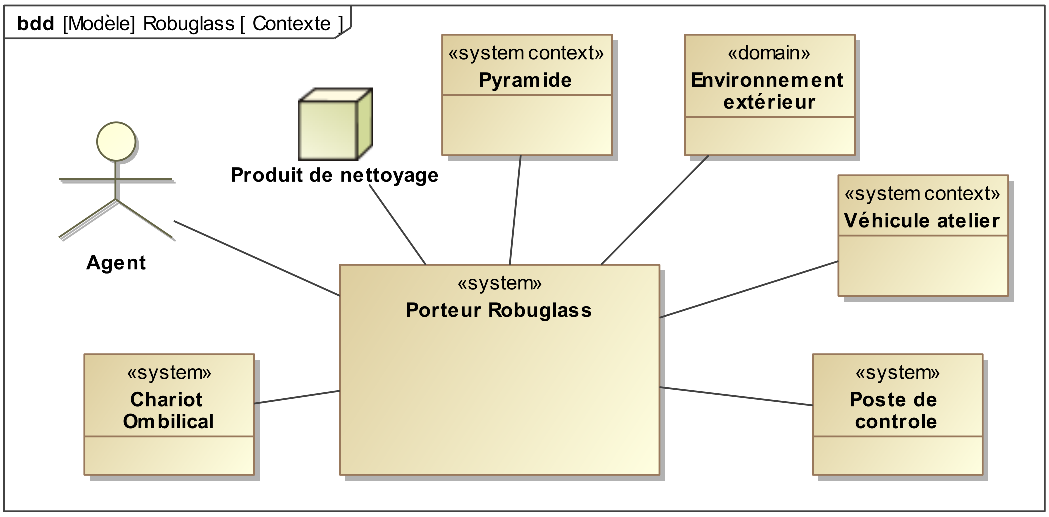
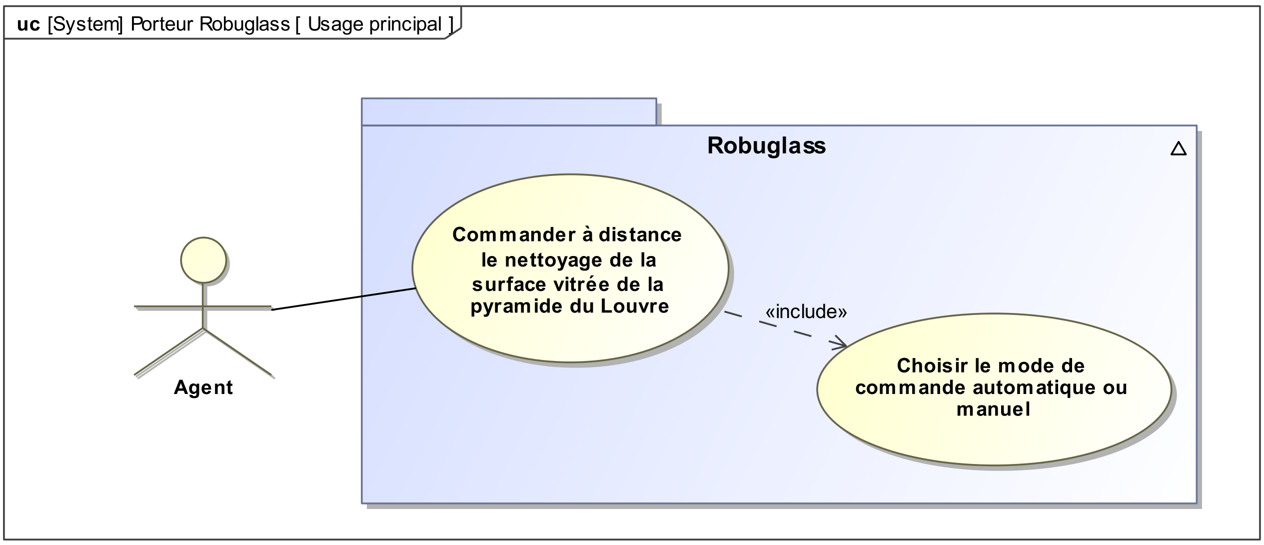
Support de l'année - *Partie 1* : Robuglass

2 Analyse du sous-système « porteur »

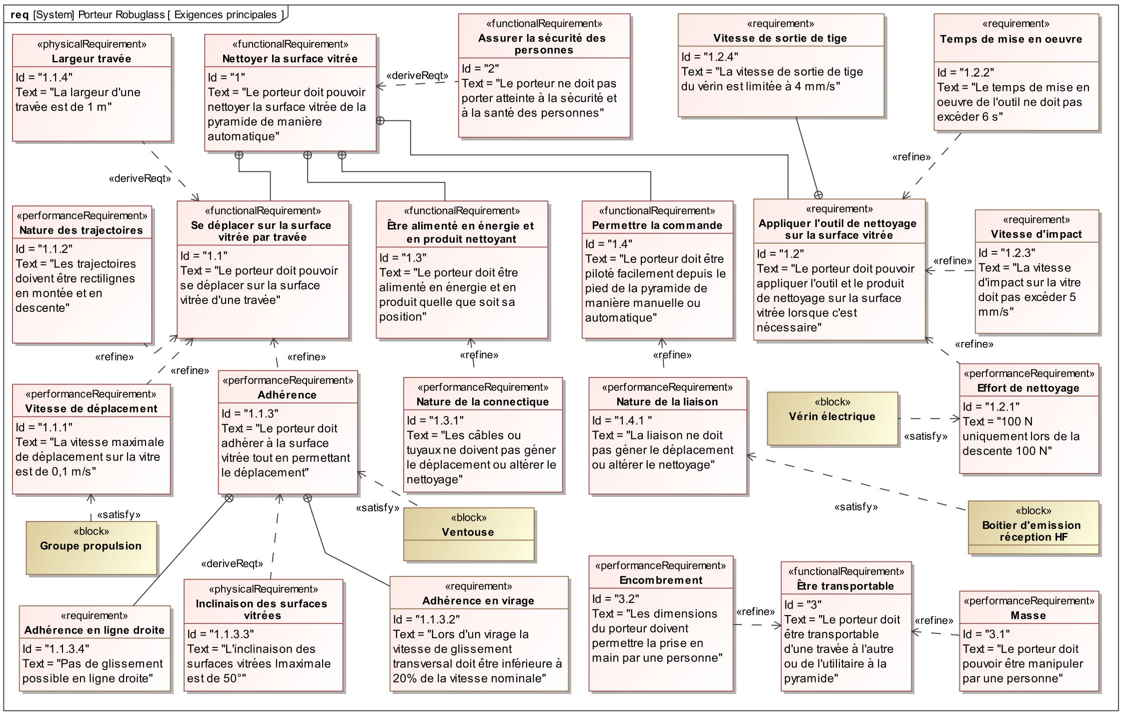
Q - 1 : *Compléter le diagramme de contexte du système « Porteur ».*



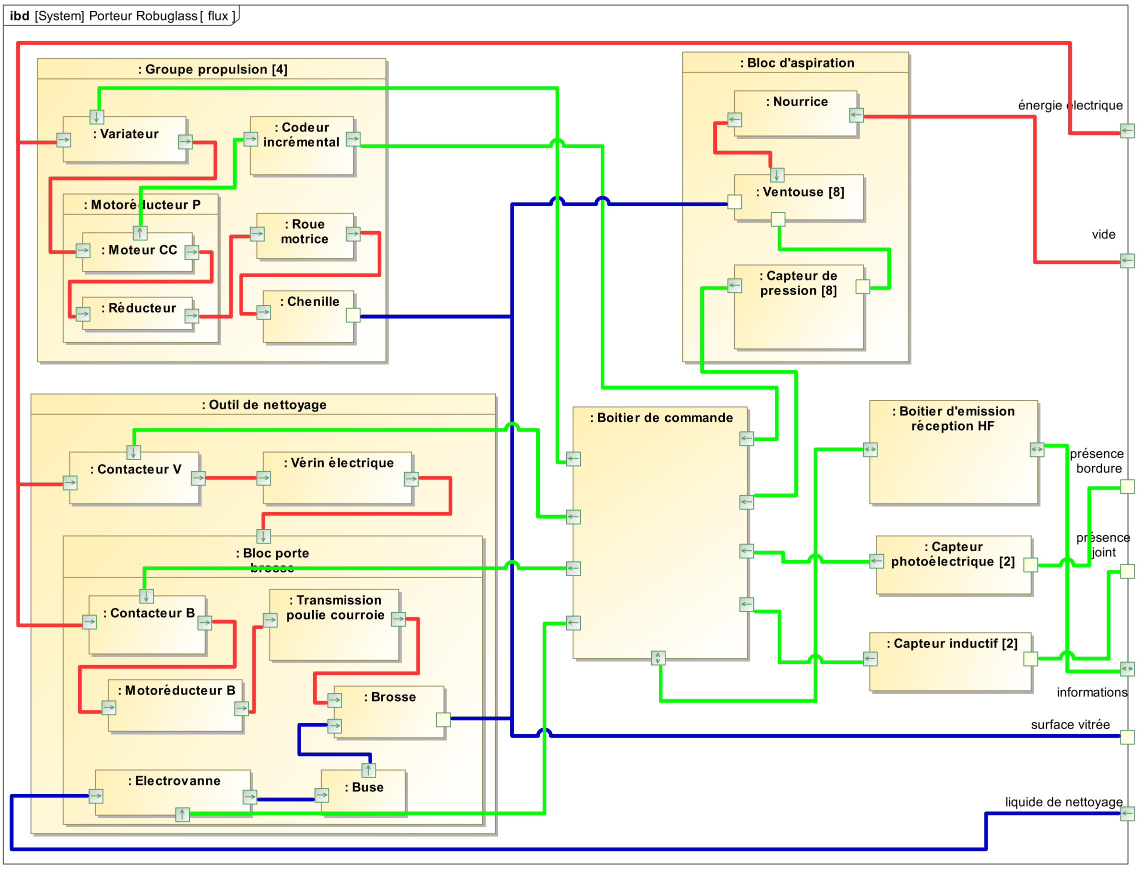
Q - 2 : *Compléter le diagramme de cas d'utilisation.*



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).*

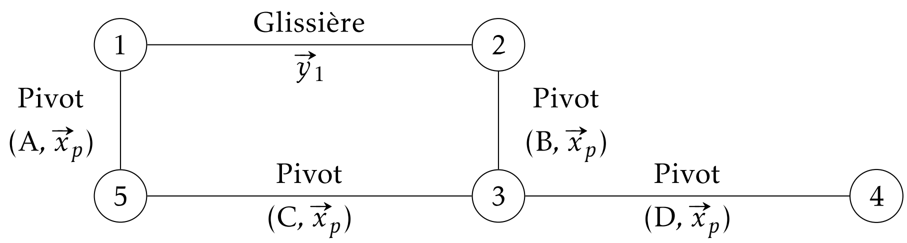


Q - 5 : *Sous forme de tableau et d'un point de vue chaîne fonctionnelle (chaine d'énergie et chaine d'information), donner les fonctions des composants suivants : Boitier de commande, Ventouse, Capteur de pression, Moteur CC, Variateur, Contacteur, Réducteur, Roue motrice, Chenille, Transmission poulie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

Composant	Nom générique	Fonction
Boitier de commande	Unité de traitement	Traiter
Ventouse	Effecteur	Agir
Capteur de pression	Acquérir	Acquérir
Moteur CC	Actionneur	Convertir
Variateur	Préactionneur	Moduler
Contacteur	Préactionneur	Moduler
Réducteur	Transmetteur	Transmettre
Roue motrice	Transmetteur	Transmettre
Chenille	Effecteur	Agir
Transmission poulie courroie	Transmetteur	Transmettre
Brosse	Effecteur	Agir
Boitier d'émission réception HF	IHM	Acquérir/restituer
Électrovanne	Préactionneur	Moduler

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

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



3.1 Recherche du temps total de déplacement

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

$$\overrightarrow{AC} + \overrightarrow{CB} = \overrightarrow{AB} \quad \Rightarrow \quad a.\vec{y}_p - b.\vec{z}_p + c.\vec{y}_3 + d.\vec{z}_3 = \lambda(t).\vec{y}_1$$

Q - 8 : *Déterminer l'expression de λ en fonction de* θ_3.

$$\left\{\begin{array}{rcl} a + c.\cos(\theta_3) - d.\sin(\theta_3) & = & \lambda(t).\cos(\theta_1) \\ -b + c.\sin(\theta_3) + d.\cos(\theta_3) & = & \lambda(t).\sin(\theta_1) \end{array}\right. \quad \Rightarrow \quad \lambda = \sqrt{(a + c.\cos(\theta_3) - d.\sin(\theta_3))^2 + (-b + c.\sin(\theta_3) + d.\cos(\theta_3))^2}$$

ou bien :

$$\begin{aligned}(\lambda(t).\vec{y}_1)^2 &= (a.\vec{y}_p - b.\vec{z}_p + c.\vec{y}_3 + d.\vec{z}_3)^2\\ &= a^2+b^2+c^2+d^2+2.a\,(c.\cos(\theta_3)-d.\sin(\theta_3))-2.b.\,(c.\sin(\theta_3)+d.\cos(\theta_3))\end{aligned}$$

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

$\lambda_{max} = \sqrt{(a+c)^2+(d-b)^2}$ ou à partir de la deuxième expression $\lambda_{max} = \sqrt{a^2+b^2+c^2+d^2+2.a.c-2.b.d}$

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

$$\begin{aligned}\lambda_{min} &= \sqrt{\left(a+c.\cos\left(\frac{\pi}{3}\right)-d.\sin\left(\frac{\pi}{3}\right)\right)^2+\left(-b+c.\sin\left(\frac{\pi}{3}\right)+d.\cos\left(\frac{\pi}{3}\right)\right)^2} = \sqrt{\left(a+\frac{c}{2}-\sqrt{3}.\frac{d}{2}\right)^2+\left(-b+\sqrt{3}.\frac{c}{2}+\frac{d}{2}\right)^2}\\ \delta\lambda &= \sqrt{(a+c)^2+(d-b)^2}-\sqrt{\left(a+\frac{c}{2}-\sqrt{3}.\frac{d}{2}\right)^2+\left(-b+\sqrt{3}.\frac{c}{2}+\frac{d}{2}\right)^2}\end{aligned}$$

Q - 11 : *Effectuer l'application numérique.*

En considérant la longueur $(d-b)$ négligeable devant $(a+c)$, on obtient $\lambda_{max} \approx \sqrt{(a+c)^2+(d-b)^2} = a+c = 400\text{mm}$.

$$\begin{aligned}\delta\lambda &= \sqrt{(360+40)^2+(130-120)^2}-\sqrt{\left(360+\frac{40}{2}-\sqrt{3}\times\frac{130}{2}\right)^2+\left(-120+\sqrt{3}\times\frac{40}{2}+\frac{130}{2}\right)^2}\\ &= \sqrt{400^2+10^2}-\sqrt{\left(380-\sqrt{3}\times 65\right)^2+\left(-120+\sqrt{3}\times 20+65\right)^2} \approx 400{,}125-268{,}19 \approx 132\text{ mm}\end{aligned}$$

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

La tige sort à 4 mm.s^{-1} or la course totale est de 132 mm. Il faut donc 33 s pour sortir la tige du vérin, ce qui est plus de 5 fois trop long. En fait, l'outil n'a pas besoin d'être soulever de 60° et la course réelle est de de 20 mm (l'outil est alors incliné d'environ 8,75°). L'outil se relève donc en 5 s, ce qui est conforme au cahier des charges.

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

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

$\vec{\Omega}_{(1/5)} = \vec{\Omega}_{(1/p)} = \dot{\theta}_1.\vec{x}_p$ et $\vec{\Omega}_{(3/5)} = \vec{\Omega}_{(3/p)} = \dot{\theta}_3.\vec{x}_p$

Q - 14 : *Déterminer l'expression de $\vec{V}_{(A,1/5)}$ et en déduire celle de $\vec{V}_{(B,1/5)}$.*

$\vec{V}_{(A,1/5)} = \vec{0} \quad\Rightarrow\quad \vec{V}_{(B,1/5)} = \cancel{\vec{V}_{(A,1/5)}} + \overrightarrow{BA}\wedge\vec{\Omega}_{(1/5)} = -\lambda.\vec{y}_1\wedge\dot{\theta}_1.\vec{x}_1 = \lambda.\dot{\theta}_1.\vec{z}_1$

Q - 15 : *Déterminer l'expression de $\vec{V}_{(B,2/1)}$. En déduire celle de $\vec{V}_{(B,2/5)}$.*

$$\begin{aligned}\vec{V}_{(B,2/1)} &= \vec{V}_{(B/1)}-\vec{V}_{(B/2)} = \left[\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\overrightarrow{AB}\right)\right]_1-\left[\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\cancel{\overrightarrow{BB}}\right)\right]_2 = \left[\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(\lambda.\vec{y}_1)\right]_1 = \dot{\lambda}.\vec{y}_1\\ \vec{V}_{(B,2/5)} &= \vec{V}_{(B,2/1)}+\vec{V}_{(B,1/5)} = \dot{\lambda}.\vec{y}_1+\lambda.\dot{\theta}_1.\vec{z}_1\end{aligned}$$

Q - 16 : *Justifier que* $\vec{V}_{(B,2/5)} = \vec{V}_{(B,3/5)}$. *En déduire une relation vectorielle faisant intervenir* $\dot{\theta}_1$, $\dot{\theta}_3$ *et* $V_t = \dot{\lambda}$.

Les solides 2 et 5 sont en liaisons pivot d'axe $(B, \vec{x}_p)$, $\vec{V}_{(B,2/3)} = \vec{0}$. Ainsi :

$$\begin{aligned} \vec{V}_{(B,2/5)} &= \cancel{\vec{V}_{(B,2/3)}} + \vec{V}_{(B,3/5)} = \vec{V}_{(B,3/5)} \text{ or} \\ \vec{V}_{(B,3/5)} &= \cancel{\vec{V}_{(C,3/5)}} + \vec{BC} \wedge \vec{\Omega}_{(3/5)} = -(c.\vec{y}_3 + d.\vec{z}_3) \wedge \dot{\theta}_3.\vec{x}_3 = \dot{\theta}_3.(c.\vec{z}_3 - d.\vec{y}_3) \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \quad \dot{\lambda}.\vec{y}_1 + \lambda.\dot{\theta}_1.\vec{z}_1 = \dot{\theta}_3.(c.\vec{z}_3 - d.\vec{y}_3)$$

Q - 17 : *Par une projection judicieuse, déterminer l'expression de* $\dot{\theta}_3$ *en fonction de* $V_t = \dot{\lambda}$.

Il convient de faire disparaître $\dot{\theta}_1$, porté par $\vec{z}_1$. Projetons de façon perpendiculaire à $\vec{z}_1$, sans éliminer les autres termes :

$$\dot{\lambda}.\vec{y}_1.\vec{y}_1 + \lambda.\dot{\theta}_1.\vec{z}_1.\vec{y}_1 = \dot{\theta}_3.(c.\vec{z}_3 - d.\vec{y}_3).\vec{y}_1 \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} V_t &= \dot{\lambda} = \dot{\theta}_3.\left(-c.\sin(\theta_3-\theta_1) - d.\cos(\theta_3-\theta_1)\right) \\ \dot{\theta}_3 &= -\frac{V_t}{c.\sin(\theta_3-\theta_1) + d.\cos(\theta_3-\theta_1)} \end{aligned}$$

Q - 18 : *Donner l'expression du vecteur vitesse* $\vec{V}_{(I,3/5)}$.

$$\vec{V}_{(I,3/5)} = \cancel{\vec{V}_{(C,3/5)}} + \vec{IC} \wedge \vec{\Omega}_{(3/5)} = \left(r_4.\vec{z}_p - e.\vec{y}_3 + f.\vec{z}_3\right) \wedge \dot{\theta}_3.\vec{x}_p = \dot{\theta}_3.(r_4.\vec{y}_p + e.\vec{z}_3 + f.\vec{y}_3)$$

Q - 19 : *En déduire l'expression de la vitesse d'impact* $V_{imp} = \vec{V}_{(I,3/5)}.\vec{z}_p$

$$V_{imp} = \vec{V}_{(I,3/5)}.\vec{z}_p = \dot{\theta}_3.(r_4.\vec{y}_p + e.\vec{z}_3 + f.\vec{y}_3).\vec{z}_p = \dot{\theta}_3.\left(e.\cos(\theta_3) + f.\sin(\theta_3)\right) = -\frac{e.\cos(\theta_3) + f.\sin(\theta_3)}{c.\sin(\theta_3-\theta_1) + d.\cos(\theta_3-\theta_1)}.V_t$$

Q - 20 : *Déterminer la valeur de la composante normale de la vitesse d'impact. Conclure par rapport à l'exigence de vitesse d'impact.*

$$V_{imp} = -\frac{223}{-40.\sin(8°) + 130.\cos(8°)}.4 \approx 7{,}25 \text{ mm.s}^{-1} > 5 \text{ mm.s}^{-1}$$

La vitesse d'impact est 50% trop élevée. Il faut prévoir un amortisseur.