DS1

Consignes

- Copies propres et bien présentées: encadrer vos résultats, souligner les applications numériques (avec une règle bien sûr)...
- Uniquement la calculatrice est autorisée.
- Les exercices sont indépendants.
- Ne pas oublier de rendre les Documents Réponses (DR) (sans le reste du sujet), avec vos noms. Même s'ils ne sont pas remplis.

Table des matières

1 Piano numérique 2

2 Changements de base 2

2.1 Savoir réaliser une figure de changement de base 2

2.2 Savoir utiliser une figure de changement de base 2

3 Actionneur fusée VEGA 3

4 Manège de fête foraine 4

4.1 Présentation 4

4.2 Commander l'élévation du manège 4

4.2.1 Étude cinématique du système d'élévation 4

5 Moteur hydraulique 5

6 Robot à câbles RC-4 5

1 | Piano numérique

Un piano numérique est un instrument électronique conçu pour reproduire le son et le toucher d'un piano acoustique. Contrairement au piano classique, il n'a pas de cordes, les sons sont générés numériquement via l'appui sur les touches noires comme les blanches.
Il est généralement plus léger, moins encombrant et plus abordable qu'un piano acoustique même s'il nécessite une alimentation électrique. En revanche, le piano classique offre une richesse acoustique et une résonance naturelle que les modèles numériques, même très avancés, n'égalent pas totalement.



Question 1 : Compléter le diagramme de définition des blocs du document réponse 1 pour les blocs sans nom.

2 | Changements de base

2.1 Savoir réaliser une figure de changement de base

Question 2 : Réaliser les figures de changement de base pour les transformations définies ci-dessous.

$$(\vec{x_0},\vec{y_0},\vec{z_0}) \xrightarrow[\theta]{\vec{y_0}} (\vec{x_1},\vec{y_0},\vec{z_1})$$

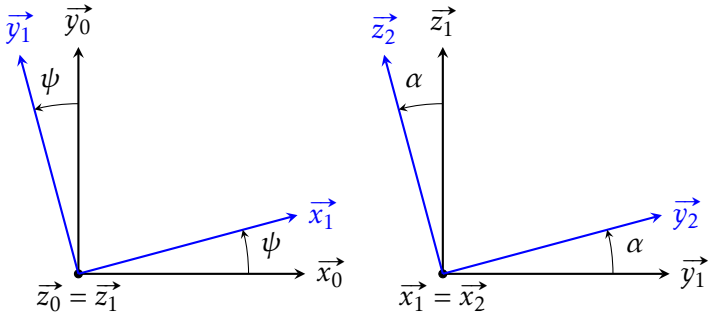
C'est à dire $\theta = (\vec{x_0},\vec{x_1}) = (\vec{z_0},\vec{z_1})$.

$$(\vec{x_1},\vec{y_1},\vec{z_1}) \xrightarrow[\beta]{\vec{x_1}} (\vec{x_2},\vec{y_2},\vec{z_2})$$

C'est à dire $\beta = (\vec{y_1},\vec{y_2}) = (\vec{z_1},\vec{z_2})$.

2.2 Savoir utiliser une figure de changement de base

Cette partie est indépendante de la précédente.



Question 3 : Exprimer les vecteurs de la base $\mathcal{B}_1 = (\vec{x_1},\vec{y_1},\vec{z_1})$ dans la base $\mathcal{B}_0 = (\vec{x_0},\vec{y_0},\vec{z_0})$.

Question 4 : Exprimer $\vec{z_2}$ dans la base $\mathcal{B}_0 = (\vec{x_0},\vec{y_0},\vec{z_0})$.

Question 5 : *Calculer*, ou lire, les produits scalaires suivants :

(a) $\vec{y_1}.\vec{y_0}$

(b) $\vec{x_2}.\vec{y_1}$

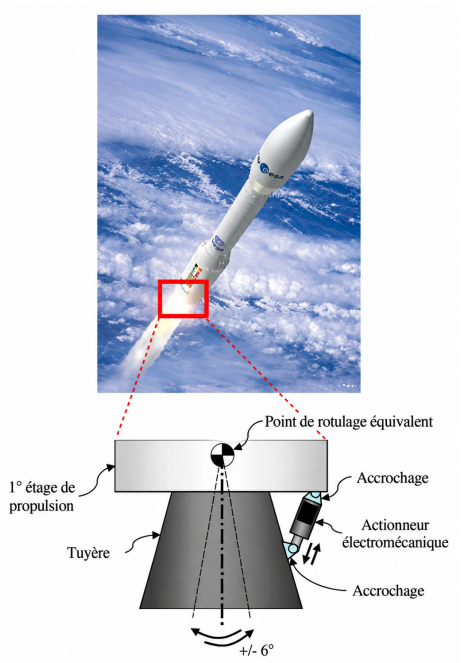
(c) $\vec{z_1}.\vec{x_0}$

(d) $\vec{z_2}.\vec{y_0}$

3 | Actionneur fusée VEGA

Le développement du lanceur européen VEGA a démarré en 1998 et s'est achevé en 2011. Ce projet répondait à une demande de mise en orbite basse et polaire, à coûts réduits, de satellites scientifiques ou d'observation de la terre, dont la masse peut aller jusqu'à 2000 kg. On s'intéresse ici à l'Actionneur ElectroMécanique (EMA) de la tuyère de cette fusée.

Lors du programme de développement, la minimisation des coûts s'est appuyée sur l'implémentation de technologies avancées déjà disponibles et l'utilisation des installations des lanceurs Ariane. Cependant certaines parties ont fait l'objet d'innovation comme le système de contrôle vectoriel de poussée (en Anglais : «< Thrust Vector Control ») du premier étage de propulsion P80. D'une longueur de dix mètres, le P80 est chargé de 88 tonnes de propergol solide. Ceci lui permet de disposer d'une poussée maximale de 3000 kN et d'un temps de combustion de 107 secondes. Afin de bien contrôler la trajectoire de la fusée il est indispensable d'orienter très rapidement et très précisément la tuyère du P80. Alors que sur Ariane 5 le pilotage vectoriel de la poussée est assuré par des dispositifs à source de puissance de hydraulique, sur le P80 cette tâche est assurée par des dispositifs à source de puissance électrique (en Anglais : « Power By Wire »>).



On donne sur la Figure 1 la structure du système de l'actionneur sous la forme d'un diagramme de définition de blocs.

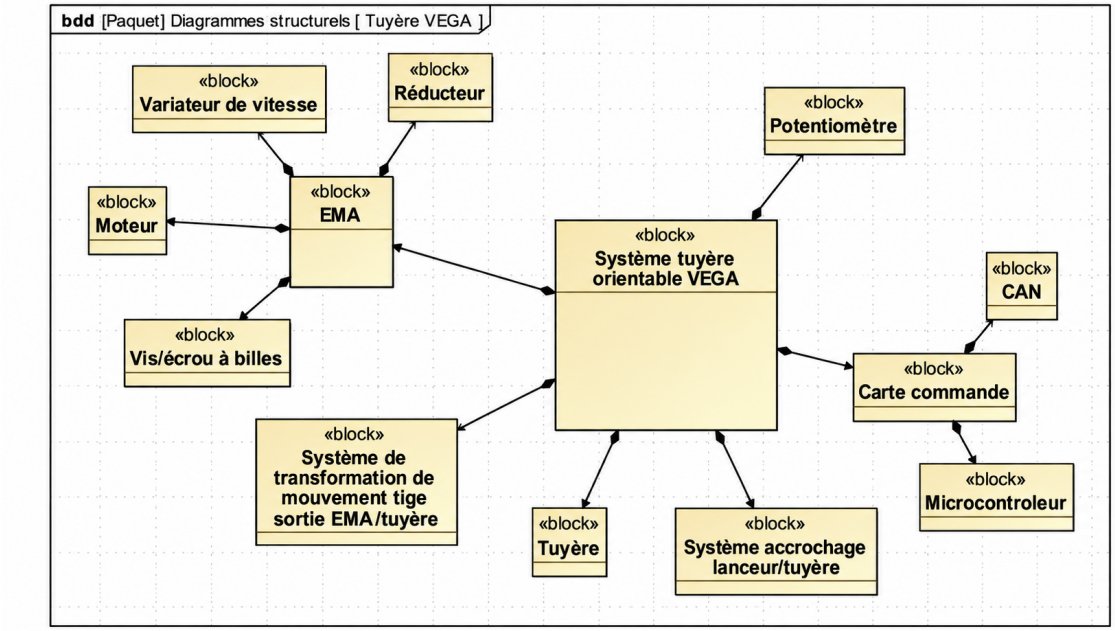


Figure 1 – Diagramme de définition des blocs

On donne sur le document réponse 2 le diagramme de bloc interne (ibd).

Question 6 : Sur le diagramme de bloc interne du document réponse 2, colorier en rouge les flux correspondants à l'énergie électrique de puissance, en bleu les flux correspondants à l'énergie mécanique de puissance et en vert les flux correspondants à l'énergie électrique d'information. *Il peut rester des traits en noir.*

Question 7 : Compléter sur le document réponse 3, les chaînes fonctionnelles du système tuyère orientable VEGA.

4 | Manège de fête foraine

4.1 Présentation

Le manège considéré est du même type que celui représenté ci-contre. Ce type d'attraction a pour but de faire subir aux passagers des accélérations qui ne leur sont pas familières. Les nacelles, transportant les amateurs de sensations, sont suspendus par le haut et peuvent basculer de gauche à droite. Une piste circulaire bosselée (dos d'âne) déplace les nacelles verticalement. Les effets psychologiques des accélérations varient selon leur intensité, leur durée, leur direction et leur sens d'application.



4.2 Commander l'élévation du manège

4.2.1 Étude cinématique du système d'élévation

Pour obtenir les accélérations verticales $\ddot{\lambda}$ du bras S_2, celui-ci est en contact avec une piste bosselée. Ceci permet de relier le mouvement de translation λ du bras à la rotation du corps du manège α. Le système d'entraînement du manège est défini sur le schéma cinématique Figure 2.

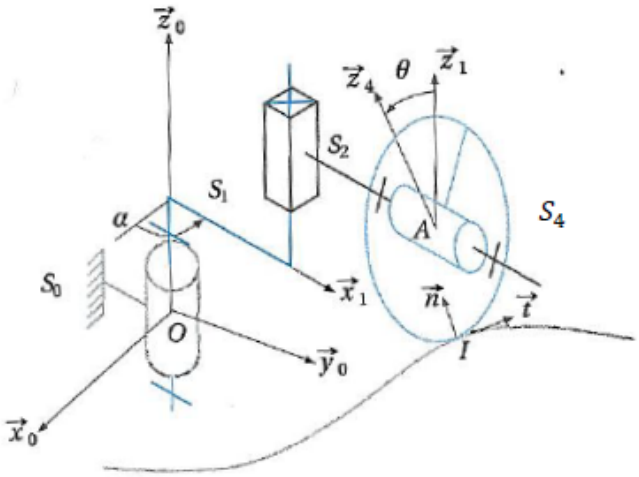


FIGURE 2 – Schéma cinématique du système d'élévation

La roue S_4, en liaison pivot autour de l'axe $(A,\vec{x_1})$ avec le bras S_2, roule sur la piste au point de contact noté I. On note $\theta = (\vec{z_1},\vec{z_4}) = (\vec{y_1},\vec{y_4})$ l'angle de rotation de la roue. On pose $\vec{n}$ la normale à la surface de contact et $\vec{t}$ la tangente au contact. On note $\gamma = (\vec{z_1},\vec{n}) = (\vec{y_1},\vec{t})$ l'angle entre la nor-

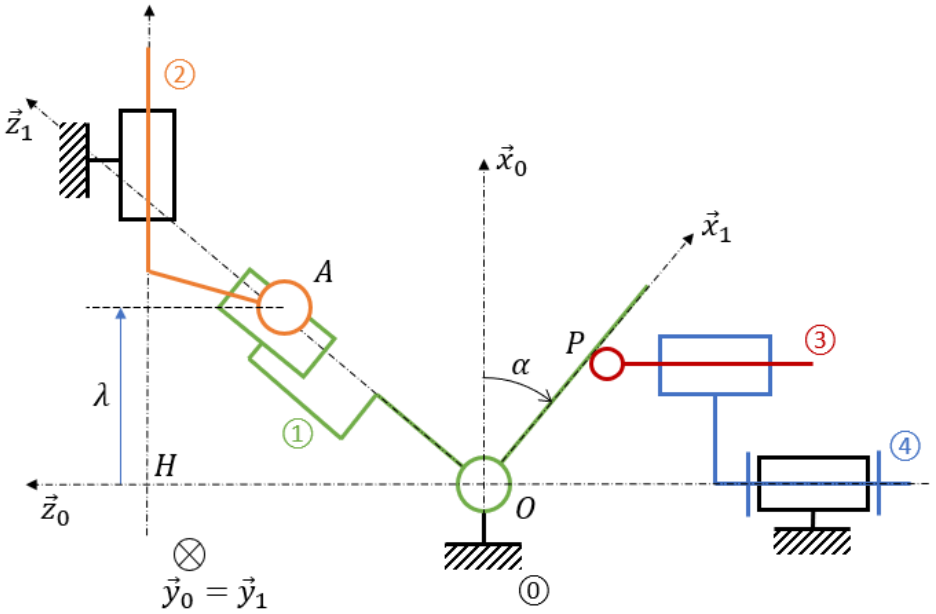
male au contact et la verticale. Les rotations θ et γ sont font donc par rapport à $\vec{x_1}$. On a également $\overrightarrow{OA} = L\vec{x_1} + \lambda\vec{z_0}$ et $\overrightarrow{IA} = R\vec{n}$.

Question 8 : Donner les figures de changement de base pour les angles θ, γ et α, ainsi que le graphe de liaison du système.

5 | Moteur hydraulique

On s'intéresse à un moteur hydraulique à piston dont la cylindrée variable est commandée par un vérin hydraulique.

Le déplacement des vérins 3 (un seul est représenté sur le schéma cinématique) génèrent la rotation de l'arbre moteur 4.
On commande le déplacement du vérin 2 qui génère la rotation du plateau 1 donc de l'angle α.



On pose :

$$\overrightarrow{OA} = \mu(t)\vec{z_1}; \overrightarrow{HA} = \lambda(t)\vec{x_0} - e\vec{z_0}; \overrightarrow{OH} = L\vec{z_0}; \alpha(t) = (\vec{z_0}, \vec{z_1}) = (\vec{x_0}, \vec{x_1})$$

Question 9 : Réaliser le graphe de liaison.

Question 10 : Réaliser le(s) figure(s) de changement de base.

Question 11 : Déterminer l'expression de λ en fonction de α, L et e.

Question 12 : Déterminer l'expression de μ en fonction de λ, L, et e.

6 | Robot à câbles RC-4

Le Robot à Câbles RC-4 utilise 4 organes flexibles reliés chacun à un enrouleur disposant de sa propre commande. Ces 4 câbles fonctionnent simultanément pour déplacer et orienter un Mobile dans un plan vertical. Ces câbles ne pouvant que « tirer » le Mobile, le défi est de garder tous les câbles tendus pour déplacer une charge avec vitesse et précision.

Dans cet exercice nous allons simplifier le problème. On se limite au pilotage de deux moteurs enroulant des câbles. Ces câbles soutiennent un Mobile **3** qui se déplace le long d'une plaque **0**. On

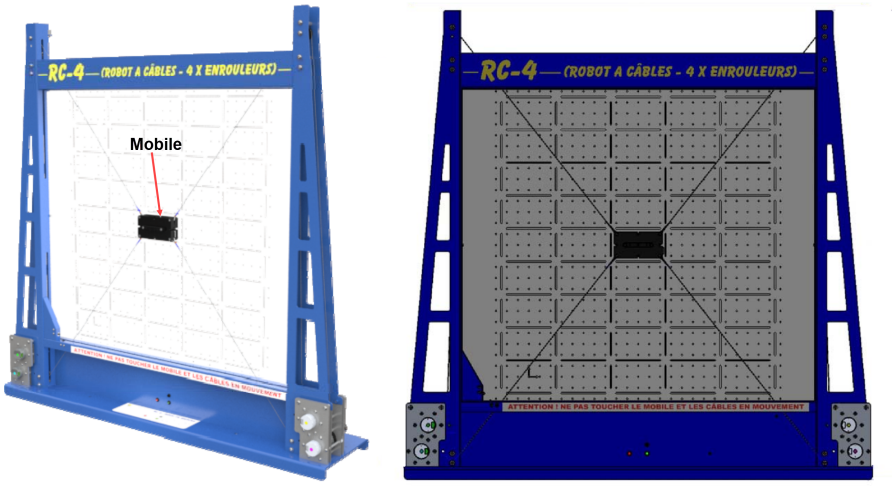


FIGURE 3 – Le RC-4 de la société DIDASTEL PROVENCE

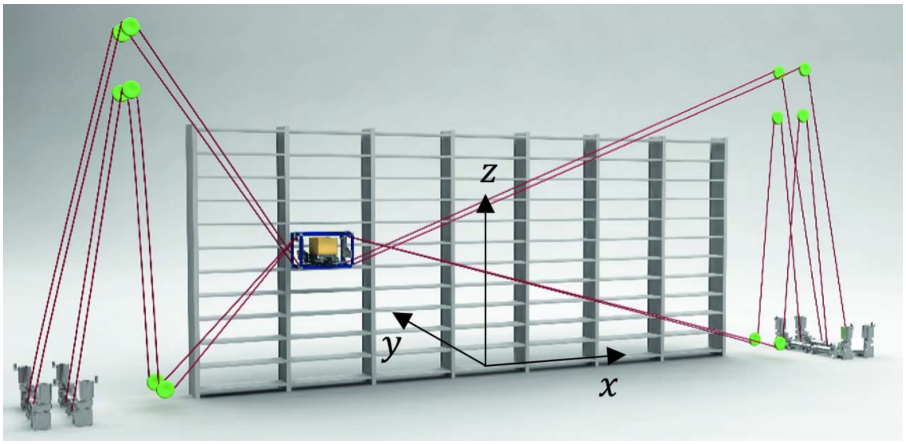


FIGURE 4 – Le robot LEAN de l'université de Duisburg-Essen dont s'inspire le robot RC-4

modélise les câbles par deux vérins.

On propose le schéma cinématique Figure 5, permettant d'établir les longueurs des câbles utiles à la gestion de la position et de l'orientation du Mobile :

On propose le paramétrage suivant :

- le repère $\mathcal{R}_0(A, \vec{x_0}, \vec{y_0}, \vec{z_0})$ lié à la plaque **0** avec $\overrightarrow{AD} = L\vec{x_0}$;
- le repère $\mathcal{R}_1(A, \vec{x_1}, \vec{y_1}, \vec{z_0})$ lié à la tige de vérin **1** avec $\theta_{10}(t) = (\vec{x_0}, \vec{x_1}) = (\vec{y_0}, \vec{y_1})$;
- le repère $\mathcal{R}_2(B, \vec{x_1}, \vec{y_1}, \vec{z_0})$ lié au corps du vérin **2** avec $\overrightarrow{AB} = \lambda_1(t)\vec{x_1}$;
- le repère $\mathcal{R}_5(D, \vec{x_5}, \vec{y_5}, \vec{z_0})$ lié à la tige de vérin **5** avec $\theta_{50}(t) = (\vec{x_0}, \vec{x_5}) = (\vec{y_0}, \vec{y_5})$;
- le repère $\mathcal{R}_4(C, \vec{x_5}, \vec{y_5}, \vec{z_0})$ lié au corps du vérin **4** avec $\overrightarrow{CD} = \lambda_5(t)\vec{x_5}$;
- le repère $\mathcal{R}_3(B, \vec{x_3}, \vec{y_3}, \vec{z_0})$ lié au Mobile **3** avec :
  - $\theta_{30}(t) = (\vec{x_0}, \vec{x_3}) = (\vec{y_0}, \vec{y_3})$;
  - $\theta_{31}(t) = (\vec{x_1}, \vec{x_3}) = (\vec{y_1}, \vec{y_3})$;
  - $\theta_{53}(t) = (\vec{x_3}, \vec{x_5}) = (\vec{y_3}, \vec{y_5})$;
  - $\overrightarrow{BC} = a\vec{x_3}$;

L'objectif ici et de trouver un système d'équations qui permette de déterminer les longueurs $\lambda_1(t)$

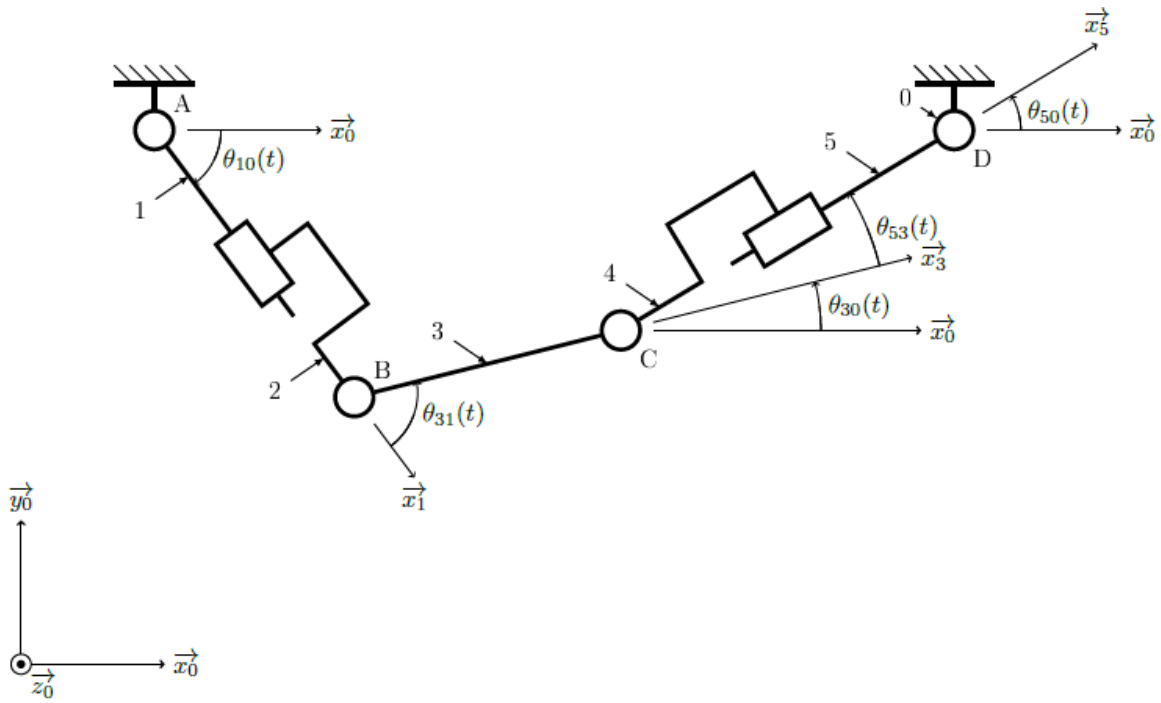


FIGURE 5 – Schéma cinématique du RC-4

et $\lambda_5(t)$.

Question 13 : Réaliser le graphe de liaison du système. Ne pas oublier de correctement spécifier les liaisons.

Question 14 : Réaliser une figure de changement de base, ou figure de calcul, représentant les angles $\theta_{10}(t)$, $\theta_{31}(t)$ et $\theta_{30}(t)$. En déduire une relation entre ces angles.

Question 15 : Réaliser une figure de changement de base, ou figure de calcul, représentant les angles $\theta_{50}(t)$, $\theta_{53}(t)$ et $\theta_{30}(t)$. En déduire une relation entre ces angles.

Question 16 : Écrire la fermeture angulaire (somme d'angle égale à zéro) et en déduire une relation entre θ_{10}, θ_{31}, θ_{53} et θ_{50}.

Question 17 : Écrire la fermeture géométrique du système et en déduire les deux équations scalaires associées par projection dans la base $\mathcal{B}_0$ reliant $\lambda_1(t)$, a, $\lambda_5(t)$, L, θ_{10}, θ_{30} et θ_{50}.

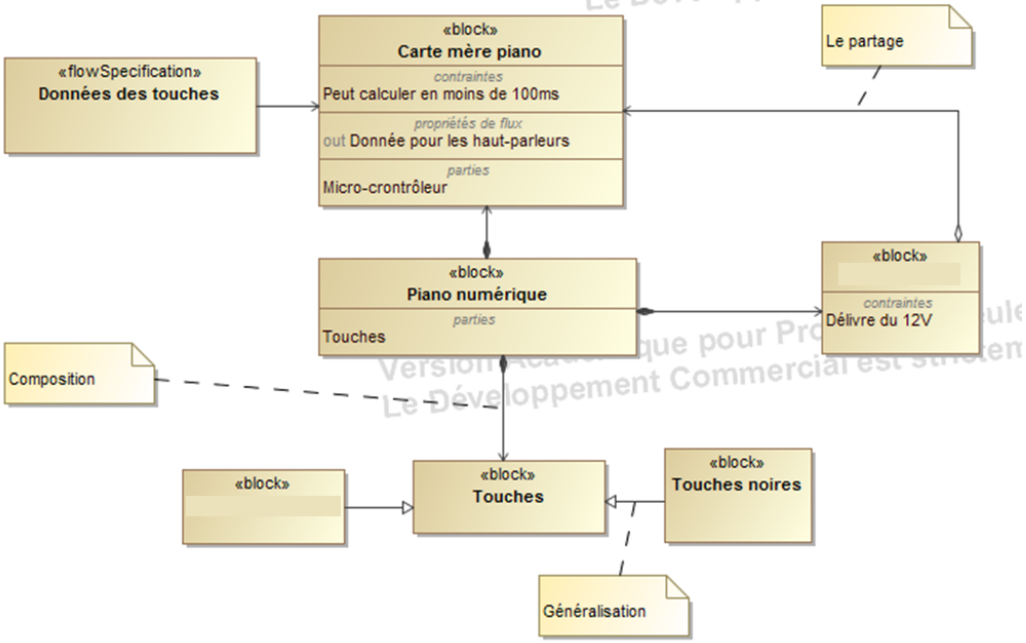
Afin de positionner simplement le Mobile **3** par rapport à la plaque **0** on ajoute ce paramétrage : $\overrightarrow{AB} = x(t)\overrightarrow{x_0} + y(t)\overrightarrow{y_0}$.

Question 18 : Exprimer $\overrightarrow{AB} = \lambda_1(t)\overrightarrow{x_1}$ dans la base $\mathcal{B}_0$, sachant que $\overrightarrow{AB} = x(t)\overrightarrow{x_0} + y(t)\overrightarrow{y_0} = \lambda_1(t)\overrightarrow{x_1}$ en déduire deux relations entre $x(t)$, $y(t)$, $\lambda_1(t)$ et θ_{10}.

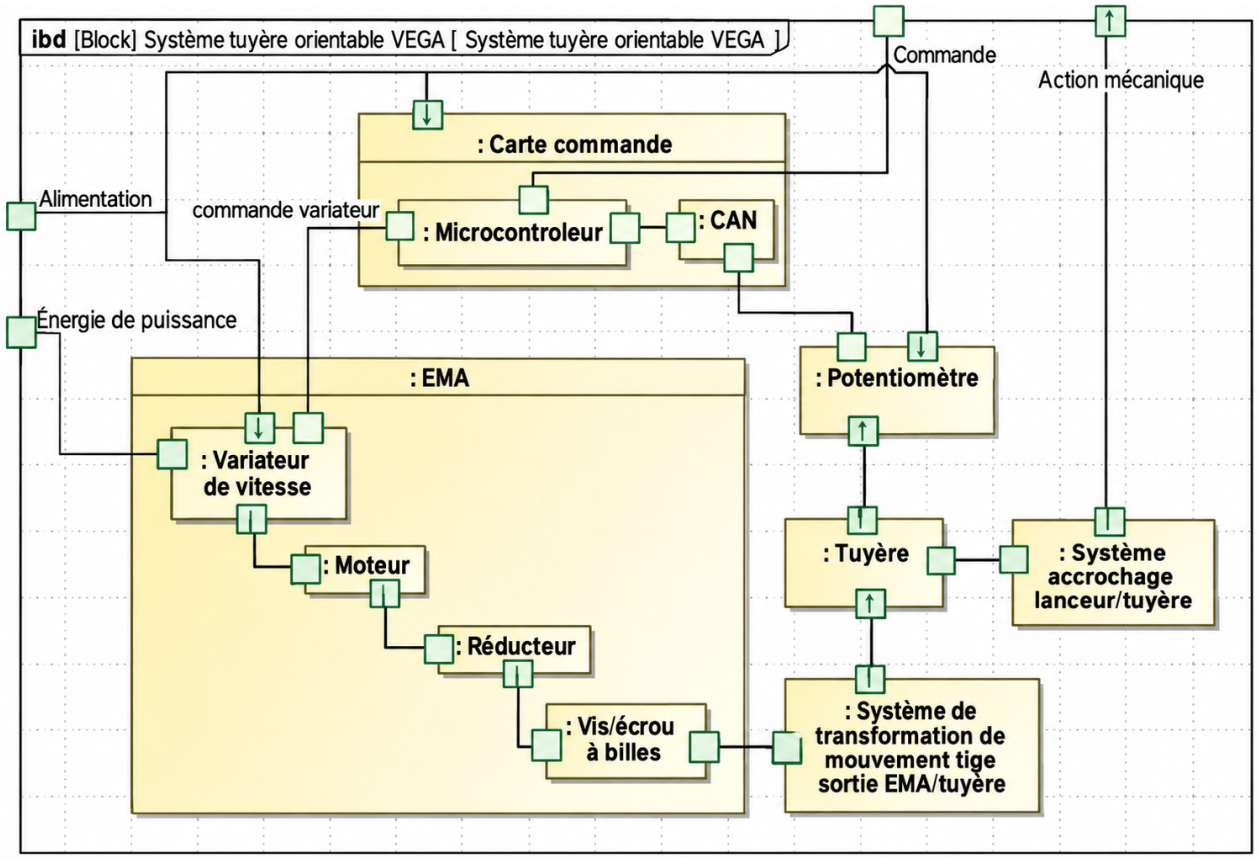
Question 19 : Exprimer l'angle θ_{50} en fonction de a, θ_{30}, L, $x(t)$ et $y(t)$.

Nom Prénom :

Document Réponse 1 — Piano numérique — Q. 1



Document Réponse 2 — Actionneur de fusée VEGA — Q. 6



Document Réponse 3 — Actionneur de fusée VEGA — Q. 7

