

DYNAMIQUE

TD

CPGE

Compétences visées: B2-19, B2-52, B2-56, C1-05, C1-06

v1.1

Lycée Jean Zay - 21 rue Jean Zay - 63300 Thiers - Académie de Clermont-Ferrand

ROUE AUTONOME POUR FAUTEUIL ROULANT

1 Présentation

La roue autonome *ez-Wheel* (prononcer « easy-wheel ») propose une solution simple pour tracter des équipements de manutention et de transport de charges, des véhicules légers et matériels médicaux (FIGURE 2). L'avantage de la solution *ez-Wheel* est d'être adaptable à la majorité des produits roulants qui existent sur le marché. Les dimensions et l'interface mécanique standardisées permettent une installation simple et immédiate. Le stator de la roue *ez-Wheel* est fixé sur le châssis de l'engin à déplacer et son rotor est assemblé directement sur sa roue.

La solution intègre, au sein d'une roue, tous les composants nécessaires à la traction : la motorisation électrique, des batteries haute énergie de très longue durée de vie, un contrôleur de puissance assurant un pilotage optimal et la gestion de la batterie ainsi qu'une interface de commande sans fil. La transmission de l'énergie est réalisée par un variateur (incorporé à la carte de commande), un moteur brushless, puis un réducteur (FIGURE 1).

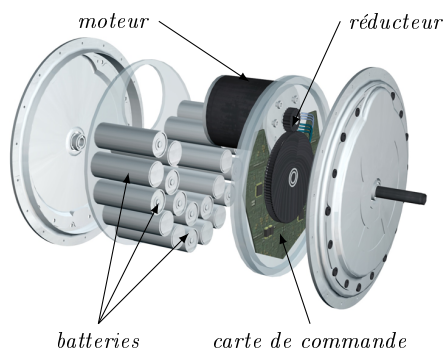


FIGURE 1 – Principaux éléments d'une roue *ez-Wheel*



FIGURE 2 – Prototype de fauteuil roulant équipé de deux *ez-Wheel*

Les différentes normes relatives à l'accessibilité des espaces publics aux personnes à mobilité réduite imposent certaines réalisations au niveau des accès des bâtiments. Les escaliers, infranchissables pour une personne en fauteuil roulant, doivent être remplacés ou complétés par des rampes d'accès. Ces rampes peuvent avoir une pente maximale de 12 % (soit environ 6,8°).

Objectif

L'objectif de l'étude proposée est d'étudier l'implantation de la roue autonome sur un fauteuil roulant afin de vérifier si le fauteuil ainsi équipé respectera les normes d'accessibilité.

2 Modélisation

La FIGURE 3 donne les dimensions du fauteuil motorisé et la FIGURE 4 donne le paramétrage de l'étude en phase de montée d'une pente.

Les hypothèses d'étude de cette partie sont :

- le référentiel $R_0(O, \vec{x}_0, \vec{y}_0, \vec{z}_0)$, lié au sol, est supposé galiléen ;
- le fauteuil se déplace en ligne droite dans une phase de montée, le problème est considéré comme un problème plan ;
- le référentiel $R_f(O_f, \vec{x}_f, \vec{y}_f, \vec{z}_f)$ est lié au fauteuil avec $\vec{y}_0 = \vec{y}_f$;
- $\vec{g} = -g \cdot \vec{z}_0$ est l'action de la pesanteur avec $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$;
- le vecteur position du fauteuil est $\overrightarrow{OO_f}(t) = x(t) \cdot \vec{x}_f + R \cdot \vec{z}_f$;
- chaque moteur fournit le même couple, noté C_m (ils peuvent fournir 70 N.m au maximum) ;
- l'ensemble $\mathbf{S} = \{\text{fauteuil} + \text{roues motorisées} + \text{utilisateur}\}$ a une masse $M_S = 150 \text{ kg}$, son centre d'inertie est G ;
- le contact roue arrière/sol se fait avec frottement, on note f le coefficient de frottement ;
- l'inertie des roues et celle du moteur sont négligées ;
- l'inertie des roues étant faible devant les autres inerties, l'effort tangentiel (suivant \vec{x}_f) du sol sur les roues avant sera négligé ;
- les roues arrière sont en liaison pivot d'axe (O_f, \vec{y}_f) par rapport au châssis du fauteuil ;
- les liaisons autres que les liaisons roue/sol sont considérées comme parfaites.

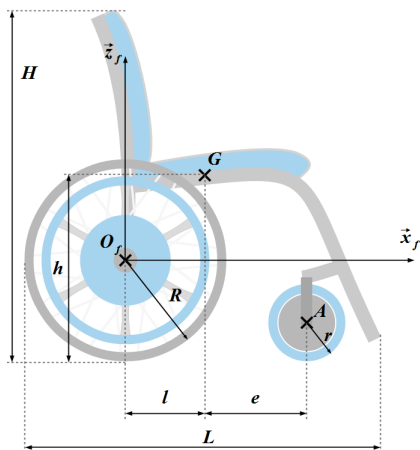


FIGURE 3 – Dimensions d'un fauteuil équipé de deux moteurs *ez-Wheel*

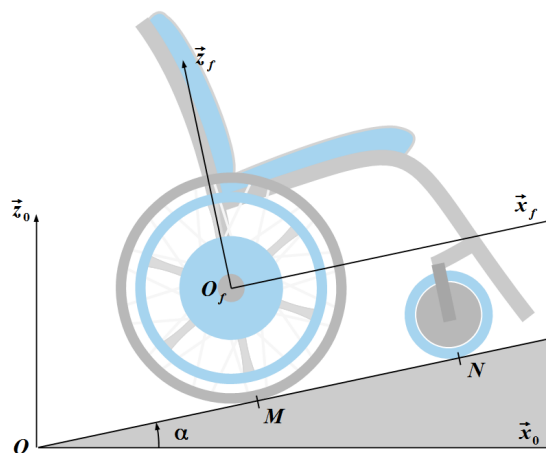


FIGURE 4 – Paramétrage de l'étude en phase de montée d'une pente

Les dimensions du fauteuil sont celles d'un fauteuil classique :

$$\begin{array}{llll}
 e = 400 \text{ mm} & h = 600 \text{ mm} & H = 1000 \text{ mm} & l = 200 \text{ mm} \\
 L = 1300 \text{ mm} & r = 150 \text{ mm} & R = 400 \text{ mm} &
 \end{array}$$

3 Travail demandé

Tout d'abord, nous allons vérifier que lorsque le moteur développe son couple maximal, les roues du fauteuil conservent l'adhérence et ne dérapent pas.

Question 1 Donner les expressions des torseurs des actions mécaniques transmissibles en faisant apparaître les composantes nulles et le repère choisi :

1. du sol sur le fauteuil au niveau de la roue avant $\{\mathcal{T}_{\text{sol} \rightarrow \text{roue avant}}\}$ au point N ,
2. du sol sur le fauteuil au niveau de la roue arrière $\{\mathcal{T}_{\text{sol} \rightarrow \text{roue arriere}}\}$ au point M ,
3. et du poids sur le fauteuil $\{\mathcal{T}_{\text{pes} \rightarrow \text{fauteuil}}\}$ au point G .

Question 2 Donner l'expression du moment dynamique de l'ensemble \mathbf{S} par rapport au repère R_0 au point G noté $\overrightarrow{\delta_{G \in \mathbf{S}/R_0}}$.

Question 3 En supposant que le contact entre les roues arrières et le sol se fait à la limite du glissement, écrire les trois équations scalaires du principe fondamental de la dynamique appliqué à l'ensemble \mathbf{S} en projection dans R_f au point G .

Question 4 En déduire l'accélération maximale du fauteuil $\ddot{x}(t)$ pour être à la limite du glissement. Faire l'application numérique pour une pente de béton mouillé de 12% ($f = 0,45$).

Question 5 En appliquant le théorème du moment dynamique à la roue arrière, déterminer l'expression du couple moteur C_m en fonction de l'accélération $\ddot{x}(t)$. Faire l'application numérique dans les conditions de limite de glissement.

Question 6 Pour cette valeur de C_m , déterminer l'expression littérale puis la valeur numérique de l'action mécanique du sol sur la roue avant. Conclure sur le comportement du fauteuil dans une telle configuration.

On suppose, pour la question suivante, que le contact entre les roues arrière et le sol se fait toujours avec frottement mais qu'il n'est plus à la limite de glissement. On suppose, de plus, que le couple moteur est de 70 N.m sur chacune des deux roues motorisées.

Question 7 Calculer l'accélération du fauteuil. Les moteurs, mis en place sur le fauteuil, permettent-ils de respecter les normes d'accès au bâtiment? Le fauteuil risque-t-il de basculer?