

Modélisation multi-physique

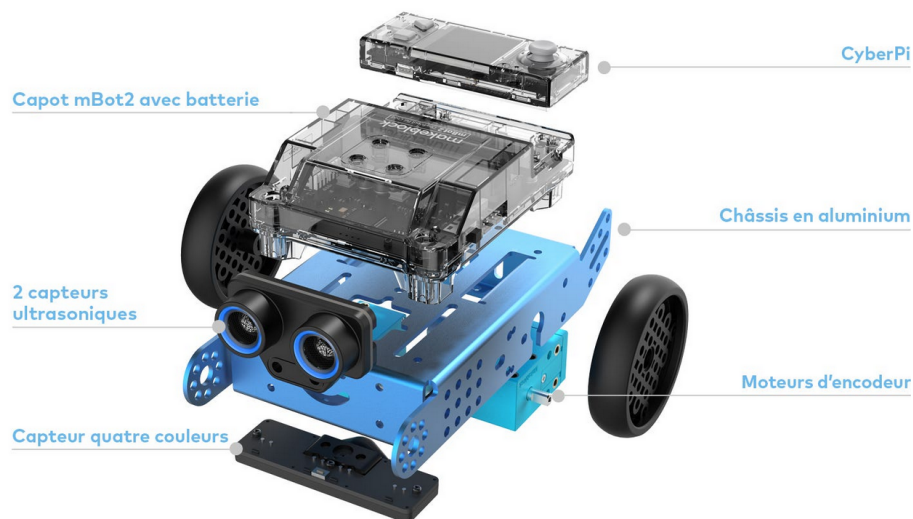
Modélisation d'un robot

PSI : Lycée Rabelais

1 Mise en situation

1.1 Problème technique

On s'intéresse à la modélisation d'un **robot mBot2** dont la description est donnée ci-dessous.



La mise en mouvement s'effectue de part et d'autre par un moteur mettant en mouvement un réducteur. La sortie du réducteur est ensuite reliée directement à la roue.

Chacun des motoréducteurs est équipé d'un codeur permettant de connaître la position ou la vitesse angulaire des roues.

1.2 Mise en mouvement du robot

Pour utiliser le robot, il faut suivre le protocole suivant :

- Connecter le robot :
 - **placer le robot au sol** puis allumer le robot,
 - brancher dongle USB-bluetooth sur l'ordinateur,
 - le robot doit émettre un petit "bip" et le symbole bluetooth doit alors s'afficher sur l'écran du robot,

– si la connexion ne s’effectue pas automatiquement, appuyer sur le bouton du dongle.

- Lancer le logiciel mLink2.
- Cliquer sur **Create Now** de la rubrique **mBlock block-based editor**.
- Dans l’onglet **Appareil**, cliquer sur **Connecter**.
- Vérifier ensuite que les réglages sont les suivants (modifier si nécessaire) :



- Aller dans le menu extension et ajouter **mBot2 shield** qui permet de piloter les moteurs.
- Réaliser ensuite le schéma-bloc suivant:



- Lancer votre programme en cliquant sur le drapeau vert.

Question 1. Suivez le protocole décrit précédemment.

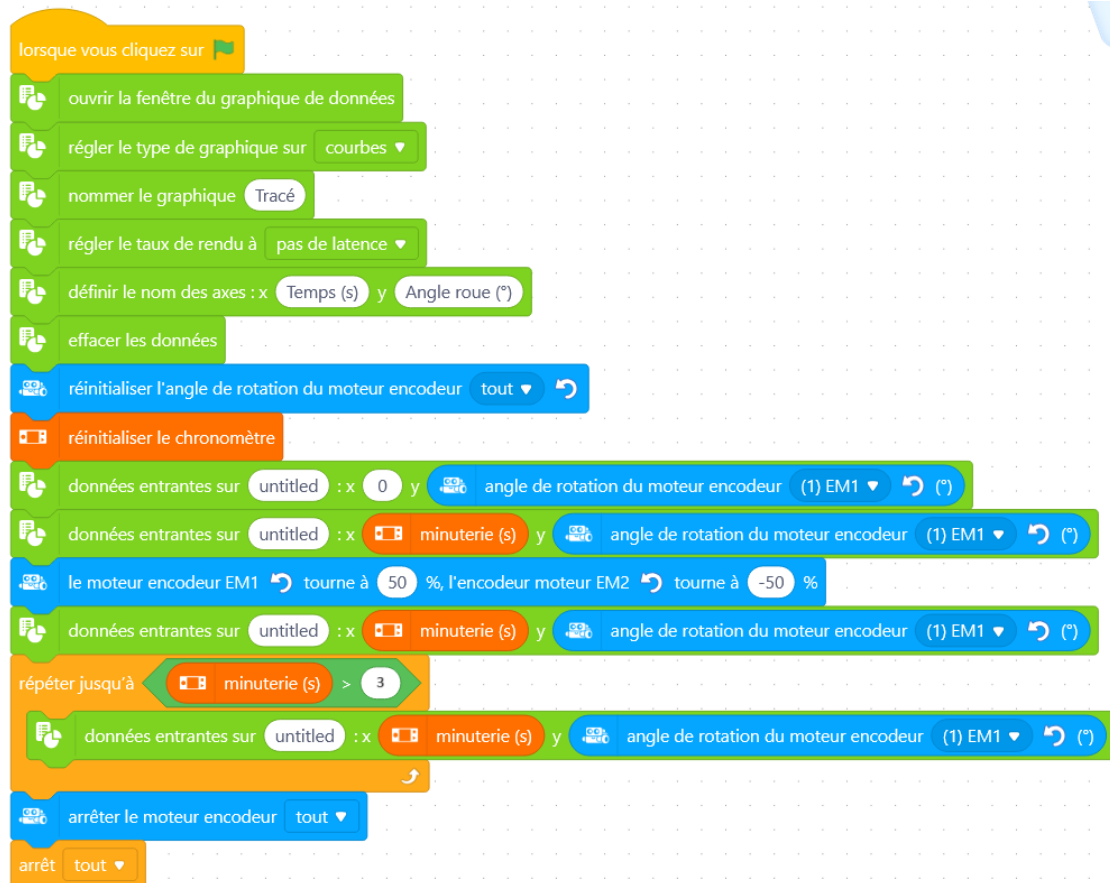
Le rayon d’une roue motrice R_R est de 32 mm et la valeur de vitesse de rotation affichée (ici 50 tr/min) correspond à celle en sortie du réducteur.

Question 2. Le déplacement du robot semble-t-il cohérent avec votre demande ?

Une autre manière de piloter le moteur est de contrôler la tension aux bornes du moteur. La valeur x donnée en % ce qui correspond revient à alimenter le moteur avec une tension u telle que $u = x \cdot U_{\max}$ où $U_{\max} = 5 \text{ V}$.

Question 3. Rajouter maintenant l’extension **Graphique de données**.

Question 4. Réaliser maintenant le programme ci-dessous puis lancer-le.



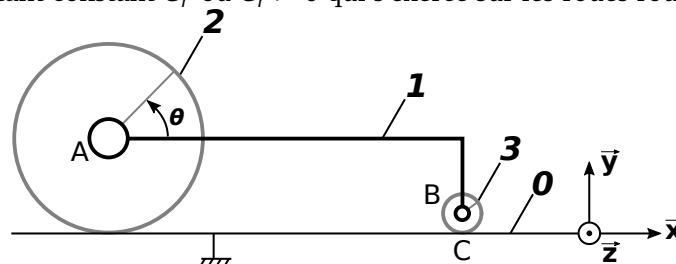
On cherche maintenant à modéliser ce robot avec un modèle causal et un modèle multi-physique.

2 Modélisation causale

On suppose un couple équivalent C s'exerçant sur les deux roues arrières (notées 2). Le châssis est noté 1 et la roue avant, qui est libre, est notée 3.

On considère également :

- $m = 500$ g, la masse totale du robot ;
- J_R , le moment d'inertie équivalent des deux roues arrières 2, des deux moteurs et des pièces mobiles des réducteurs ramené sur l'axe de rotation des roues ;
- R_R , le rayon des roues arrières ;
- ω , la vitesse de rotation des roues arrières par rapport au châssis avec $\omega = \frac{d\theta}{dt}$;
- l'inertie de la roue libre 3 négligée ;
- qu'il existe un couple résistant constant C_r où $C_r > 0$ qui s'exerce sur les roues arrières ;



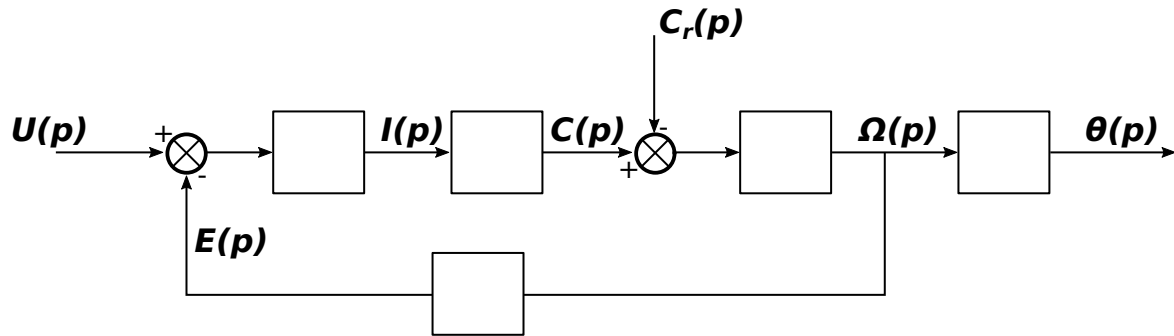
Concernant la modélisation du motoréducteur, on utilisera les équations suivantes :

- $R \cdot i(t) = \cdot(u(t) - e(t))$ où i est l'intensité dans le moteur e est la tension contre-électromotrice et $R = 3,2\Omega$ la résistance interne du moteur (l'inductance est ici négligée).

- $C(t) = K_i \cdot i(t)$ où K_i est la constante de couple.
- $e(t) = K_e \cdot \omega(t)$ où K_e est la constante de vitesse. On fera l'hypothèse que $K_i = K_e$.

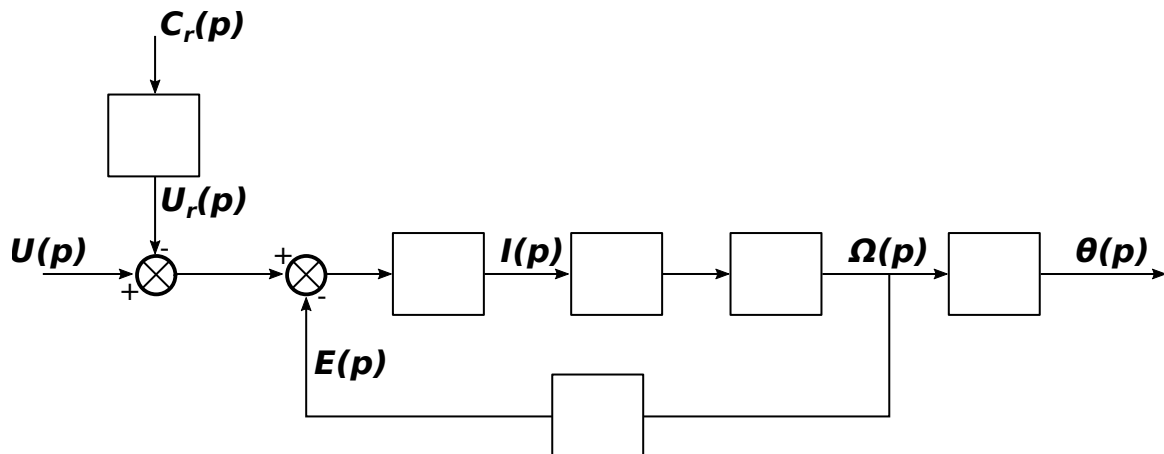
Question 5. Montrer rigoureusement que $C = C_r + (J_R + m \cdot R_R^2) \cdot \dot{\omega} = C_r + J \cdot \dot{\omega}$ où J est le moment d'inertie équivalent ramené sur l'arbre de sortie du réducteur. Donner la valeur numérique de J si J_R est négligée.

Question 6. Compléter le schéma-bloc ci-dessous (les grandeurs "majuscules" sont les transformées de Laplace des grandeurs "minuscules").



Question 7. Déterminer $\omega_f = \lim_{t \rightarrow +\infty} \omega(t)$ en fonction de u_0 et C_{r0} qui sont les amplitudes respectives de la tension d'alimentation et du couple résistant en considérant des évolutions en échelon.

Question 8. Modifier le schéma-bloc afin de le mettre sous la forme ci-dessous. Déterminer la relation entre U_r et C_r .

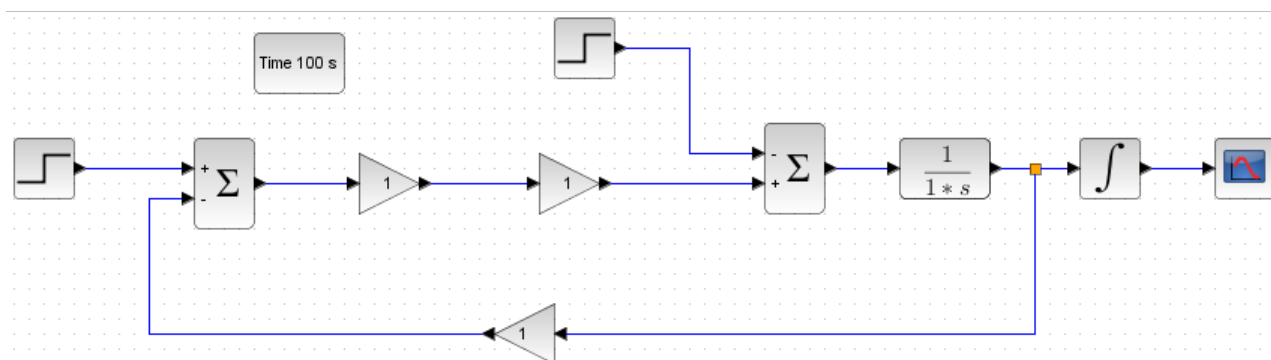


Question 9. Déterminer expérimentalement la valeur de U_{r0} qui est l'amplitude de l'échelon de "tension résistante" sachant que cette tension est la tension la plus grande ne mettant pas en mouvement le robot.

Question 10. Déterminer ensuite la valeur expérimentale de ω_f pour $x = 30\%$ et $x = 70\%$.

Question 11. En déduire les valeurs de K_i et de C_{r0} .

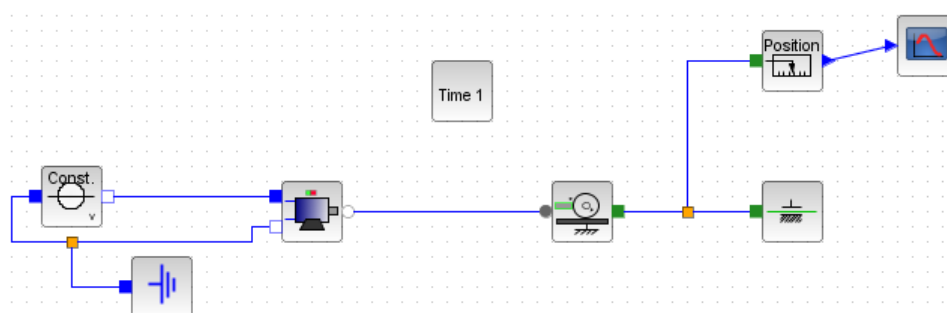
Question 12. Sur **Scilab**, mettre en place le schéma-bloc suivant (utilisez uniquement les blocs de la bibliothèque CPGE).



Question 13. Donner les valeurs numériques adéquates, lancer la simulation et comparer aux valeurs expérimentales.

3 Modélisation multiphysique

On propose maintenant de mettre en place une modélisation multiphysique sous la forme ci-dessous :



Question 14. Mettre en place le modèle (utilisez uniquement les blocs de la bibliothèque SIMM).

Question 15. Régler la valeur de tous les paramètres.

Question 16. Conclure en comparant avec les valeurs expérimentales.