5	10.7	5.3	6000	4000
31.6 avec frein	12	1000	1000	2.8	32.6	17.6	1000	1000
31.7 avec frein	6	2500	2500	3.1	16.7	8.3	2500	2500
Moteur standard 24 V CC et débrayage d'urgence								
31.2 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 75kg	5	3500	200	3.3	11.2	5.6	3500	-
31.3 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 75kg	9	1500	200	2.5	19.4	10.5	1500	
31.7 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 50kg	6	2500	200	2.5	13.2	6.8	2500	-
Moteur rapide 24 V CC et débrayage d'urgence								
31.2 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 75kg	5	3500	200	4	14	6.4	3500	-
31.3 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 75kg	9	1500	200	2.9	26.6	13	1500	-
31.7 avec débrayage d'urgence charge à appliquer: 50kg.	6	2500	200	6	15	10	2500	-

Informations complémentaires :

- Les valeurs ci-dessus ont été obtenues avec une alimentation stabilisée.
- Les boîtiers de contrôle LINAK sont conçus pour mettre le moteur en court-circuit quand celui-ci n'est pas sollicité. Cette technique augmente les capacités d'auto-blocage. Si le vérin n'est pas connecté à un boîtier de contrôle LINAK, veillez à court-circuiter le moteur afin de respecter la valeur d'auto-blocage du vérin.
- En compression, si la charge dépasse 4000 N (6000 N max), la course ne doit pas dépasser 250 mm.

LA31 CARELINE

Constitution de la référence :

31 1 1 0 0 - 0 0 1 0 0 0 2 0

Câble:
Câbles Jack
0 = Droit 2.25 m
5 = Droit 0.80m
6 = Droit 1.50m
1 = Droit 1.0 m
7 = Droit 0.75m
8 = Droit 0.5m
9 = Droit 0.25m
2 = Torsadé 0.40 m
3 = Torsadé 0.20m

Câbles Din
A = Droit 2.25m
J = Droit 0.80m
F = Droit 1.50m
B = Droit 1.0m
G = Droit 0.75m
H = Droit 0.50m
E = Droit 0.25m
C = Torsadé 0.40m
D = Torsadé 0,20m

Couplé au CB
E = Droit 0,25 m (IP54 / IP66)

Câble interchangeable
K= câble Minifit 80mm (pour codeur Hall avec CB20)
P= câble Minifit 80mm

Protection:
2 = IP66
4 = IP54
9 = IP66 "Lavable"

Type moteur:
0 = 24V CC Standard
1 = 24 V CC Basique (L1)
3 = 24 V CC Basique moteur rapide (L3)

Course:
XXX = mm

Frein:
0 = Aucun
1 = frein pour vérin en compression (5.5)
2 = frein pour vérin en traction (5.5)
3 = frein pour vérin en compression uniquement (4.25)
4 = frein pour vérin en compression (3.5)
5 = frein pour vérin en traction (3.5)
7 = frein pour vérin en compression (5.5) pour débrayage d'urgence interne

Options (tige):
0 = Aucun
1 = Ecrou de sécurité
2 = Débrayage mécanique en traction
3 = Débrayage mécanique en traction et écrou de sécurité
4 = Butée mécanique de sécurité
5 = Butée mécanique de sécurité et écrou de sécurité
6 = Butée mécanique de sécurité, débrayage mécanique et écrou de sécurité

Couleur:
- = Noir
+ = Gris

Option (position):
0 = None
0 = aucune
A = débrayage d'urgence interne - position A
B = débrayage interne - position B
C = débrayage d'urgence interne V0 - position A
D = débrayage d'urgence interne V0 - position B
F = débrayage d'urgence à poignée V0 (Q2)
H = codeur Hall (à utiliser avec CB6 OBF, CB16 OBF et CB20)
I = débrayage d'urgence à poignée (Q2)
J = débrayage d'urgence à câble V0 (Q1)
K = débrayage d'urgence à câble (Q1)
L = débrayage d'urgence à poignée surmoulée (Q3)
M = débrayage d'urgence sans poignée (Q0)
N = débrayage d'urgence à poignée surmoulée V0 (Q3)
P = débrayage d'urgence sans poignée V0 (Q0)
R = codeur Reed
S = V0 plastique
T = V0 plastique + codeur Reed
U = carter V0 + codeur Hall (à utiliser avec CB6 OBF, CB16 OBF et CB20)

Chape:
0 = Standard avec fente et pour versions avec débrayage d'urgence
1 = Standard sans fente
2 = Standard peinte
3 = Standard jaune de chrome

Fixation arrière:
1 - 2 = Standard 10.1 mm, avec fente de 6.1 mm
5 - 6 = Biconique Ø 10.1 mm
7 - 8 = Pleine Ø 12.1 mm
A - B = Standard Ø 12.2 mm, avec fente de 10.5 mm

Type de tige:
1 = 3 mm
2 = 5 mm
3 = 9 mm
4 = 4 mm
6 = 12 mm
7 = 6 mm

Type de vérin:
31 = LA31

Option H et U : à utiliser uniquement avec des câbles interchangeables "K"

Tableau comparatif des kits moteurs moyeux

Pensez à rafraichir votre page pour afficher la dernière version du document
Windows : tapez sur la touche **F5**
MAC : tapez sur **Pomme + R**

	Balade PLUS	**Vélo pliant**	**OFFROAD**	**SPEED**	***PROMO*** **Le Transporteur**	***PROMO*** **Magic Pie Plus**	***PROMO*** **Xtrême Plus**	***PROMO*** **Smart Pie Plus**	**Magic Pie 2**	**Magic Pie 4**
Prix Web	399 € TTC	419 € TTC	569 € TTC	569 € TTC	449 € TTC	399 € TTC	319 € TTC	339 € TTC	399 € TTC	599 € TTC
Prix PREMIUM	479 € TTC	499 € TTC	649 € TTC	649 € TTC	529 € TTC	479 € TTC	399 € TTC	419 € TTC	474 € TTC	679 € TTC
Type moteur	Réducté (geared)	Réducté (geared)	Réducté (geared)	Réducté (geared)	Entraînement direct	Entraînement direct	Entraînement direct	Entraînement direct	Entraînement direct	Entraînement direct
Poids moteur seul	2,65 kg	1,9 kg	4,1 kg	4,1 kg	6 kg	8,2 kg	6,4 kg	4,6 kg	7,5 kg	8,2 kg
Entraxe moteur AVANT (écartement des becs de fourche)	100 mm	85 mm		100mm		100 mm	100 mm	100 mm	100 mm	100 mm
Entraxe moteur ARRIERE (écartement des becs de cadre)			135mm		142mm	135 mm		135 mm	135 mm	135 mm
Diamètre moteur	135 mm	120 mm	180 mm	180 mm	242 mm	310 mm	243 mm	188 mm	310 mm	310 mm
Compatibilité freins à disque (norme IS2000)	oui	non	oui	oui	oui	oui	non	oui	oui	oui
Compatibilité freins V-brake à câble (sauf jante à baton)	oui	oui	oui	oui	oui	oui	non	oui	oui	oui
Roue libre à visser / Cassette de pignons			Cassette 8 à 10v max.		Roue libre 10v max.	Roue libre 10v max.		Roue libre 10v max.	Roue libre 10v max.	Roue libre 10v max.
Contrôleurs										
Ampérage maximum (<30s sous 48v)	12A	15A	25A	25A	25A	25A	25A	25A	25A	30A
Programmable	non	non	non	non	non	non	non	non	oui	oui
Interne / Externe	externe	externe	externe	externe	externe	externe	externe	externe	externe	interne (**SINWAVE**)
Régulateur de vitesse	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Accélérateur	option	option	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Freins à coupure électrique à câble	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Freins à coupure électrique Hydraulique	option : voir la fiche article du **Manocontacteur électrique Magura**									
Klaxon (contrôleur externe)	non	non	non	non	non	non	non	non	oui	oui
Détecteur de pédalage	oui	oui	option	option	option	option	option	option	option	option
Jantes										
Jante ALU double parois	oui, **26"** et **29"**	oui, **16"** et **20"**	oui du **20"** au **29"**	oui du **20"** au **29"**	oui du **24"** au **29"**	oui du **24"** au **29"**	Alu rigide	oui du **16"** au **29"**	oui du **24"** au **29"**	oui du **26"** au **29"**
Largeur jante ALU double parois (intérieur/extérieur)	19 mm / 25 mm	19 mm / 25 mm	19 mm / 25 mm	19 mm / 25 mm	19 mm / 25 mm	19 mm / 25 mm		19 mm / 25 mm	19 mm / 25 mm	19 mm / 25 mm
Jante à batons ALU						**16"** et **20"**	**16"**	**12"**	**16"** et **20"**	
Largeur jante à batons ALU (intérieur/extérieur)						30 mm / 40 mm	38 mm / 50 mm	30 mm / 40 mm	30 mm / 40 mm	
Performances 48V (1)										
Puissance maximum en 48v			1200 w	1200 w	1200 w	1200 w	1200 w	1100 w	1200 w	1550 w
Puissance nominale en 48v			600 w	600 w	600 w	600 w	600 w	400 w	600 w	600 w
Couple (2)			> 50 N.m	47 N.m	> 45 N.m	29 N.m	25 N.m	25 N.m	29 N.m	> 40 N.m
Vitesse de rotation à vide			335 tr/min	450 tr/min	295 tr/min	408 tr/min	480 tr/min	433 tr/min	408 tr/min	408 tr/min
Vitesse de rotation en charge			300 tr/min	380 tr/min	275 tr/min	325 tr/min	390 tr/min	302 tr/min	325 tr/min	325 tr/min
Vitesse linéraire à vide			46 km/h	60 km/h	39,5 km/h	55 km/h	37 km/h	58 km/h	55 km/h	55 km/h
Vitesse linéraire en charge (avec assistance)			> 40 km/h	> 50 km/h	> 37 km/h	> 45 km/h	30 km/h	> 40 km/h	> 45 km/h	> 45 km/h
Performances 36V (1)										
Puissance maximum en 36v	450 w	450 w	800 w	800 w		800 w	600 w	700 w	800 w	900 w
Puissance nominale en 36v	250 w	250 w	400 w	400 w		400 w	400 w	300 w	400 w	400 w
Couple (2)	**28 N.m**	14 N.m	> 42 N.m	42 N.m		29 N.m	23 N.m	22 N.m	26 N.m	> 30N.m
Vitesse de rotation à vide	235 tr/min	328 tr/min	265 tr/min	350 tr/min		310 tr/min	343 tr/min	310 tr/min	310 tr/min	310 tr/min
Vitesse de rotation en charge	190 tr/min	260 tr/min	225 tr/min	280 tr/min		260 tr/min	280 tr/min	253 tr/min	260 tr/min	260 tr/min
Vitesse linéraire à vide	31,5 km/h	~ 25 et 30 km/h (3)	35 km/h	47 km/h		41,5 km/h	26 km/h	41,5 km/h	41,5 km/h	41,5 km/h
Vitesse linéraire en charge (avec assistance)	25 km/h	~ 20 et 25 km/h (3)	> 30 km/h	> 37 km/h		> 35 km/h	22 km/h	> 34 km/h	> 35 km/h	> 35 km/h
Performances 24V (1)										
Puissance maximum en 24v									600 w	650 w
Puissance nominale en 24v									250 w	250 w
Couple (2)									29 N.m	> 30N.m
Vitesse de rotation à vide									207 tr/min	207 tr/min
Vitesse de rotation en charge									190 tr/min	190 tr/min
Vitesse linéraire à vide									28 km/h	28 km/h
Vitesse linéraire en charge (avec assistance)									> 25 km/h	> 25 km/h

DANS CE CADRE

Académie : Session :

Examen ou Concours : **Concours Communs Polytechniques** Série* :

Spécialité/option : **FILIÈRE TSI** Repère de l'épreuve :

Épreuve/sous-épreuve : **Sciences Industrielles de L'Ingénieur**

NOM :

(en majuscules, suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)

Prénoms :

N° du candidat

(le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la liste d'appel)

Né(e) le

NE RIEN ÉCRIRE

Examen ou Concours : **Concours Communs Polytechniques** Série* :

Spécialité/option : **FILIERE TSI**

Repère de l'épreuve : **Sciences Industrielles de L'Ingénieur**

Épreuve/sous-épreuve :

(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Si votre composition comporte plusieurs feuilles, numérotez-les et placez les intercalaires dans le bon sens.

Note : /20

Appréciation du correcteur :*

POUR DES RAISONS TECHNIQUES
LE DR4 EST PLACÉ AVANT LE DR3

* Uniquement s'il s'agit d'un examen.

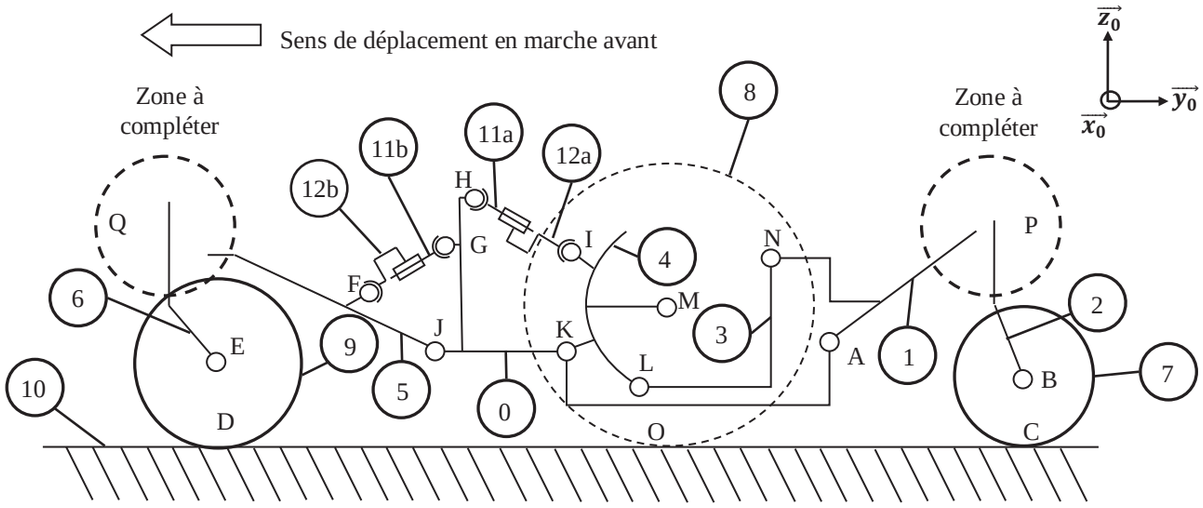
TSISI08

Document réponse (à rendre avec la copie)

Document réponse DR 1

Schéma cinématique de la base roulante

Question 5 :



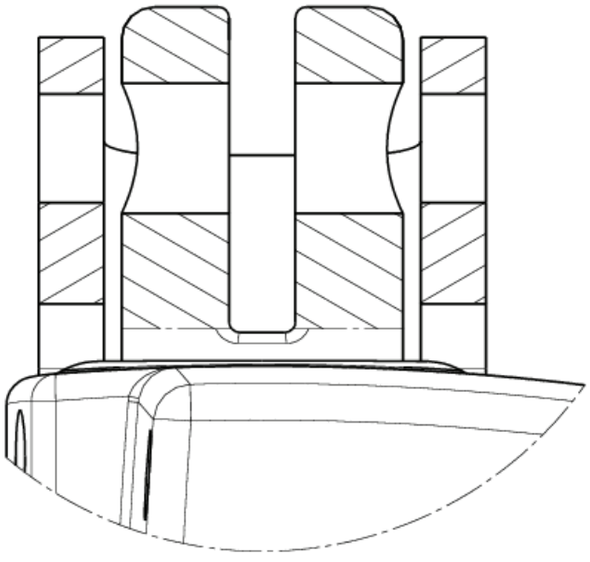
0	Châssis	7	Roue arrière
1	Bras arrière	8	Roue motrice
2	Fourchette arrière	9	Roue avant
3	Biellette de renvoi	10	Sol
4	Support roue motrice	11a / 11b	Tige vérin amortisseur
5	Bras avant	12a / 12b	Corps vérin amortisseur
6	Fourchette avant		

C

NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE BARRÉE

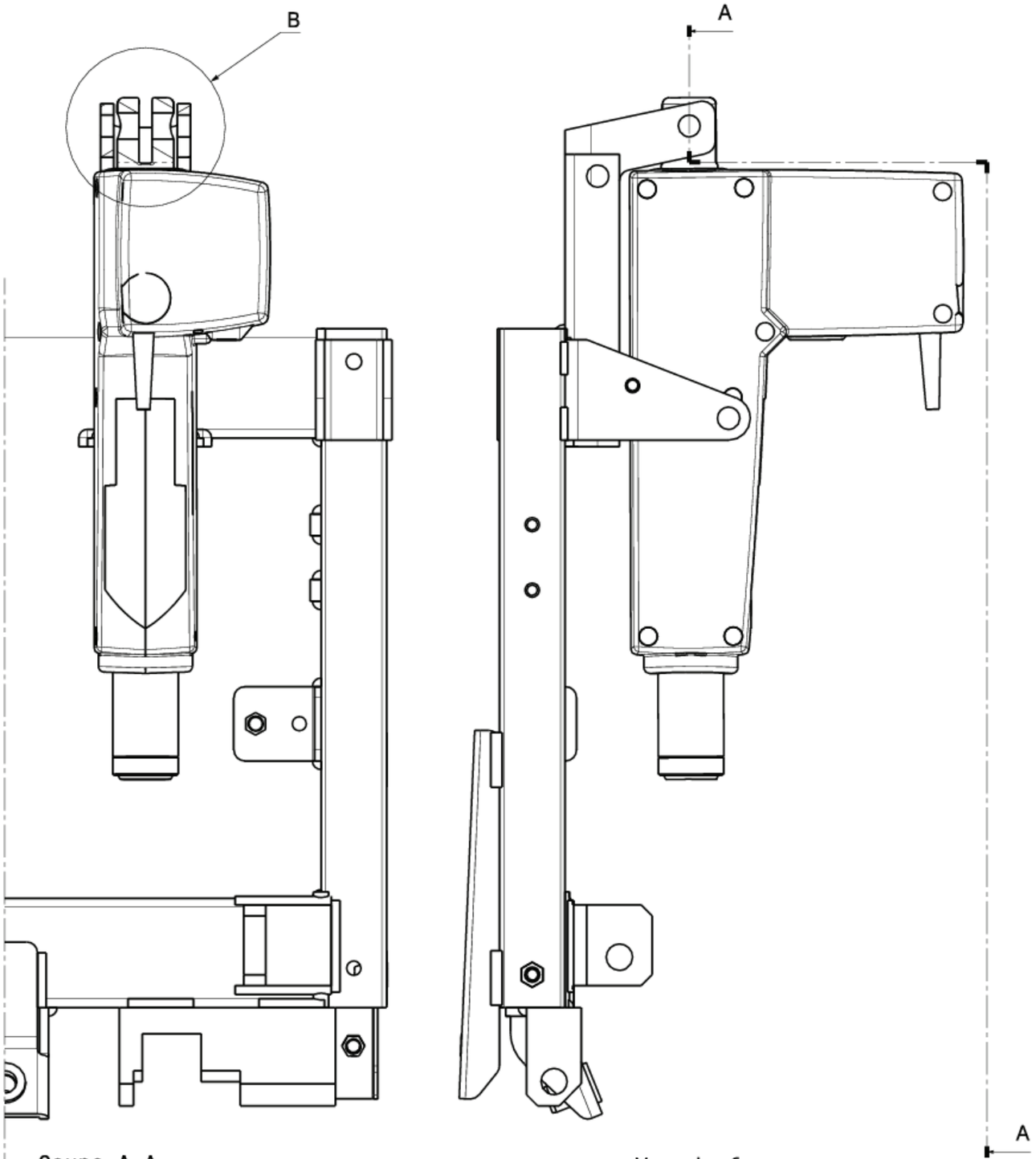
Document réponse DR 2

Question 22 :



Détail B
Echelle : 2:1

NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE BARRÉE

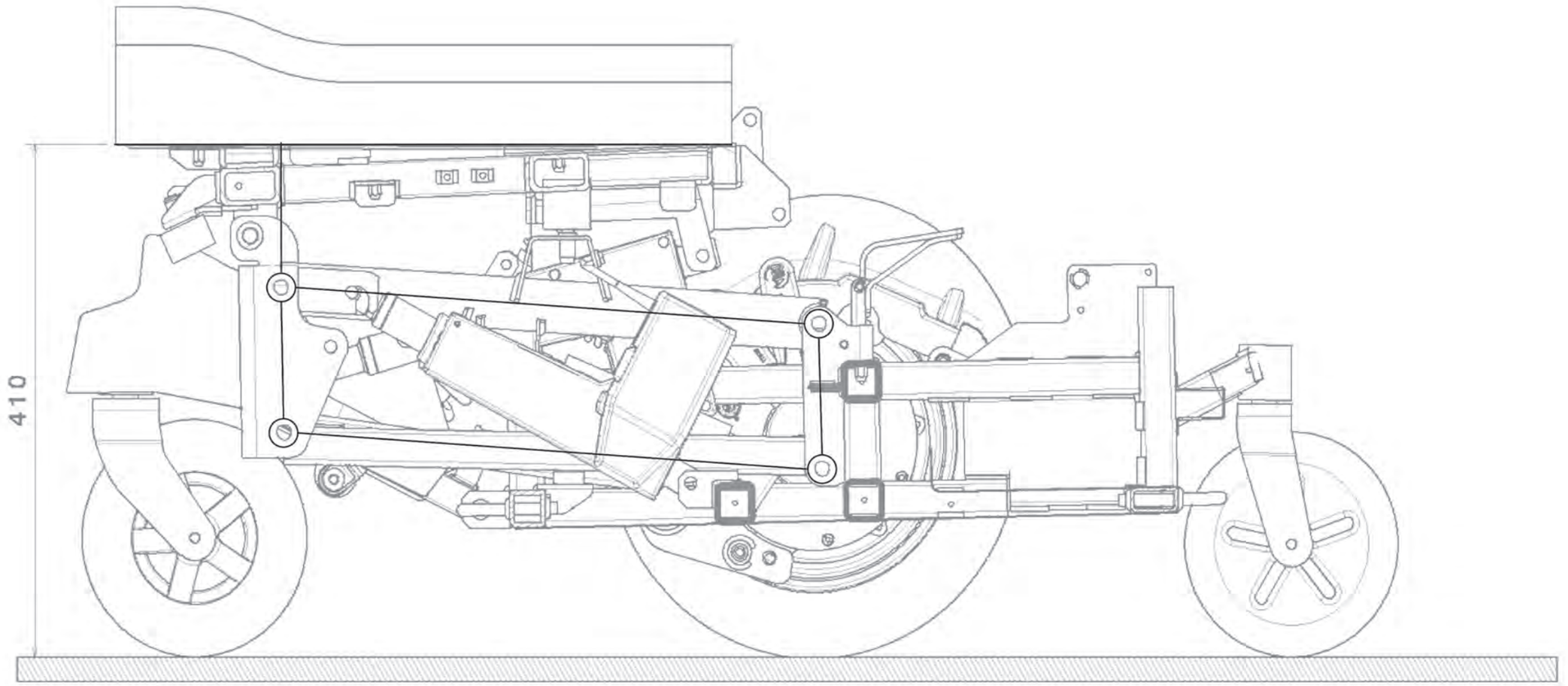


Coupe A-A
Echelle : 1:2

Vue de face
Echelle : 1:2

Document réponse DR 4

Questions 24 et 25 :



NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE BARRÉE

Document réponse DR 3

Question 23 :

TOLERANCEMENT NORMALISE	Analyse d'une spécification par zone de tolérance					
Symbole de la spécification	**Eléments non Idéaux**		**Eléments Idéaux**			
Type de spécification Forme / Orientation / Position / Battement	**Elément(s) tolérancé(s)**	**Elément(s) de référence**	Référence(s) spécifiée(s)	**Zone de tolérance**		
			simple ou commune ou système	simple ou composée	**Contraintes** orientation et/ou position par rapport à la référence spécifiée	
Condition de conformité : L'élément tolérancé doit se situer tout entier dans la zone de tolérance.	unique ou groupe	unique ou multiples				
Schéma extrait du dessin de définition ⌖ ⌀0.1 A						

NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE BARRÉE

Document réponse DR 5

Question 28 :

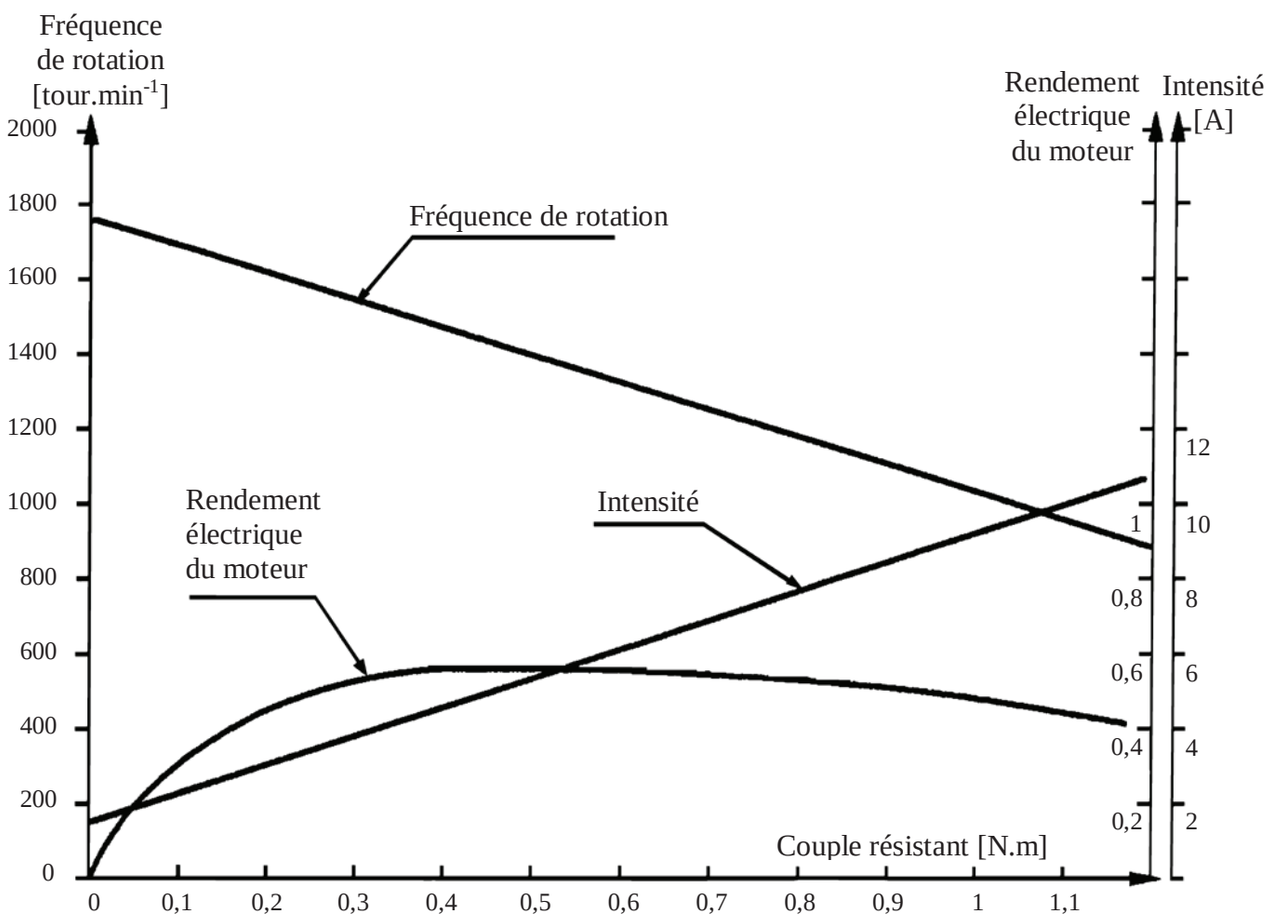


Figure 20 : Caractéristiques du moteur du vérin LIFT

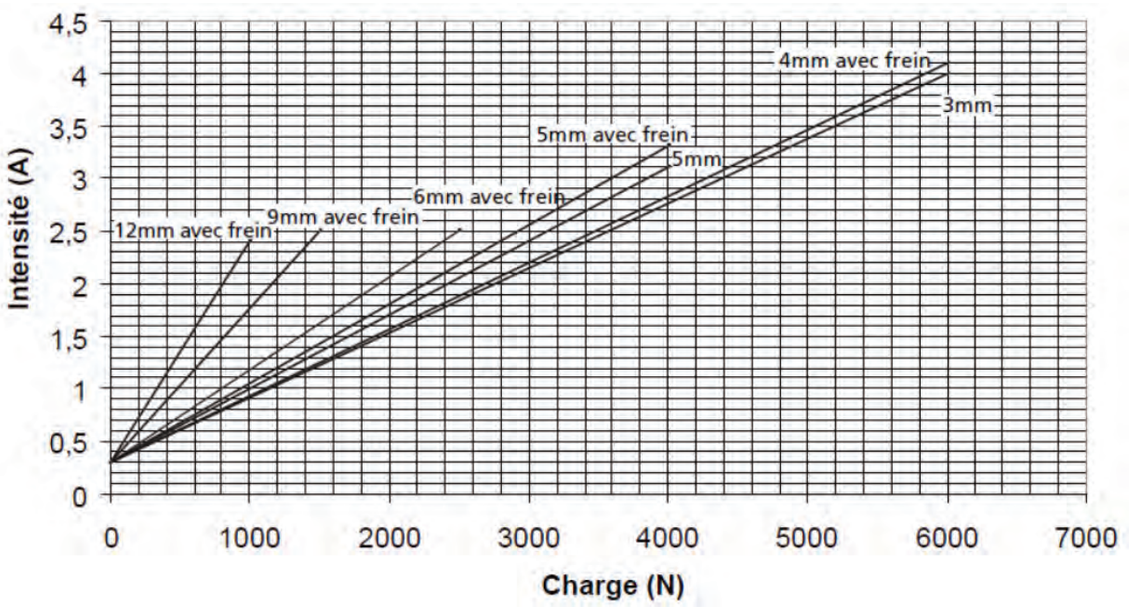
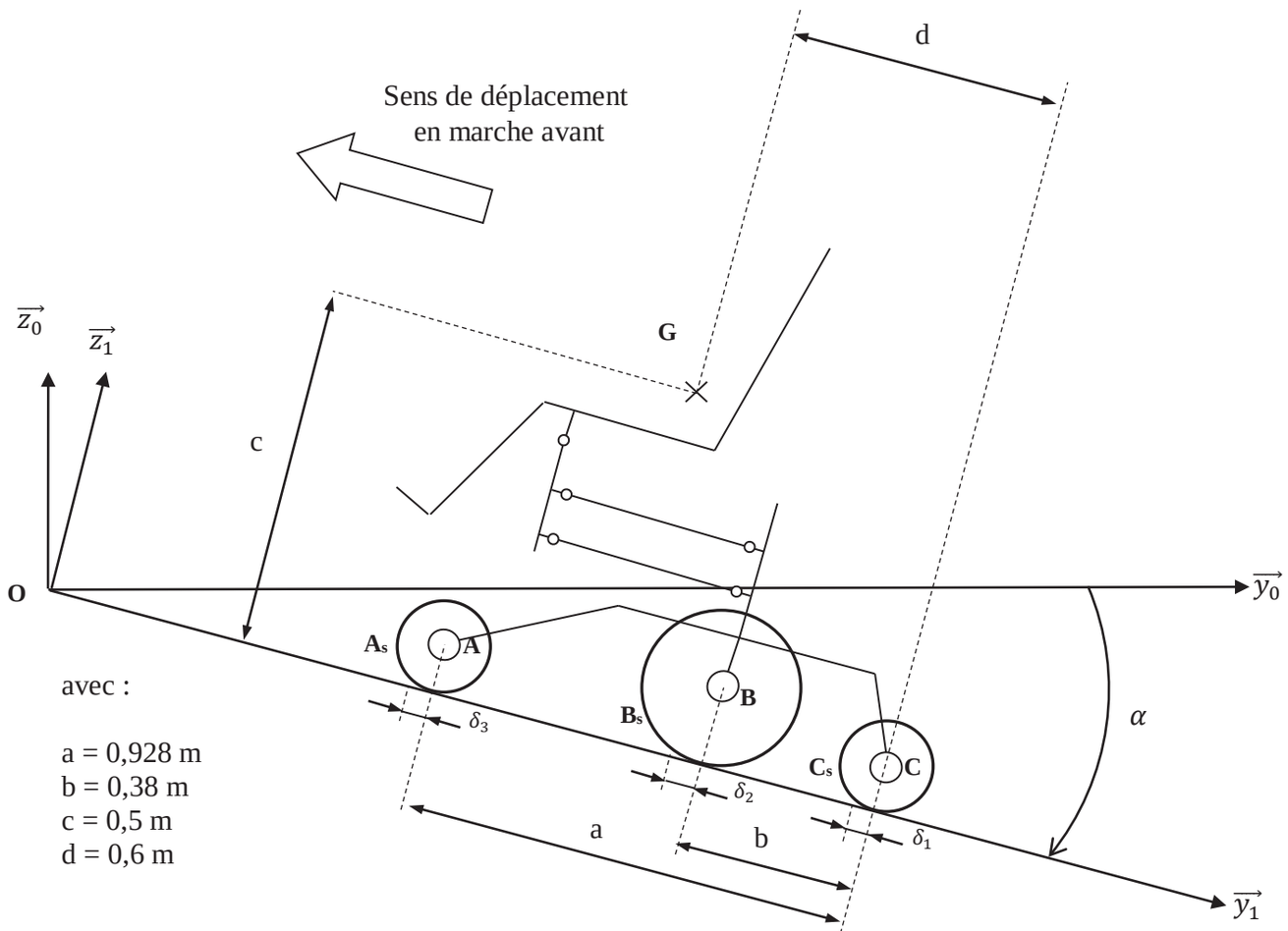


Figure 21 : Intensité moteur du vérin LIFT (LA31 24 V CC moteur standard) en fonction de la charge

NE RIEN ÉCRIRE DANS LA PARTIE BARRÉE

Document réponse DR 6

Question 29 :



avec :

a = 0,928 m
b = 0,38 m
c = 0,5 m
d = 0,6 m

Fauteuil en phase de montée

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

- Ingénierie système : besoin, exigences et diagrammes SysML
- Architecture fonctionnelle et structurelle : chaînes d'information et de puissance
- Chaînes de solides : liaisons équivalentes, mobilité et hyperstatisme
- Modélisation des liaisons, graphe des liaisons et schéma cinématique
- Cinématique des mécanismes : composition des mouvements, contact ponctuel, lois entrée-sortie et fermetures
- Énergétique : puissances, théorème de l'énergie cinétique, rendement
- Statique des solides : principe fondamental et stratégie d'isolement
- Modélisation des systèmes asservis : structure, SLCI, transformée de Laplace, schéma-blocs

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