

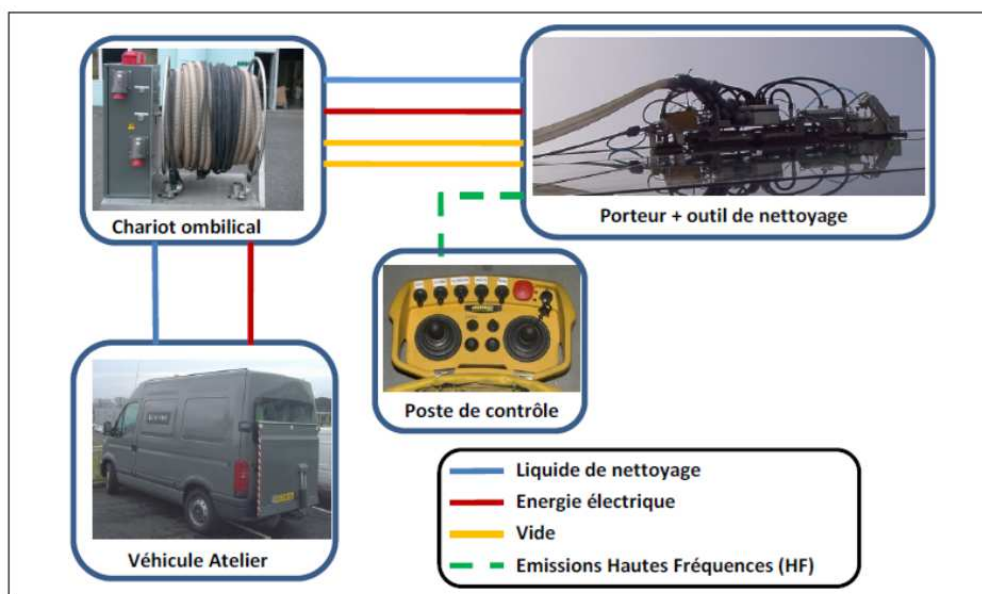
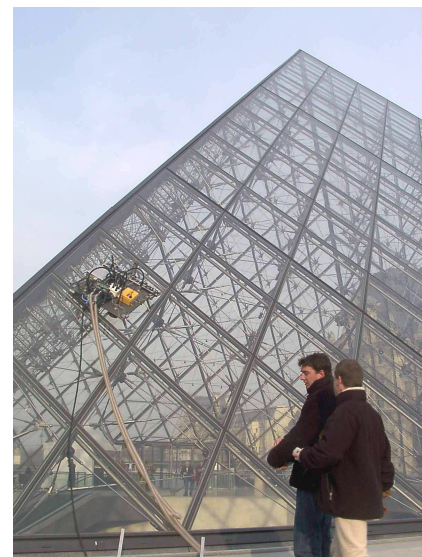
SUPPORT DE L'ANNÉE - PARTIE 1 : ROBUGLASS

1 Présentation du système complet

La société ROBOSOFT a développé un robot devant assurer de manière automatisée l'entretien de la pyramide du Louvre sans nécessiter l'intervention (difficile et périlleuse) des opérateurs directement sur l'édifice.

Grand édifice de verre et d'acier (20 mètres de hauteur pour 35 mètres de côté), la pyramide du Louvre est emblématique du musée à plus d'un titre puisqu'elle constitue également son entrée principale, son état doit donc être irréprochable.

Le robot dénommé ROBUGLASS, développé par la société ROBOSOFT, s'inspire des machines utilisées pour le lavage des sols utilisant une brosse tournante et un dispositif de raclage. La forte déclivité des faces de la pyramide, les surfaces glissantes sur lesquelles le robot doit évoluer, et la volonté de le rendre automatique pour un nettoyage rapide et optimal ont soulevé de nombreuses problématiques.



Le robot ROBUGLASS se compose de 4 sous-ensembles distincts :

- **le porteur** : qui constitue le robot qui se déplace sur la surface vitrée, emportant l'outil de nettoyage. L'outil de nettoyage est constitué d'une brosse, d'une buse qui l'arrose de produit nettoyant et d'un dispositif de raclage (racleuse + essuie-glace).
- **le chariot ombilical** : qui supporte les 2 pompes à vide (assurant une redondance pour des raisons de sécurité) et auquel sont connectées toutes les sources d'énergie provenant du véhicule atelier.
- **le poste de contrôle** : qui permet à l'opérateur de commander manuellement le porteur ou de vérifier le bon déroulement de l'opération de nettoyage.

- **le véhicule atelier** : qui permet le rangement du porteur, de l'outillage et du chariot ombilical. Il contient une cuve avec sa pompe pour la préparation et le transfert du produit de nettoyage. Il permet de réaliser l'entretien courant et les petites réparations.

2 Analyse du sous-système « porteur »

Le porteur est constitué d'un plateau supportant différents composants :

- **Quatre groupes propulsions** qui assurent la motricité du porteur. Chaque groupe est composé d'une chenille équipée d'un motoréducteur électrique indépendant. Chaque moteur à courant continu est alimenté en électricité par un variateur, qui permet d'adapter l'énergie électrique et ainsi de contrôler sa vitesse de rotation. Un réducteur permet de réduire la vitesse de rotation et d'augmenter le couple au niveau de la roue motrice. Les roues motrices entraînent les chenilles. Un codeur incrémental permet la mesure de la vitesse angulaire de l'arbre moteur. Chaque groupe de motorisation est asservi en vitesse.
- **Un bloc d'aspiration** qui est composé de huit ventouses disposées sous le plateau afin d'assurer l'adhérence du porteur à la surface vitrée. La pression à l'intérieur des ventouses est inférieure à la pression atmosphérique, créant ainsi un effet d'aspiration et donc un effort plaqueur sur la surface vitrée. Une nourrice assure la liaison entre les ventouses et les pompes à vide du chariot ombilical. Huit capteurs de pression (non visibles sur les schémas) contrôlent le vide dans chacune des ventouses.
- **Des capteurs photoélectriques** sont disposés à l'avant du porteur. Lorsque le porteur arrive en haut de la pyramide, les capteurs ne détectant plus la surface vitrée n'envoient plus de signal électrique, provoquant ainsi l'arrêt du robot.
- **Des capteurs inductifs** disposés sur les côtés gauche et droit du robot permettent la détection des joints de vitre en aluminium. Ils permettent de contrôler la trajectoire en mode automatique.
- **Un boîtier d'émission réception HF** permet la communication avec le poste de contrôle.
- **Un boîtier de commande** (comportant un ordinateur) qui est capable de gérer le système. Il traite toutes les informations reçues des différents capteurs et du boîtier HF, et élabore les consignes pour les groupes de motorisation et l'outil de nettoyage.
- **Un outil de nettoyage** embarqué sur le robot qui est équipé d'une brosse rotative, alimentée en fluide de nettoyage par l'intermédiaire d'une buse, et de deux raclettes. La projection de produit est pilotée par une électrovanne. La brosse est entraînée en rotation par un motoréducteur. Une courroie transmet la puissance du réducteur à la brosse. Ces éléments sont montés sur un bloc qui peut pivoter par rapport au porteur de manière à ce que l'effort exercé sur la surface vitrée soit plus ou moins important. Un vérin électrique permet ce pivotement. Ce vérin est principalement composé d'un motoréducteur et d'un système vis écrou permettant de transformer le mouvement de rotation en mouvement de translation. Les deux moteurs de l'outil de nettoyage sont alimentés par l'intermédiaire de deux contacteurs pilotés par le boîtier de commande.

Le porteur peut fonctionner selon deux modes : automatique ou manuel. En mode automatique, le robot procède en deux allers-retours par travée (une montée en s'alignant sur le joint gauche sans application de l'outil de nettoyage ni projection de produit, une descente en s'alignant sur le joint de gauche avec application de l'outil et le même exercice en s'alignant sur le joint droit). C'est l'opérateur qui change le robot de travée. En mode manuel, l'opérateur pilote le porteur comme il le souhaite.

Q - 1 : Compléter le diagramme de contexte du système « Porteur ».

Q - 2 : Compléter le diagramme de cas d'utilisation.

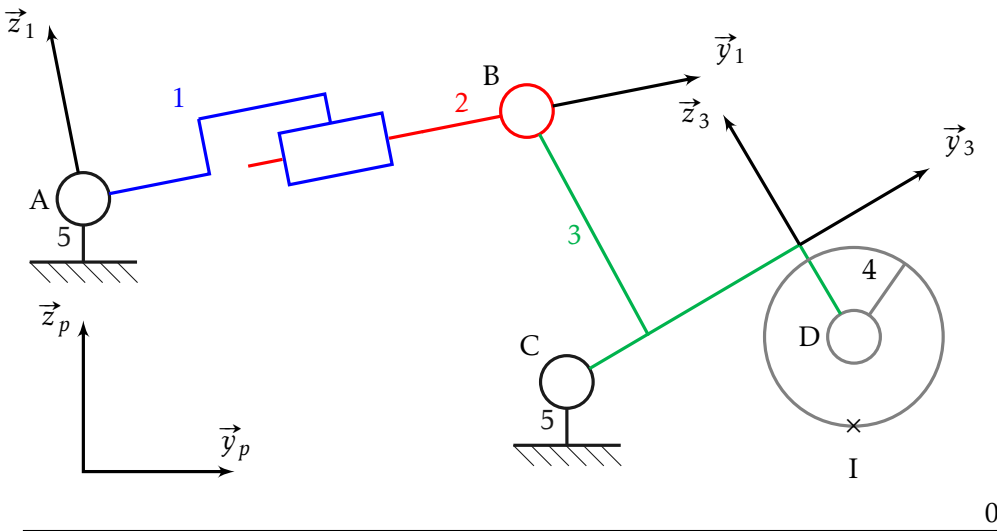
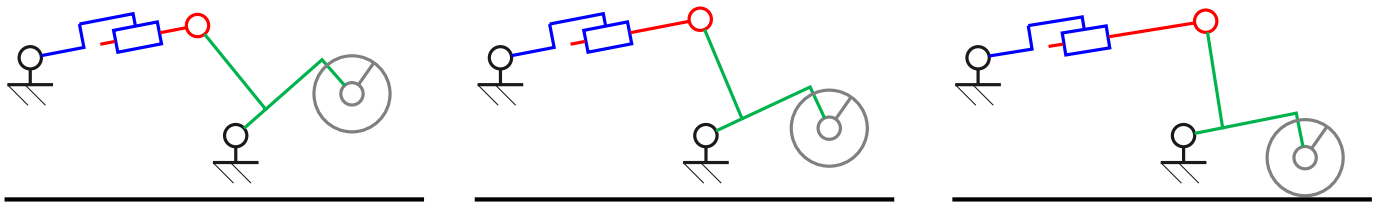
Q - 3 : Compléter le diagramme d'exigences en indiquant les blocs qui assurent certaines exigences.

Q - 4 : Compléter le diagramme de bloc interne du porteur en indiquant les flux entre les différents blocs et précisant leur nature (en rouge les flux d'énergie, en vert les flux d'informations, en bleu les flux de matière par exemple).

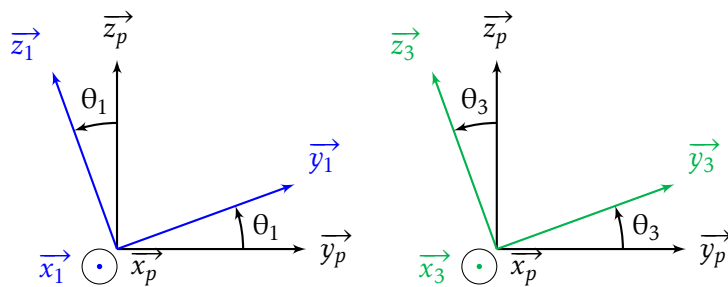
Q - 5 : Sous forme de tableau et d'un point de vue chaîne fonctionnelle (chaîne d'énergie et chaîne d'information), donner les fonctions des composants suivants : Boîtier de commande, Ventouse, Capteur de pression, Moteur CC, Variateur, Contacteur, Réducteur, Roue motrice, Chenille, Transmission poulie courroie, Brosse, Boîtier d'émission réception HF, Électrovanne.

3 Vérification des exigences Id 1.2.1 et Id 1.2.2 relatives au temps de mise en œuvre et à la vitesse d'impact de l'outil sur la surface vitrée

Un actionneur de type vérin électrique permet de mettre l'outil en position haute ou basse et d'appliquer la brosse sur la surface vitrée. Les objectifs de cette partie sont de vérifier le choix du vérin par rapport aux exigences en termes de temps de mise en œuvre et de vitesse d'impact d'outil de manière à ne pas perturber le mouvement et l'équilibre du porteur.



$$\begin{aligned} \vec{AB} &= \lambda(t) \cdot \vec{y}_1 \\ \vec{AC} &= a \cdot \vec{y}_p - b \cdot \vec{z}_p \\ \vec{CB} &= c \cdot \vec{y}_3 + d \cdot \vec{z}_3 \\ \vec{CD} &= e \cdot \vec{y}_3 - f \cdot \vec{z}_3 \\ \vec{ID} &= r_4 \cdot \vec{y}_p \\ \theta_1 &= (\vec{y}_p, \vec{y}_1) = (\vec{z}_p, \vec{z}_1) \\ \theta_3 &= (\vec{y}_p, \vec{y}_3) = (\vec{z}_p, \vec{z}_3) \end{aligned}$$



Paramétrage :

- Le modèle de l'étude est donné précédemment
- La vitesse de sortie de tige est constante et égale à $V_t = 4 \text{ mm.s}^{-1}$ quel que soit l'effort appliqué.
- Le châssis du porteur étant à l'arrêt lors du relevage ou de l'abaissement de l'outil, on considère qu'on peut associer le même repère $\mathcal{R}_p = (A, \vec{x}_p, \vec{y}_p, \vec{z}_p)$ aux solides 5 et 0.
- Le vérin est composé
 - d'un corps 1 (de repère $\mathcal{R}_1 = (A, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$)
 - d'une tige 2 (de repère $\mathcal{R}_2 = (B, \vec{x}_1, \vec{y}_1, \vec{z}_1)$).

Ces deux parties peuvent coulisser l'une par rapport à l'autre suivant l'axe (A, \vec{x}_1) .

- Le corps 1 du vérin peut tourner autour de l'axe (A, \vec{x}_p) par rapport au châssis du porteur 5.
- La tige 2 est articulée en B au support d'outil 3; 2 et 3 peuvent donc tourner l'un par rapport à l'autre autour de l'axe (B, \vec{x}_p) .
- Le support d'outil 3 peut tourner autour de l'axe (C, \vec{x}_p) par rapport au châssis du porteur 5.
- L'outil 4 tourne autour de l'axe (D, \vec{x}_p) par rapport au support 3.
- La translation de la tige 2 du vérin par rapport à son corps 1 provoque donc la rotation du support d'outil et donc le changement de position de l'outil (basse ou haute).

Q - 6 : Tracer le graphe des liaisons associé à l'ensemble $\{1, 2, 3, 4, 5\}$.

3.1 Recherche du temps total de déplacement

OBJECTIF : établir le lien entre la longueur du vérin et la position de l'outil afin d'établir le temps de déploiement.

Q - 7 : Écrire la fermeture géométrique du cycle $CABC$ sous forme vectorielle en fonction de a, b, c, d et λ .

Q - 8 : Projeter l'expression obtenue précédemment dans la base \mathcal{B}_p .

Q - 9 : On considère que la brosse est en contact avec la surface vitrée pour $\theta_3 = \theta_{3min} = 0^\circ$. Pour cette valeur de θ_3 , en déduire l'expression de λ_{max} en fonction uniquement des longueurs a, b, c et d .

La position relevée est obtenue pour $\theta_{3max} = 60^\circ$.

Q - 10 : Déterminer λ_{min} puis la course $\delta\lambda$ du vérin avec $\delta\lambda = \lambda_{max} - \lambda_{min}$.

On pose : $a = 360 \text{ mm}$, $b = 120 \text{ mm}$, $c = 40 \text{ mm}$ et $d = 130 \text{ mm}$.

Q - 11 : Effectuer l'application numérique en considérant la longueur $(d - b)$ négligeable devant $(a + c)$.

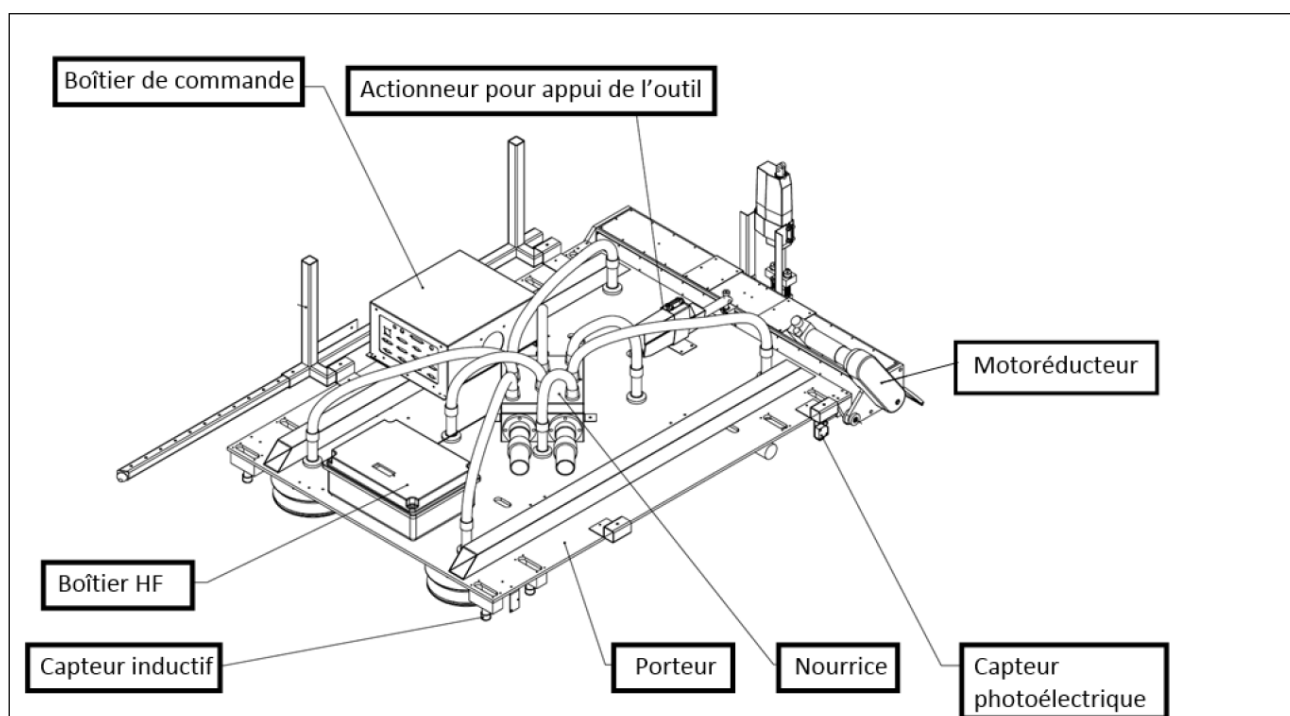
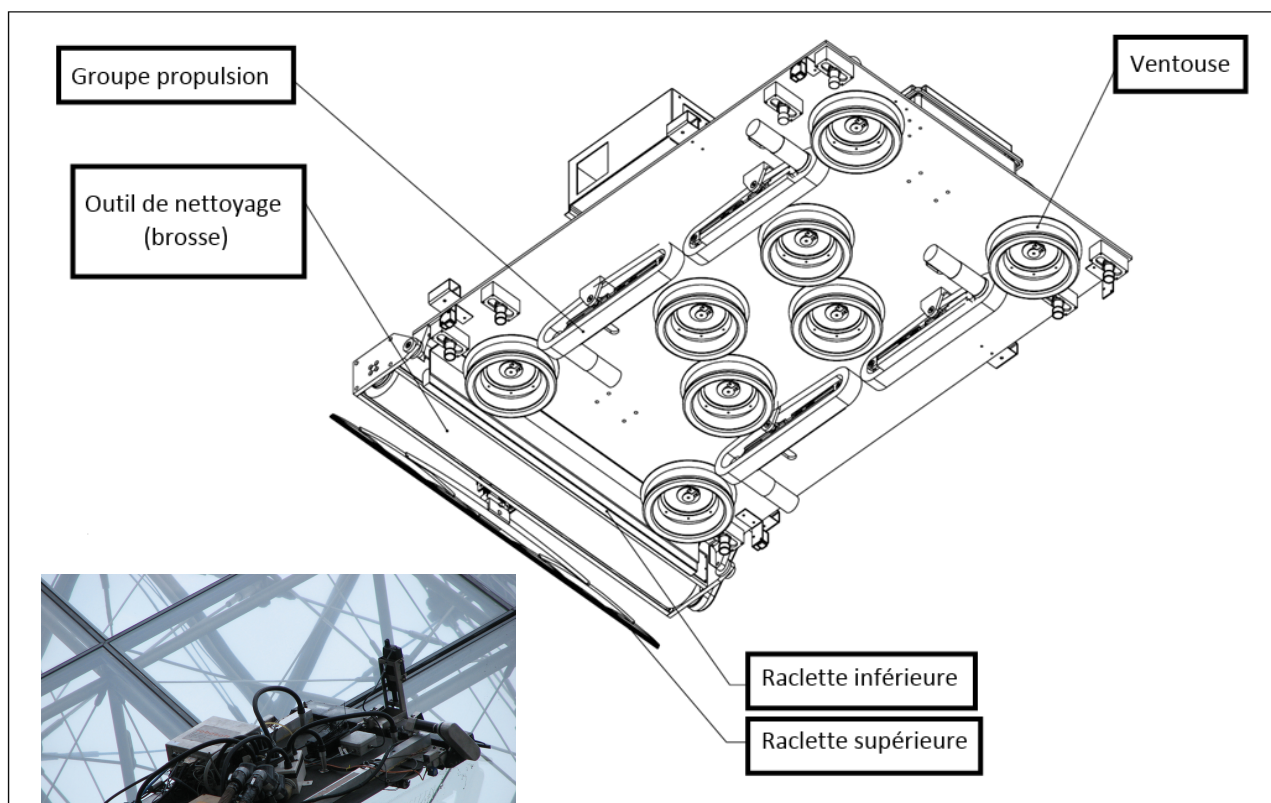
Q - 12 : Conclure par rapport à l'exigence de temps de mise en œuvre.

3.2 Étude de la vitesse d'impact sur la surface vitrée

OBJECTIF : déterminer la vitesse d'impact sur la surface vitrée.

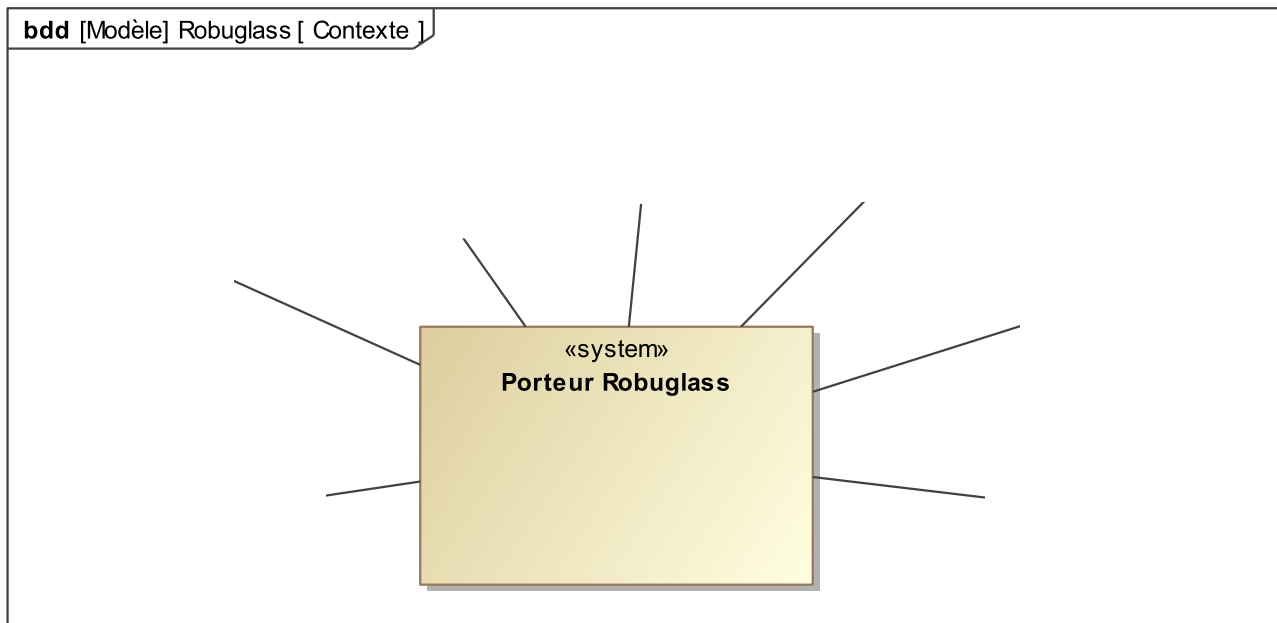
REMARQUE : on considère que la brosse ne tourne pas autour de l'outil et ainsi 3 et 4 appartiennent à une même classe d'équivalence cinématique $(\forall M, \vec{V}_{(M,3/4)} = \vec{0})$.

Q - 13 : Déterminer les vecteurs vitesse de rotation $\vec{\Omega}_{(1/5)}$ et $\vec{\Omega}_{(3/5)}$.

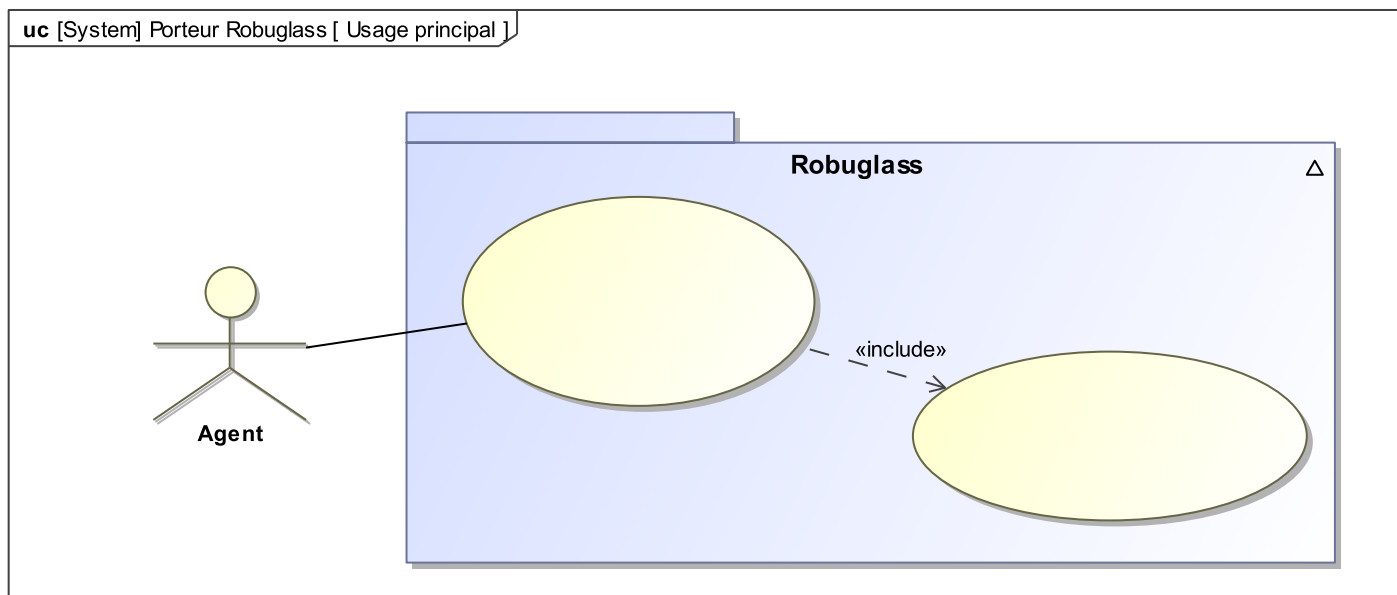


5 Document réponse

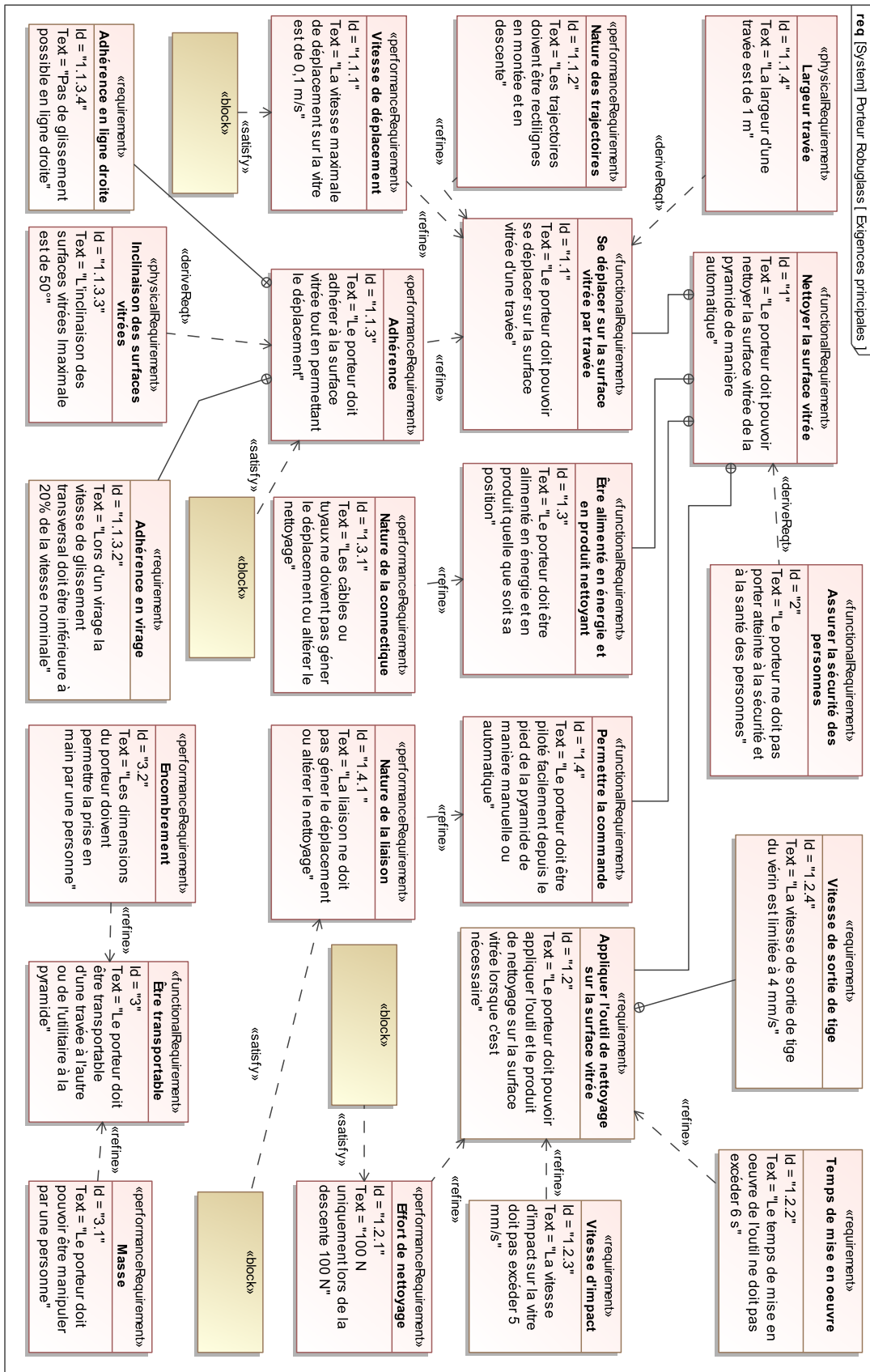
Q-1 diagramme de contexte (bdd) du porteur Robuglass



Q-2 diagramme de cas d'utilisation (uc) du porteur Robuglass



Q-3 diagramme d'exigence (req) du porteur Robuglass



Q-4 diagramme de blocs internes (ibd) du porteur Robuglass

