DS1

Durée 2 heures, calculatrices autorisées

Présentation du système - Analyse externe

Le Sys-Reeduc est destiné à aider à la rééducation des membres inférieurs chez les patients ayant été victime d'un accident. Ce système permet une rééducation active, ce qui signifie que l'on cherche à renforcer les muscles et la coordination musculaire. Elle est réalisée en boucle fermée: le patient ne se laisse pas conduire par le système mais résiste au mouvement proposé par la machine.

Les exercices en chaîne fermée permettent au patient de récupérer beaucoup plus rapidement. Le système Sys-Reeduc a l'avantage de proposer des exercices combinant la flexion de la jambe à la rotation du pied de manière à solliciter parfaitement les muscles souhaités.

Dans le cadre du fonctionnement du système, le kinésithérapeute peut aider à la rééducation des membres inférieurs du patient en agissant sur :

- la flexion – extension du genou ;
- la « vrille » de la cheville (rotation interne-externe).

Le système doit aussi permettre la flexion – extension de la cheville et s'adapter à la morphologie des patients. Enfin, le système ne doit pas blesser le patient.

Le système doit répondre (entre autres) aux exigences suivantes :

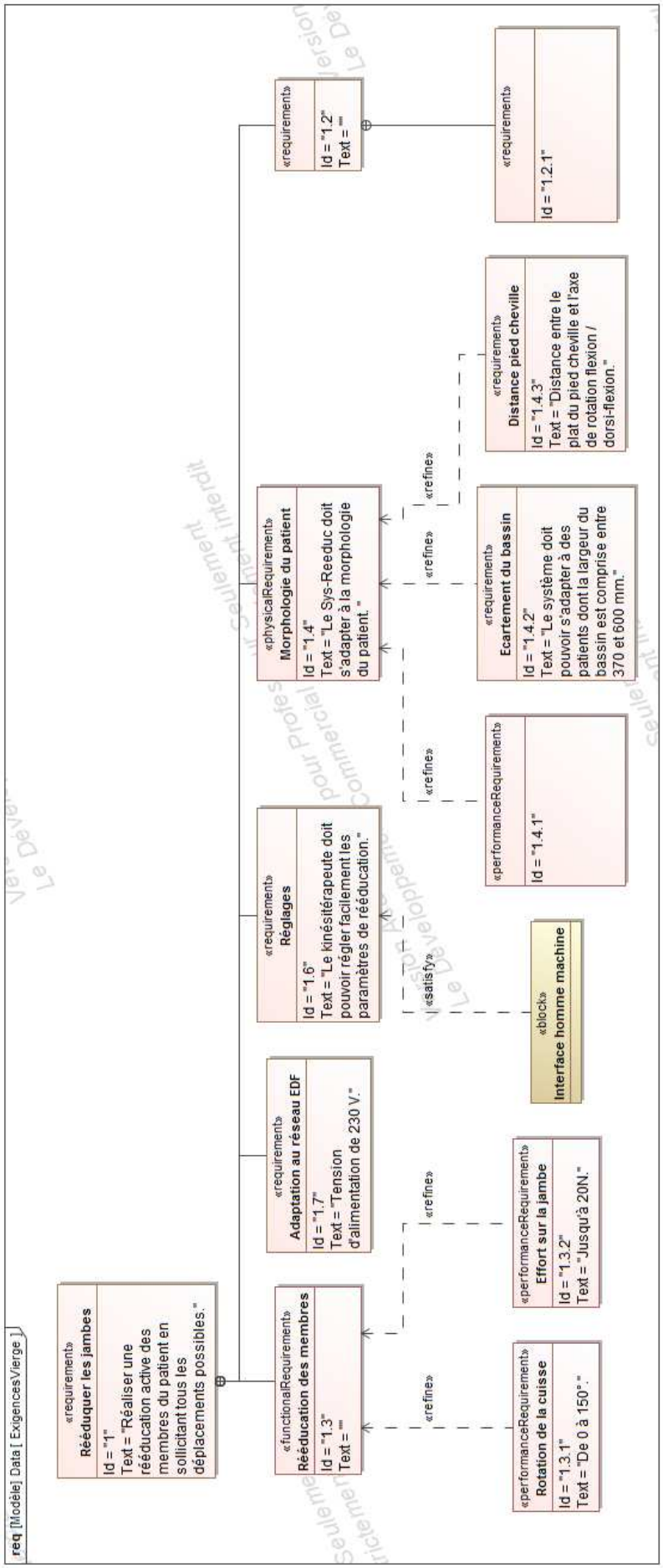
Fonctions	Critères	Niveaux
FS1 : permettre au kinésithérapeute de rééduquer les membres inférieurs du patient	angle de rotation de la cuisse effort du patient pilotage asservi du mouvement : • écart de position • rapidité	variant de 0 à 150° jusqu'à 20 N • nul • $t_{5\%}$ < 0,2 s
FS2 : s'adapter à la morphologie des patients	longueur de cuisse + jambe écartement du bassin	variant de 0,6 m à 1,2 m 370 mm à 600 mm
FS3 : ne pas blesser le patient	sécurité	bloquer le fonctionnement en fonction de la taille du patient

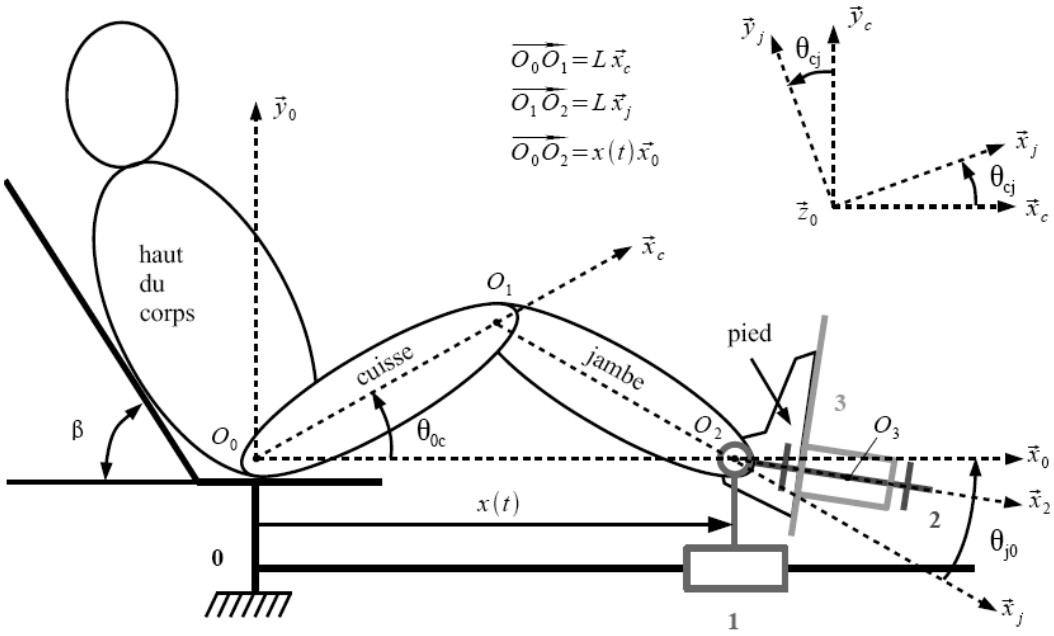
Tableau 1 : Cahier des charges partiel

Sur feuille de copie

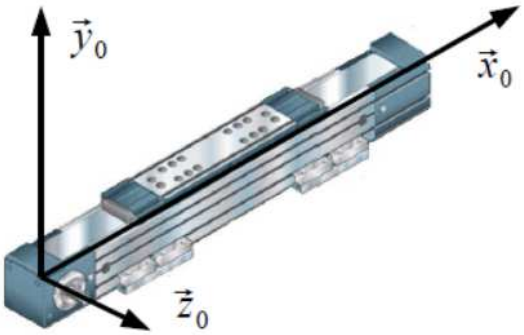
Question 1 *Proposer un diagramme des cas d'utilisation.*

Question 2 *Dans le diagramme des exigences partiel, compléter les exigences 1.2, 1.2.1, 1.3 et 1.4.1 du cahier des charges. (à faire sur feuille de copie)*

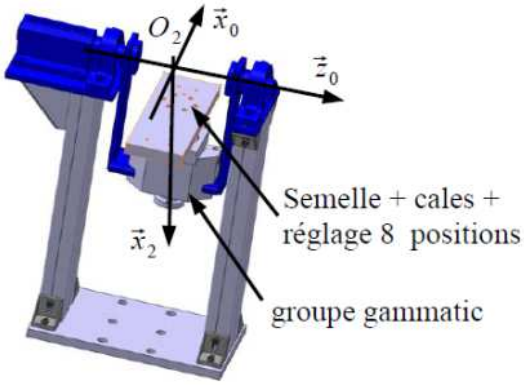

req [Modèle] Data [ExigencesVierge]
«requirement»
Rééduquer les jambes
Id = "1"
Text = "Réaliser une rééducation active des membres du patient en sollicitant tous les déplacements possibles."
«functionalRequirement»
Rééducation des membres
Id = "1.3"
Text = ""
«requirement»
Adaptation au réseau EDF
Id = "1.7"
Text = "Tension d'alimentation de 230 V."
«performanceRequirement»
Rotation de la cuisse
Id = "1.3.1"
Text = "De 0 à 150°."
«performanceRequirement»
Effort sur la jambe
Id = "1.3.2"
Text = "Jusqu'à 20N."
«requirement»
Réglages
Id = "1.6"
Text = "Le kinésitérapeute doit pouvoir régler facilement les paramètres de rééducation."
«block»
Interface homme machine
«satisfy»
«refine»
«refine»
«refine»
«refine»
«refine»
«performanceRequirement»
Id = "1.4.1"
«physicalRequirement»
Morphologie du patient
Id = "1.4"
Text = "Le Sys-Reeduc doit s'adapter à la morphologie du patient."
«requirement»
Ecartement du bassin
Id = "1.4.2"
Text = "Le système doit pouvoir s'adapter à des patients dont la largeur du bassin est comprise entre 370 et 600 mm."
«requirement»
Distance pied cheville
Id = "1.4.3"
Text = "Distance entre le plat du pied cheville et l'axe de rotation flexion / dorsi-flexion."
«requirement»
Id = "1.2"
Text = ""
«requirement»
Id = "1.2.1"



Liaison glissière entre le bâti 0 et le support 1



Composant Bosh-Rexroth



Support de pied - Groupe gammatic

La liaison glissière entre le support **1** et le bâti **0** est réalisée par le composant Bosh-Rexroth. Sa course est de 1,3 m. Cette liaison est associée à un moteur et à un réducteur permettant d'assurer une translation à une vitesse maximale de 2 m/s.

Ces valeurs permettent de travailler avec un profil de rééducation à faible charge ou avec un profil de rééducation sportif.

Un dispositif poulie-courroie permet de transformer la rotation en sortie du réducteur en translation du plateau supérieur.

Les deux modules linéaires sont montés sur des rails permettant d'ajuster leur écartement afin d'adapter le système à la morphologie de chaque utilisateur. Sa variation est comprise entre 370 et 600 mm.

La liaison entre les solides **1** et **2** est ajustable en profondeur (par un ensemble de cales) afin de pouvoir aligner positionner la cheville. Elle permet également le réglage de l'inclinaison du pied grâce à une tige de fixation à huit positions comprises entre -20° et 50°. Enfin, une fixation, qui n'est pas présentée ici, permet de maintenir le pied en contact avec le support mobile.

La liaison entre **2** et **3** (groupe gammatic) est motorisée pour permettre la rotation interne-externe du pied. Ainsi, le pied repose sur une semelle mise en rotation par un moteur-réducteur. Celui-ci permet d'engendrer un couple maximal de 20 N.m pour une vitesse maximale de 10 tour/s.

Les fréquences de rotation des deux motoréducteurs (utilisés pour actionner les liaisons **0** – **1** et **2** – **3**) sont mesurées à l'aide de codeurs incrémentaux permettant ainsi la mesure du déplacement *x (t)* et de l'angle de rotation entre les solides **2** et **3**. Des capteurs de fin de course situés sur les axes permettent d'arrêter l'exercice en cas de problèmes liés à la commande

(la position de ces capteurs est réglable pour s'adapter au patient). Deux capteurs d'efforts tridimensionnels permettent de mesurer les forces et couples appliqués par le patient sur la machine.

Ils permettent :

- d'évaluer l'efficacité, la performance et l'amélioration des aptitudes motrices ;
- de mesurer l'effort que le patient oppose au mouvement afin d'imposer un couple adapté sur les axes moteur.

Les moteurs sont alimentés par des variateurs électroniques pilotés par une carte de commande qui génère les lois de commande en fonction du retour des capteurs.
Le kinésithérapeute peut régler le système grâce à une interface homme/machine.

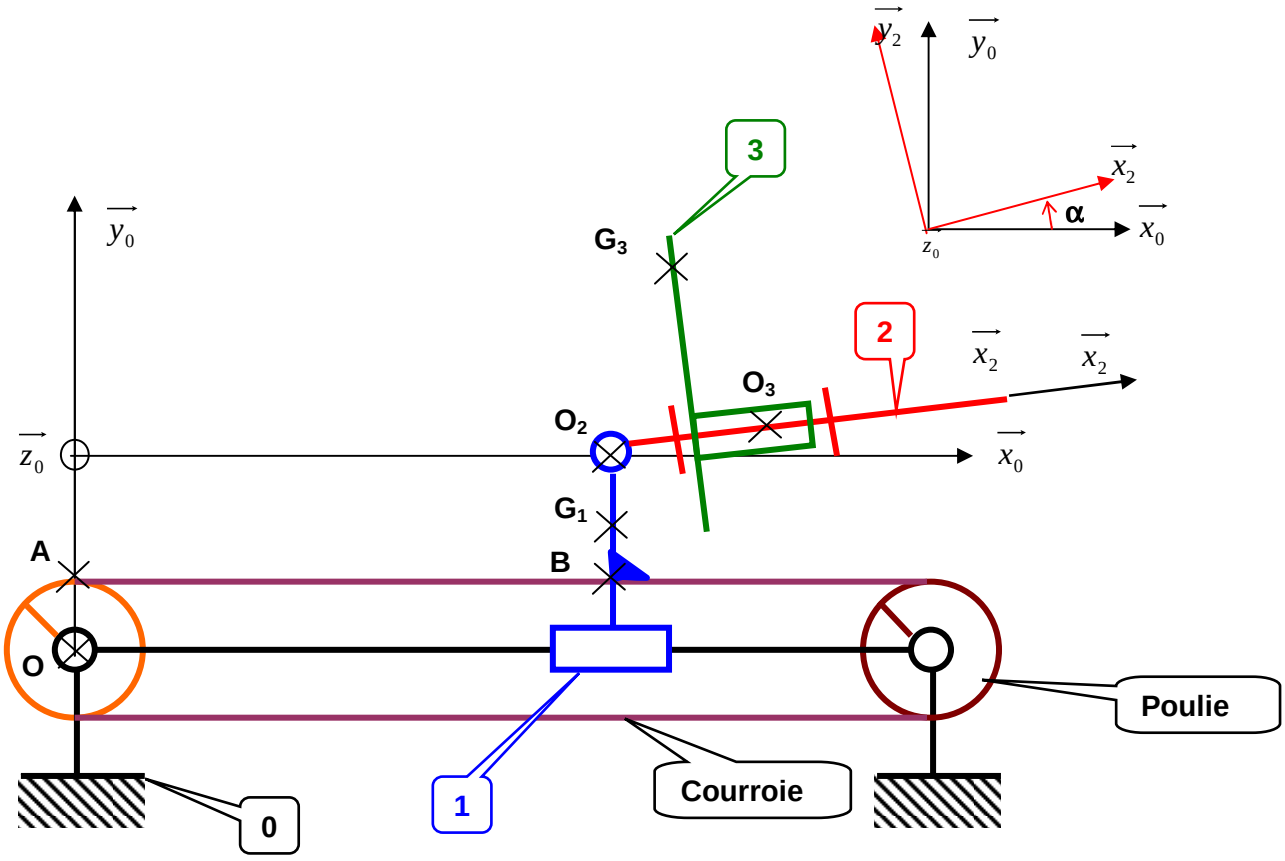
Répondre aux questions 3, 4, 5 en complétant le document réponse en fin d'énoncé.
Ne pas oublier de le joindre à la copie

Question 3: *Compléter le diagramme de définition des blocs.*

Question 4: *Compléter le diagramme de blocs interne.*

Question 5 *Compléter le diagramme chaîne d'information-chaîne d'énergie de la chaîne fonctionnelle associée à l'ensemble support 1*

Modèle cinématique du support de pied



Le support **1** est en mouvement de translation rectiligne de direction $\vec{x_0}$ avec le bâti **0**

On note G_1 le centre d'inertie du support mobile **1**, tel que $\overrightarrow{OG_1} = x(t).\vec{x_0} + a.\vec{y_0}$;

On a $\overrightarrow{OO_2} = x(t).\vec{x_0} + b.\vec{y_0}$ avec *b = 0,6 m*. Le support **2** est en mouvement de rotation d'axe $(O_2, \vec{z_0})$, avec $\alpha = (\vec{x_0}, \vec{x_2}) = (\vec{y_0}, \vec{y_2})$;

Le support de pied **3** est en liaison pivot d'axe $(O_2, \vec{x_2})$ avec le support intermédiaire **2**, l'angle de cette rotation est noté θ_{23} tel que $\theta_{23} = (\vec{y_2}, \vec{y_3}) = (\vec{z_2}, \vec{z_3})$

$\overrightarrow{O_2O_3} = e.\vec{x_2}$

On note G_3 le centre d'inertie du support **3**, tel que $\overrightarrow{O_2G_3} = c.\vec{x_2} + d.\vec{y_3}$ avec *c = 0,01 m* et *d = 0,05 m*.

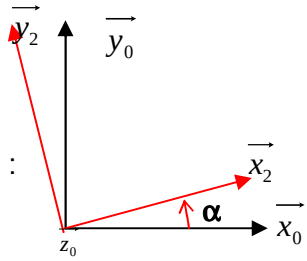
On limite l'étude suivante aux solides 0, 1, 2 et 3 (on ne tient pas compte du système d'entraînement du support par poulies courroies)

Question 6 : *Sur le schéma cinématique du document réponse, repasser chaque solide d'une couleur différente : bleu pour le solide 1, rouge pour le solide 2 , vert pour le solide 3.*

Question 7 : *Repérer les liaisons et les lister sur un graphe des liaisons.*

Question 8 : *Définir, puis tracer en bleu les trajectoires ,* $T_{O_2\in 1/0}$, $T_{G_3\in 1/0}$

Tracer en rouge les trajectoires, $T_{O_2\in 2/1}$, $T_{G_3\in 2/1}$, $T_{O\in 2/1}$,



Question 9 Exprimer les relations de changement de base des 4 vecteurs unitaires :
Exprimer $\vec{x}_2$ et $\vec{y}_2$ dans B_0 puis $\vec{x}_0$ et $\vec{y}_0$ dans B_2

Question 10 Déterminer les produits scalaires suivants
$\vec{z}_0.\vec{z}_2$, $\vec{x}_0.\vec{x}_2$, $\vec{x}_0.\vec{y}_2$, $\vec{x}_2.\vec{y}_0$, $\vec{x}_2.\vec{z}_0$

Question 11 Déterminer les produits vectoriels suivants
$\vec{z}_0 \wedge \vec{x}_2$, $\vec{x}_0 \wedge \vec{x}_2$, $\vec{x}_0 \wedge \vec{y}_2$, $\vec{y}_0 \wedge \vec{x}_2$, $\vec{x}_2 \wedge \vec{z}_0$

Question 12
R_0 $(O,\vec{x}_0,\vec{y}_0,\vec{z}_0)$ est le repère associé au solide 0
R_1 $(O_2,\vec{x}_1,\vec{y}_1,\vec{z}_1)$ est le repère associé au solide 1
Que peut on dire des bases B_0 et B_1

Les paramètres du problème sont : x(t), a, b, c, d, e, α(t),θ_{23}(t)

Question 13 Exprimer le vecteur $\overrightarrow{OO_3}$ en fonction du paramétrage proposé

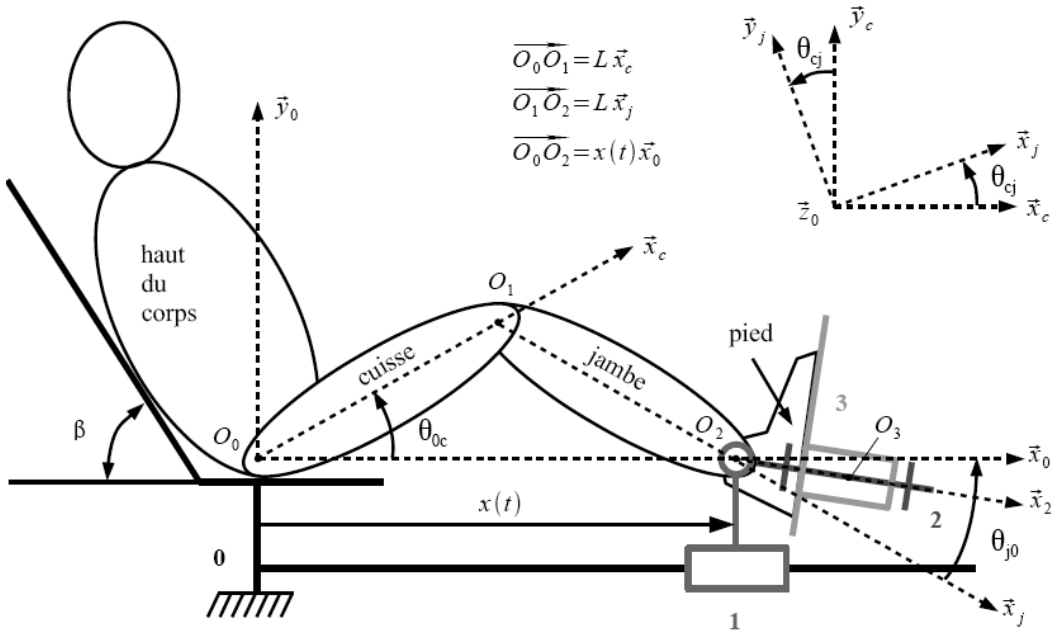
Question 14 Calculer la norme du vecteur $\overrightarrow{OO_3}$

Question 15 Construire la figure de changement de base permettant de passer de B_2 à B_3

Question 16 Exprimer le vecteur $\overrightarrow{OG_3}$ en fonction du paramétrage proposé
Exprimer ce vecteur dans la base B_0.
Calculer sa norme

Question 17 Calculer la vitesse du point O_3 lié au solide 1: $\overrightarrow{V_{O_3\in 1/0}}$

Question 18 Calculer la vitesse du point O_3 lié au solide 2: $\overrightarrow{V_{O_3\in 2/0}}$



Question 19 A partir de la figure ci-dessus, écrire la relation vectorielle reliant $\overrightarrow{O_0O_1}$, $\overrightarrow{O_1O_2}$, *et* $\overrightarrow{O_0O_2}$

En projetant cette relation sur l'axe $\overrightarrow{x_0}$, trouver une relation permettant d'exprimer x(t) en fonction des paramètres du problème

En projetant cette relation sur l'axe $\overrightarrow{y_0}$, trouver une relation entre les paramètres du problème
A partir du triangle ($O_0O_1O_2$), trouver une relation reliant θ_{0c} et θ_{j0}

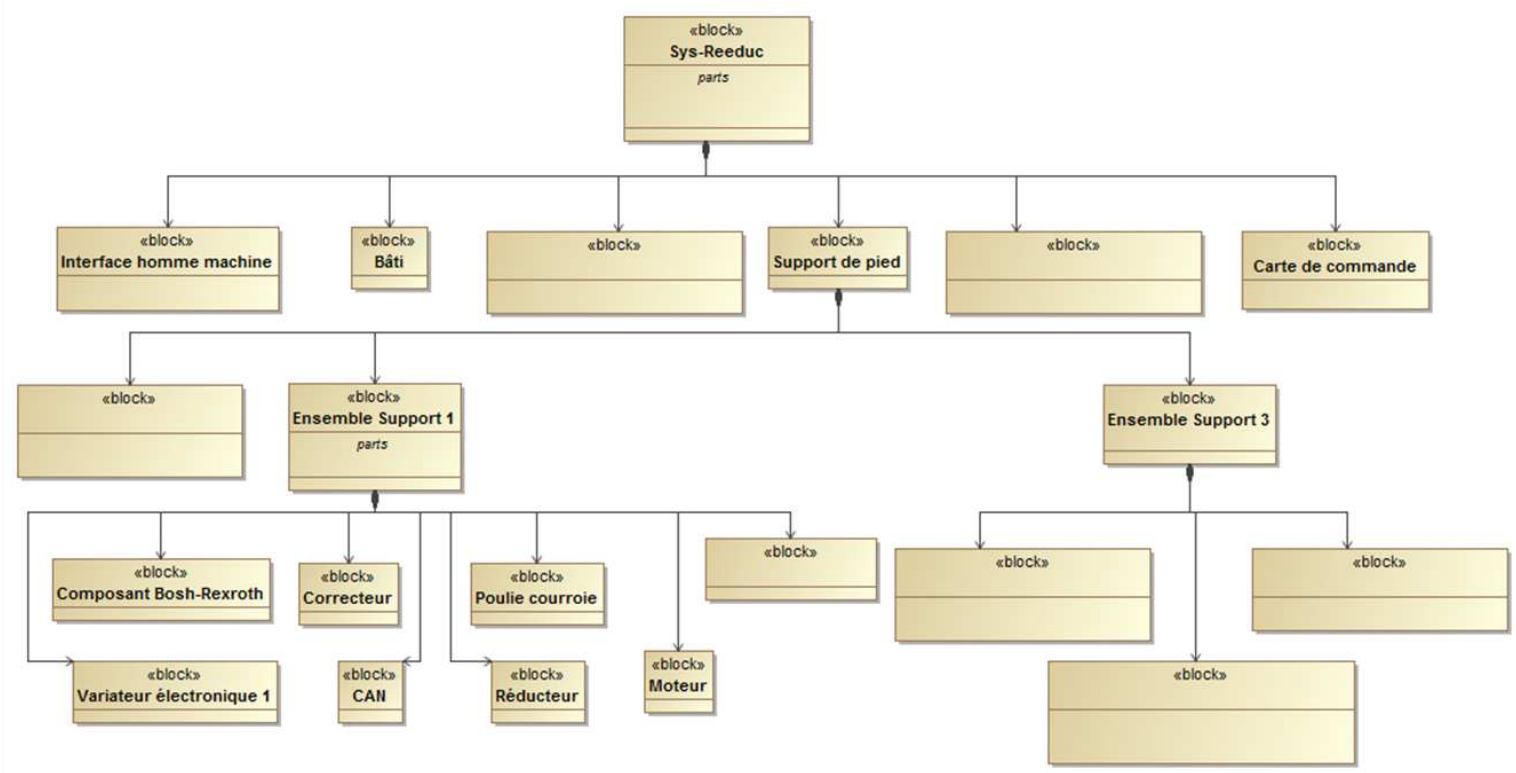
En déduire une relation simplifiée pour l'expression de x(t) en fonction des paramètres du problème

Question 20
Proposer une représentation en perspective et en couleur (1 couleur pour chaque solide) pour les liaisons entre **0** et **1** puis entre **1** et **2**
Vous préciserez quel mode de perspective (cavalière ou isométrique) vous avez utilisé

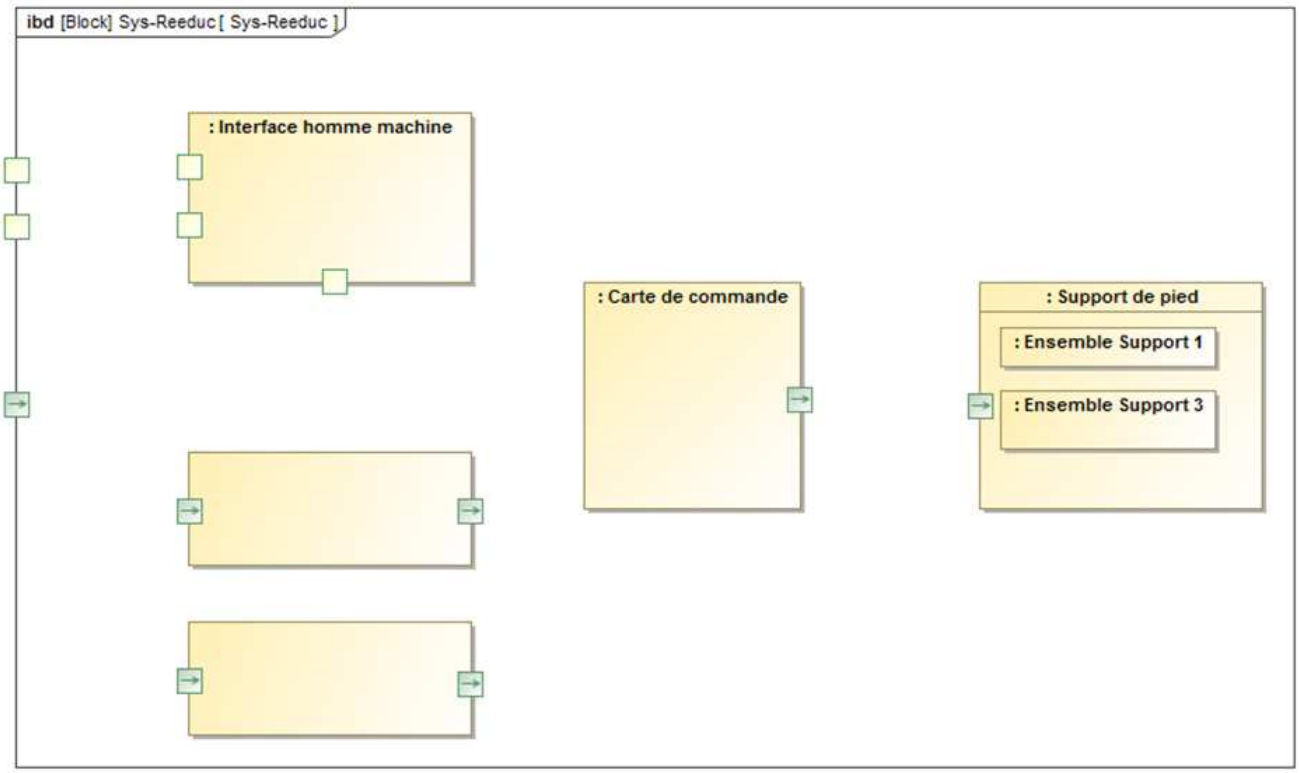
Document réponse

NOM :

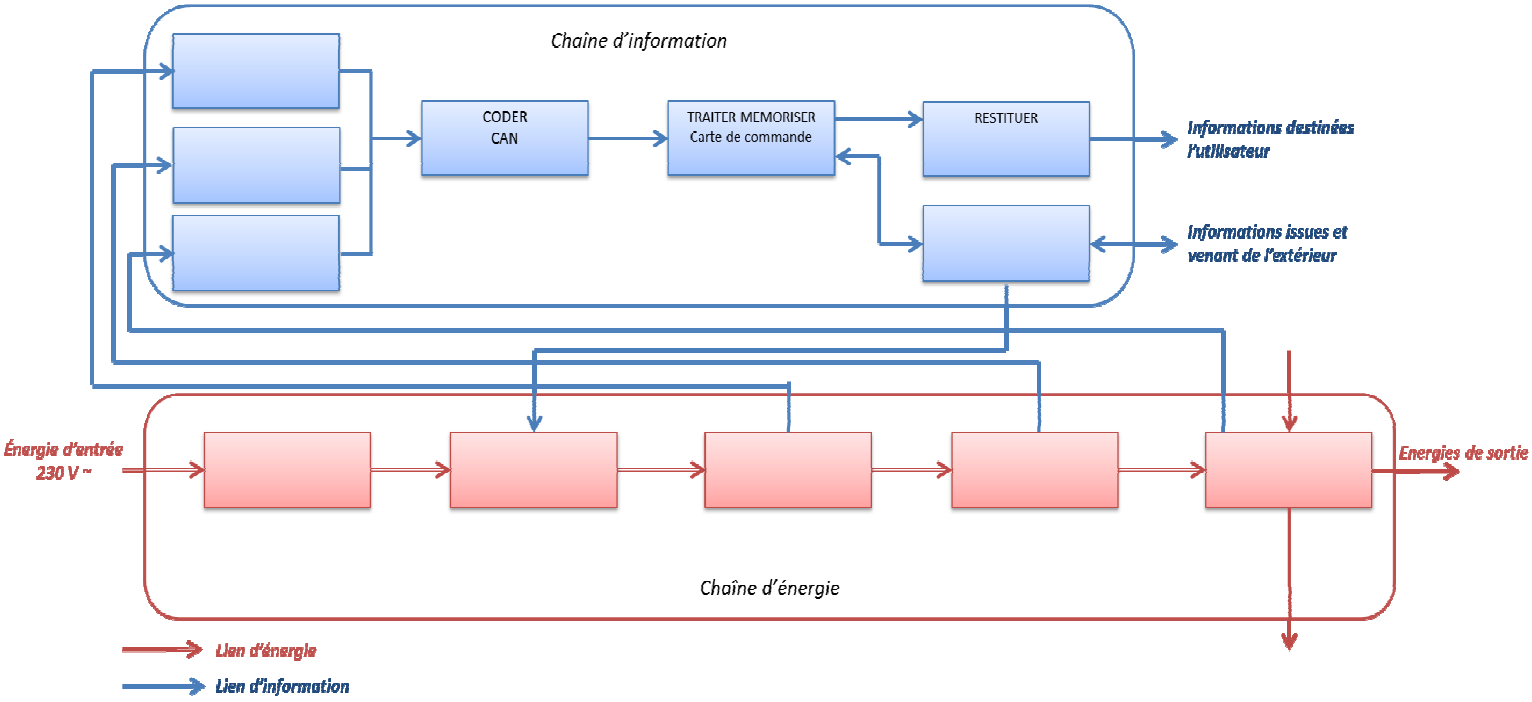
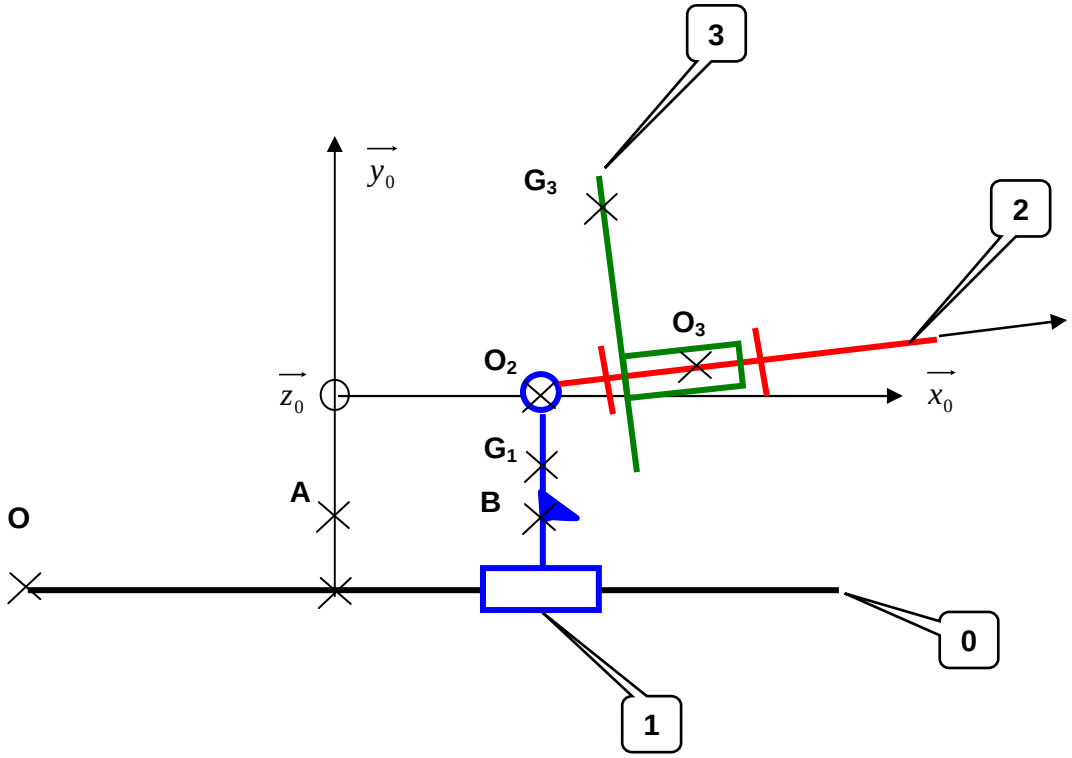
Question 3:



Question 4:



Question 5



Question 6