

Déambulateur robotisé RW

L'amélioration de la mobilité des personnes âgées ou rencontrant des troubles de la marche demeure un des enjeux majeurs de la recherche médicale en gériatrie (médecine de la vieillesse) et en assistance aux personnes à mobilité réduite.

Un dispositif d'assistance à la marche peut être prescrit lors de l'apparition de troubles de la locomotion.

Parmi les nombreux dispositifs proposés, la canne et le déambulateur demeurent les plus utilisés ; l'utilisation de la canne étant privilégiée lors de troubles mineurs ou n'affectant qu'une des deux jambes.

Les déambulateurs sont proposés lorsque l'assistance d'une canne demeure insuffisante, il est composé généralement d'une structure métallique offrant 4 appuis au sol supplémentaires.

Selon le modèle, le déambulateur peut offrir 2 ou 4 poignées (figure 1 (a) et (b)). D'autres modèles appelés "Rollator" incorporent des roues à l'avant afin de faciliter le déplacement de celui-ci en épargnant à l'utilisateur de le porter complètement (figure 1 (c) et (d)).



Figure 1 : (a) Déambulateur classique - (b) Déambulateur 4 poignées - (c) Rollator 2 roues – (d) Rollator 4 roues

Les déambulateurs robotisés (ou actifs) développés (figure 2), s'inspirent des rollators à 4 roues afin d'offrir un contrôle amélioré et une plus grande mobilité. Cette mobilité est parfois augmentée par l'utilisation de roues omnidirectionnelles.

Les déambulateurs actifs sont souvent équipés de plusieurs capteurs afin d'assurer différents services. Ainsi la détection de l'intention de l'utilisateur est assurée par l'utilisation de capteurs d'effort incorporés à leurs poignées.

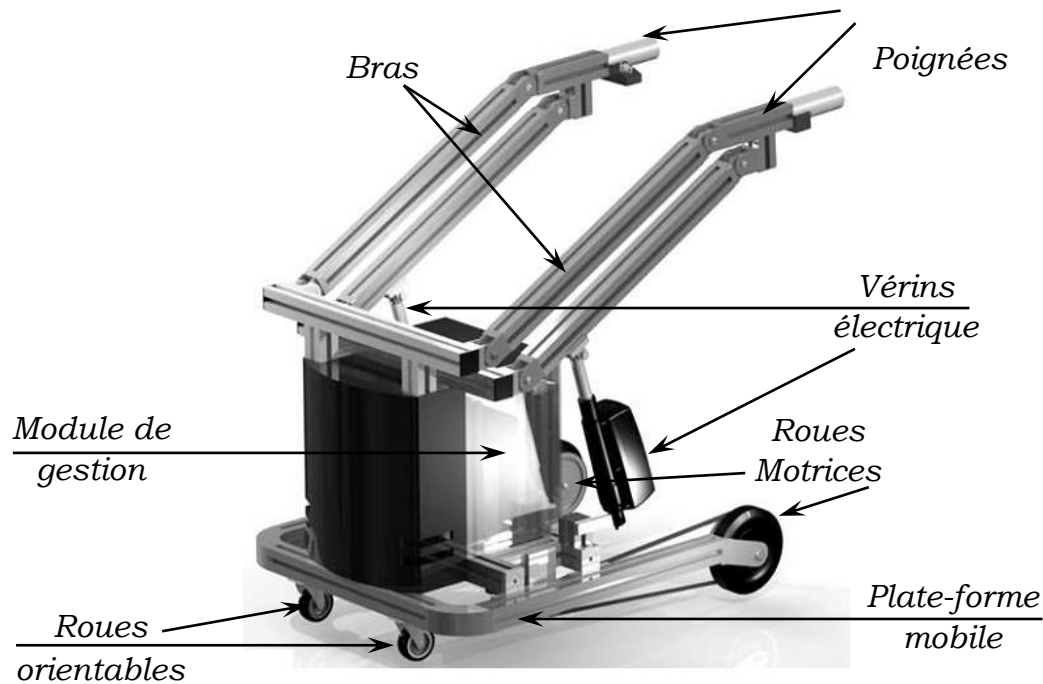


Figure 2 : Déambulateur robotisé

Afin de prendre en compte la volonté de l'utilisateur, le recours à des algorithmes de détection d'intention peuvent être mis en place, filtrant les informations parfois contradictoires (dus à la pathologie) fournies par le patient.

Différents niveaux d'assistance peuvent être proposés à l'utilisateur. L'assistance à la verticalisation, c'est-à-dire le passage de la station assise à la station debout, en plus de l'assistance à la marche.

La fonction d'assistance à la verticalisation est assurée par deux bras (gauche et droit). Ils sont articulés par rapport au châssis et motorisés par deux vérins électriques. Deux poignées (gauche et droite) articulées par rapport à chacun des deux bras assurent la prise en main du système.

Figure 3 : assistance à la verticalisation



La fonction d'assistance à la marche est assurée par une plate-forme mobile équipée de deux roues motrices, qui assurent la propulsion du robot, et par deux roues orientables, qui garantissent la stabilité de l'ensemble.

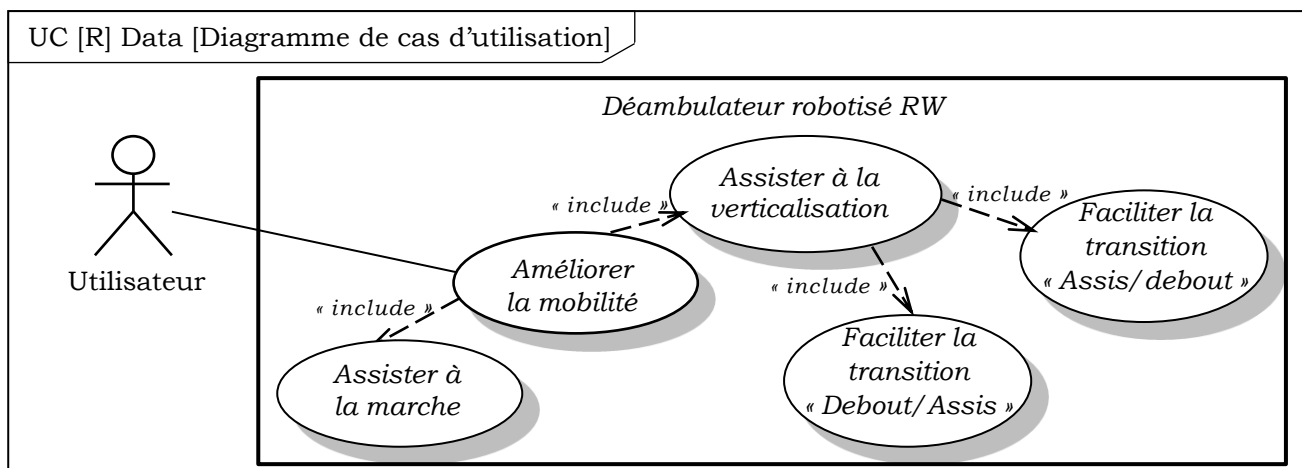


Figure 4 : Diagramme de cas d'utilisation

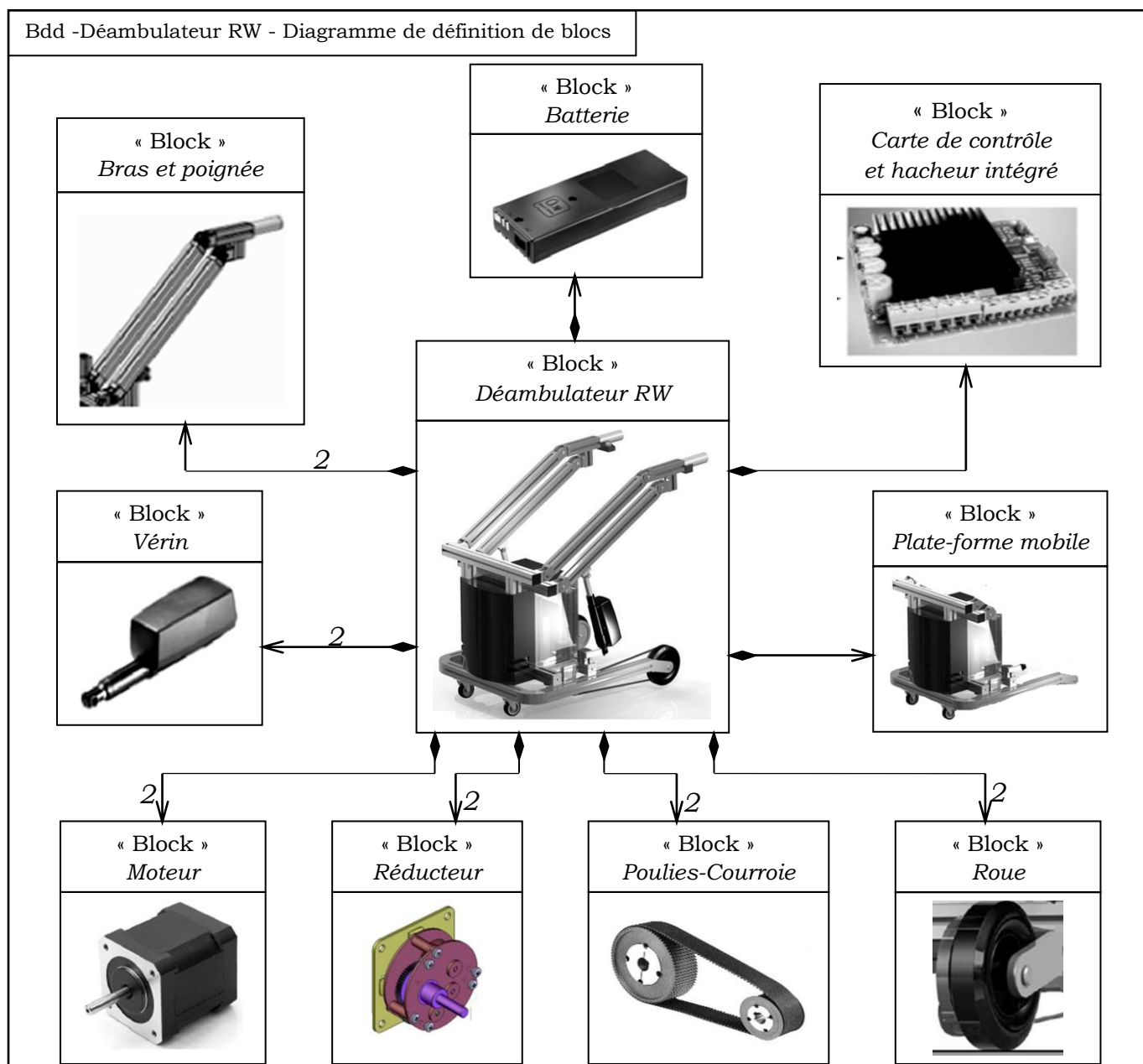
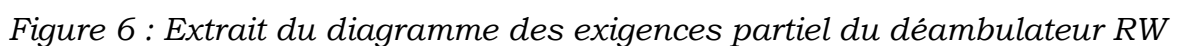


Figure 5 : Diagramme de définition de blocs partiel



Le schéma bloc de l'asservissement en vitesse du vérin est donné figure 19.

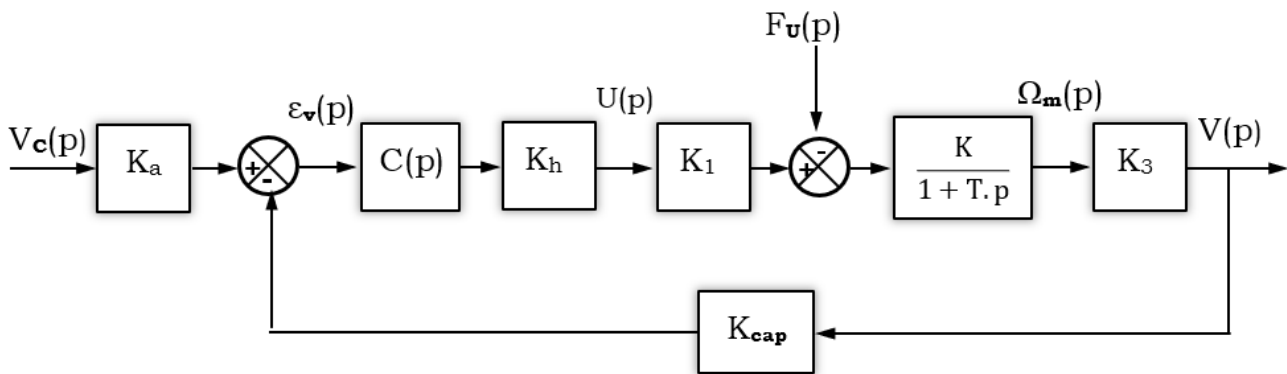


Figure 19 : Schéma bloc de l'asservissement en vitesse

Le schéma bloc de la figure 19 peut être ramené à un schéma bloc à retour unitaire figure 20.

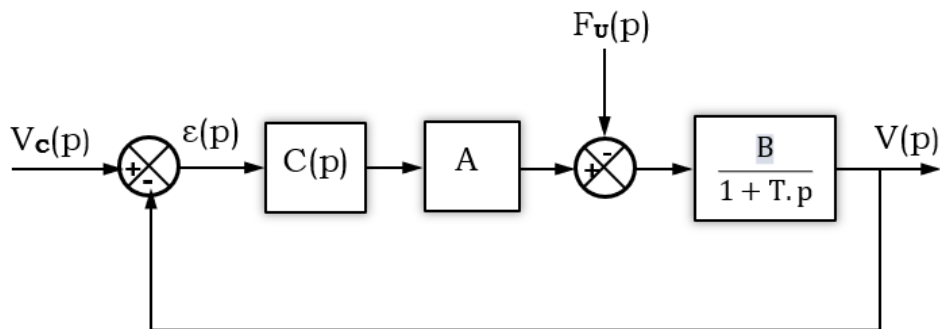


Figure 20 : Schéma bloc à retour unitaire

Analyse des performances :

Les performances à régler pour l'asservissement en vitesse du vérin du déambulateur sont indiquées sur le tableau ci-dessous.

Exigences	Critère	Niveau
Stabilité	Marge de phase	45° minimum
Amortissement	Dépassement	Aucun
Précision	Erreur statique	Nulle
Rapidité	Temps de réponse	0,5 s maximum

On donne : $C(p)=1$, $A=44$, $B=0,0075$ et $T=0,5$ (s).

Q27. Déterminer l'erreur statique pour un échelon de vitesse d'amplitude V_{co} et un effort de l'utilisateur F_{uo} . En déduire l'écart de vitesse entre les deux vérins gauche et droite dans le cas où $F_{ugauche} = 250(N)$ et $F_{udroite} = 100(N)$.

Pour respecter l'exigence de précision, on choisit un correcteur proportionnel intégral de fonction de transfert $C(p) = \frac{K_i}{p}$.

Q28. Donner l'erreur en régime permanent pour un échelon de vitesse d'amplitudes V_{co} et un échelon d'effort perturbateur F_{uo} . Conclure.

Q29. Déterminer l'expression littérale de la fonction de transfert en boucle ouverte $G_{BO}(p)$. Donner l'expression du gain K_{BO} .

Q30. Déterminer la valeur du gain du correcteur K_i permettant de satisfaire l'exigence de stabilité.

Q31. Déterminer l'expression et la valeur du gain du correcteur K_i permettant d'avoir le système le plus rapide sans dépassement.

L'abaque de la figure 21 permet de déterminer le temps de réponse à 5% d'un système du second ordre.

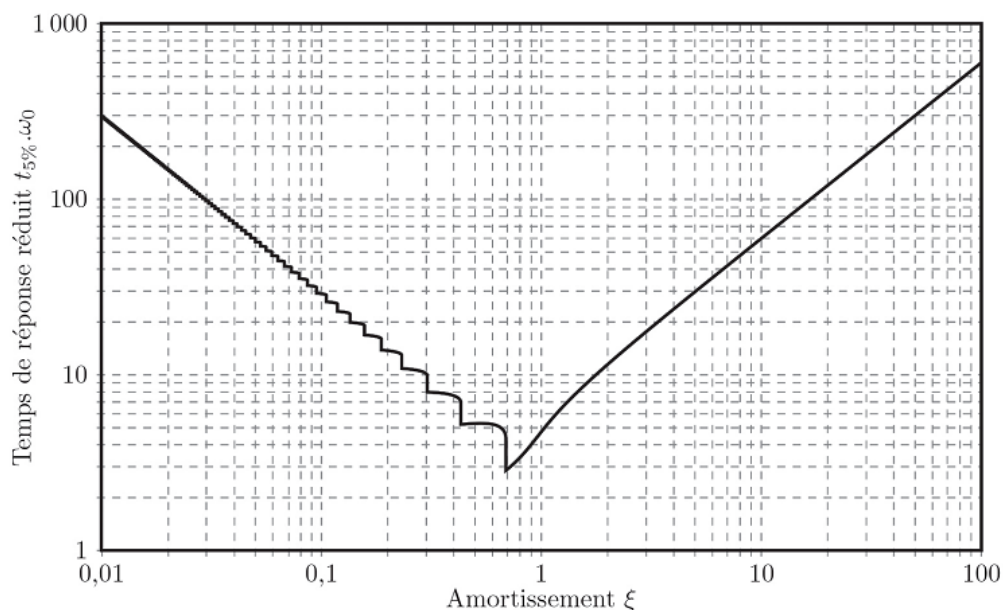


Figure 21 : Abaque du temps de réponse réduit d'un système du second ordre

Q32. En adoptant la valeur de de la question 31, conclure quant au respect des critères du cahier des charges.

Afin d'améliorer le comportement, on implante un correcteur Proportionnel Intégral ayant pour fonction de transfert $C(p) = K_i \cdot \frac{1+T_i \cdot p}{T_i \cdot p}$ avec $T_i = 0,5$ (s).

Q33. Déterminer le gain du correcteur permettant de satisfaire l'exigence de rapidité.

Q34. Les exigences de dépassement, de précision et de stabilité sont-elles respectées.

La figure 22 présente la réponse indicielle du système corrigé pour un échelon de vitesse d'amplitudes V_{co} et un échelon d'effort perturbateur F_{uo} .

Figure 22 : Réponse indicielle à un échelon de vitesse
 $V_{co} = 18 \text{ mm/s}$

